

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



**Filière :** Sciences Agronomiques

**Option :** système de production agro écologique

**Mémoire de fin d'études :**

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en système de production agro écologique

**Thème :**

**Modélisation de la croissance d'une culture in vivo de pois pisum sativum**

**Présenté par :**

- FILALI Ikram ;
- FAKHET Fatima ;
- DRIDAH Noura.

**Membres de Jury:**

Mme : GHOWAR W.	(MCB)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : HAMRAKROUHA S.	(MAA)	Examinatrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr: HANNACHI Abdelhakim..	(MCA)	Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

**Année universitaire : 2021-2022**

## ملخص:

قام العلماء بأبحاث على مرور السنين أدت إلى تطور الميدان الزراعي، حيث اكتشفوا تقنيات جديدة من أجل تحسين نوعية وكمية المنتج، من بين هذه التقنيات النمذجة الرقمية التي تعمل على تشكيل مجموعة من العلاقات الرياضية حيث تصف ظاهرة نباتية مثل نمو النبات (خروج الأوراق، طول الساق).

النماذج الفلاحية تتحقق بواسطة وسائل بيداغوجية بسيطة، وسائل بحث ووسائل مراقبة النباتات .

- قمنا بتجربة على ثلاث اصناف من نبات البزلاء. درسنا نموها وجربنا بعض التراكيز لمحاليل طبيعية: الصفصاف والخميرة (سيسالينك، فوسفور) مع شاهد في ماء الحنفية .

الدراسة اجريت في المخبر والبيت البلاستيكي حيث استطعنا التحكم في درجة الحرارة والضوء، البذور أنبتت في أوعية بلاستيكية في وسط يتكون من (تربة+ ماءحنفية).

تبين من خلال النتائج وجود اختلاف في طول الساق وعدد الأوراق بالنسبة لكل النباتات إذن هناك اختلاف بالنسبة للنمو أي أن الاختلاف في قياس طول الساق وعدد الأوراق يبين آثار الفسفور على عملية نمو النباتات بشكل متناسب (نموذج خطي).

الكلمات المفتاحية: النمذجة ، النمو ، *Pisumm sativum* L ، المحاليل الطبيعية ، النموذج.

## *Résumé :*

---

Au cours des années, les scientifiques ont mené des recherches qui ont conduit au développement du domaine agricole, où ils ont découvert de nouvelles techniques afin d'améliorer la qualité et la quantité du produit. Parmi ces techniques, la modélisation numérique qui travaille sur la formation d'un ensemble de relations mathématiques car il décrit un phénomène végétal tel que la croissance des plantes (sortie des feuilles, longueur de tige ...).

Les modèles agricoles sont réalisés par des moyens pédagogiques simples, des méthodes de recherche et des moyens de suivi des plantes.

Nous avons testé trois variétés de plantes de pois (*Pisum sativum* L.). Nous avons étudié sa croissance et essayé quelques concentrations de solutions naturelles : saule et levure (sésalique, phosphoreux) avec un témoin dans l'eau du robinet.

L'étude a été menée en laboratoire et dans la serre, où nous avons pu contrôler la température et la lumière. Les graines ont germé dans des récipients en plastique dans un milieu composé de (terre + eau du robinet).

Les résultats ont montré qu'il y a une différence dans la longueur de la tige et le nombre de feuilles pour toutes les plantes, donc il y a une différence de croissance, ce qui signifie que la différence dans la mesure de la longueur de la tige et du nombre de feuilles indique la présence de silice. Les effets du phosphore sur le processus de croissance des plantes est proportionnel (*modèle linéaire*).

**Mots clés :** Modélisation, Croissance, *Pisum sativum* L., Solutions naturelles, Modèle.

## *Abstract :*

---

Over the years, scientists have carried out research that has led to the development of the agricultural field, where they have discovered new techniques to improve the quality and quantity of the product. Among these techniques, numerical modeling which works on the formation of a set of mathematical relationships as it describes a plant phenomenon such as plant growth (leaf out, stem length, etc.).

Agricultural models are made by simple educational means, research methods and plant monitoring means.

We tested three varieties of pea plants (*Pisum sativum* L.). We studied its growth and tried several concentrations of natural solutions: willow and yeast (sesalic, phosphorous) with a control in tap water.

The study was carried out in the laboratory and in the greenhouse, where we were able to control the temperature and the light. The seeds were germinated in plastic containers in a medium composed of (soil + tap water).

The results showed that there is a difference in the length of the stem and the number of leaves for all the plants, therefore there is a difference in growth, which means that the difference in the measurement of the length of the stem and number of leaves indicates the presence of silica. The effects of phosphorus on the growth process of plants is proportional (**linear model**).

**Keywords:** Modeling, Growth, *Pisum sativum* L., Natural solutions, Model.

# Remerciement

Avant de présenter ce travail, tout d'abord, nous tenons à remercier notre grand seigneur Dieu tout puissant pour nous avoir donné la foi en lui, d'avoir éclairé notre route et de nous avoir guidé dans le meilleur et le bon chemin.

Nous remercions tout d'abord notre encadreur, monsieur **HANNECHI Hakim** qui nous a suivi et dirigé tout au long de la réalisation de ce travail, et qui a été d'une aide très précieuse sur le plan scientifique et moral.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous les enseignants de la filière système de production agro-écologique qui nous ont aidés tout au long de notre cursus universitaire.

Nous tenons à remercier également, les membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger et d'évaluer notre travail.

Mes plus grands remerciements vont à chaque fonctionnaire pour l'aide qu'il m'a fournie. Et son soutien durant toute la période de réalisation de ce travail et d'avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour travailler dans les meilleures conditions.

Nous remercions aussi toutes les personnes qui nous ont bien aidés durant notre stage dans le laboratoire de chimie analytique (dans le laboratoire et la serre).

Je remercie infiniment mes parents, mes frères et mes sœurs, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de ma formation.

Enfin, nous tenons à exprimer nos sincères gratitude pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail aux plus cher à mon  
cœurs: ma mère Houria, mon père Moussa, que  
j'aimerais à tout jamais pour votre tendresse et vos  
sacrifices.*

*A la plus belle sœur, ma seul précieuse, et mon  
soutien : Moufida.*

*A mes frères : Saleh, Mezyan, Fouzi, Ahsan, Hamza,  
Bilel, Ramzi.*

*Et un merci spécial aux femmes de mes freres pour  
leur soutien dans ce travail:*

*Nihad Asma Suhaila Hasina Safia*

*A tout les membres de mes deux familles : Fakhet,  
Bouzatouta petits et grands grands.*

*A tout mes amies : mes binômes Ikram, Noura.*

*Yousra, Bouchra.*

*A ma personne préférée, Bilel.*

*A tous la promotion de système de production agro-  
écologique 2021/2022.*

*A tous ceux qui mon aixé à l'élaboration de ce travail.*

*A tous les personnes pour lesquels j'ai une place dans  
leur cœurs Que dieu vous garde et vos protégé.*

*Fatima*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail aux plus cher à mon  
cœurs: ma mère Faddaia, mon père Deif, que  
j'aimerais à tout jamais pour votre tendresse et vos  
sacrifices*

*A meschersfères:Saddam, Hocin, Hichem,Ahmed,  
Mohamed.*

*A tout les membres de mes deux familles : Dridah,  
Djerrabpetits et grands.*

*A tout mes amies :mes binômesIkram, Fatima  
Ahlem, Imane, Manar, Imane,Chaima, Manel.*

*A tous la promotion de système de production agro-  
écologique 2021/2022.*

*A tous ceux qui mon aixé à l'élaboration de ce travail.*

*A tous les personnes pour lesquels j'ai une place dans  
leur cœurs Que dieu vous garde et vos protège.*

*Noura*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail aux plus cher à mon  
cœurs: ma mère Fatiha, mon père Azzedin, que  
j'aimerais à tout jamais pour votre tendresse et vos  
sacrifices*

*A la plus bellesœur, ma seule précieuse, et mon  
soutien : Amina*

*A mes chers frères: Nasro, Mourad, Islem*

*Au meilleur et au plus beau grand-père Moustafa.*

*A tout les membres de mes deux familles : Filali,  
Belkihelpetits et grands.*

*A tout mes amies : Noura, Fatima*

*Chaima, Mina*

*A ma personne préférée : Djamel.*

*A mon petit chat : Micha.*

*A tous la promotion de système de production agro-  
écologique 2021/2022.*

*A tous ceux qui mon aixé à l'élaboration de ce travail.*

*A tous les personnes pour lesquels j'ai une place dans  
leur cœurs Que dieu vous garde et vos protège.*

*Ikram*

**LISTE DES ABREVIATIONS**

<b>T</b> : Témoin
<b>V<sub>i</sub></b> : Variétés
<b>V<sub>1</sub></b> : Muska
<b>V<sub>2</sub></b> : Karanta
<b>V<sub>3</sub></b> : Kalvedon
<b>D<sub>1</sub></b> : Dose1 solution saule
<b>D<sub>2</sub></b> : Dose 2 solution levure
<b><math>\bar{X}</math></b> : Moyenne d'une série statistique
<b>Var <math>\bar{X}</math></b> : La variance d'une série statistique
<b><math>\Delta</math></b> : Ecart type d'une série statistique
<b>N</b> : Nombre total d'itération
<b>X<sub>i</sub></b> : Nombre en répétition
<b>PH</b> : Potentiel hydrogène
<b>TDS</b> : Total dissolved solids

## Liste Des Figures

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	<b>Structure d'une plante de pisumativm</b>	<b>04</b>
<b>02</b>	<b>Plants de pisumsativm (feuilles, fleurs, et gousses)</b>	<b>04</b>
<b>03</b>	<b>Plante de petit pois PisumsativumL</b>	<b>10</b>
<b>04</b>	<b>Cycle de développement de la plante</b>	<b>16</b>
<b>05</b>	<b>Fonctionnement de la plante au cycle n</b>	<b>29</b>
<b>06</b>	<b>Exemple d'automate double-échelle et l'évolution de la topologie de la plante Correspondante entre le cycle 1 et 6</b>	<b>31</b>
<b>07</b>	<b>Organes sur une plante de 3 cycles</b>	<b>32</b>
<b>08</b>	<b>Relation entre la masse et la surface pour les feuilles d'un tournesol</b>	<b>34</b>
<b>09</b>	<b>Méthodologie d'implantation et d'exploitation du modèle d'offre produit-processus</b>	<b>37</b>
<b>10</b>	<b>Les materials de laboratories</b>	<b>44</b>
<b>11</b>	<b>Schéma culture du pois (1<sup>ère</sup> semaine)</b>	<b>45</b>
<b>12</b>	<b>Schéma croissance des plantes de pois (2<sup>ème</sup> semaine)</b>	<b>45</b>
<b>13</b>	<b>Schéma variétés des graines de petit pois</b>	<b>46</b>
<b>14</b>	<b>Schéma développement de la croissance des plants de petit pois</b>	<b>47</b>

15	L'Observation de la tige dans les trois essais pour la 1 <sup>ère</sup> semaine (trois variétés)	49
16	L'Observation de la tige dans les trois essais pour le 8 <sup>ème</sup> semaine (trois variétés)	50
17	La couleur des feuilles dans les trois essais de petit pois	51
18	La taille et le nombre des écailles dans les trois essais de petit pois	52
19	La taille et le nombre des stipules dans les trois essais de petit pois	53
20	La taille et le nombre des vrilles dans les trois essais de petit pois	54
21	Schéma des fleurs et des fruits dans les trois essais de petit pois	55
22	La taille moyenne des tiges de la culture de petit pois du 1 <sup>ère</sup> essai (dans les 3 variétés)	72
23	Le nombre moyen des feuilles de la culture de petit pois du 1 <sup>ère</sup> essai (dans les 3 variétés)	73
24	Le nombre moyenne des écailles de la culture de petit pois du 1 <sup>ère</sup> essai (dans les 3 variétés)	74
25	Le nombre moyenne des stipules de la culture de petit pois du 1 <sup>ère</sup> essai (dans les 3 variétés)	75
26	Le nombre moyenne des vrilles des cultures de petit pois du 1 <sup>ère</sup> essai (dans 3 variétés)	76
27	Tailles des tiges moyennes des cultures des petit pois du 2 <sup>ème</sup> (dans les 3 variétés)	77
28	Le nombre moyenne des feuilles des cultures des petit pois du 2 <sup>ème</sup> (dans les 3 variétés)	78
29	Le nombre moyenne des écailles des cultures des petit pois du 2 <sup>ème</sup> (dans les 3 variétés)	79
30	Le nombre moyenne des stipules des cultures des petit pois du 2 <sup>ème</sup> (Dans les 3 variétés)	80

<b>31</b>	<b>Le nombre moyenne des vrilles des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés)</b>	<b>81</b>
<b>32</b>	<b>La taille moyenne des tiges de la culture de petit pois du 3<sup>ème</sup> essai (dans les 3 variétés)</b>	<b>82</b>
<b>33</b>	<b>Le nombre moyenne des feuilles des cultures des petit pois du 3<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés)</b>	<b>83</b>
<b>34</b>	<b>le nombre moyenne des écailles des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés)</b>	<b>84</b>
<b>35</b>	<b>Le nombre moyenne des stipules des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés)</b>	<b>85</b>
<b>36</b>	<b>Le nombre moyenne des vrilles des cultures des petit pois du 3<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés)</b>	<b>86</b>
<b>37</b>	<b>Système dynamique de la croissance des plantes</b>	<b>88</b>
<b>38</b>	<b>Taille des tiges moyennes (production de biomasse croissance)</b>	<b>89</b>
<b>39</b>	<b>Nombre des feuilles moyennes(production d'organes : développement)</b>	<b>89</b>
<b>40</b>	<b>Système dynamique de la croissance de la culture de petit pois</b>	<b>90</b>

## Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	<b>Les étapes de la récolte des plantes Pisum sativum</b>	<b>07</b>
<b>02</b>	<b>Variétés de petit pois et de pois mange-tout</b>	<b>14</b>
<b>03</b>	<b>Production du petit pois dans le monde</b>	<b>18</b>
<b>04</b>	<b>Maladies de petit pois</b>	<b>21</b>
<b>05</b>	<b>La taille de tige pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois (3 variétés)</b>	<b>56</b>
<b>06</b>	<b>La taille de tige pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (3 variétés) (dose 1)</b>	<b>57</b>
<b>07</b>	<b>La taille de tige pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (3variétés) (dose 2)</b>	<b>58</b>
<b>08</b>	<b>Le nombre des feuilles pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois</b>	<b>60</b>
<b>09</b>	<b>Le nombre des feuilles pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose1)</b>	<b>61</b>
<b>10</b>	<b>Le nombre des feuilles pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose2)</b>	<b>62</b>
<b>11</b>	<b>Le nombre des écailles pour le 1<sup>ère</sup> essai du petit pois</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>Le nombre des écailles pour le 2<sup>ème</sup> essais du petit pois (dose01)</b>	<b>64</b>
<b>13</b>	<b>Le nombre des écailles pour le 3<sup>ème</sup> essai du petit pois (dose 2)</b>	<b>65</b>
<b>14</b>	<b>Le nombre des stipules pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois</b>	<b>66</b>
<b>15</b>	<b>Le nombre des stipules pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose1)</b>	<b>67</b>
<b>16</b>	<b>Le nombre des stipules pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose2)</b>	<b>68</b>
<b>17</b>	<b>Le nombre des vrilles pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois</b>	<b>69</b>
<b>18</b>	<b>Le nombre des Vrilles pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose 1)</b>	<b>70</b>
<b>19</b>	<b>Le nombre des Vrilles pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose2)</b>	<b>71</b>
<b>20</b>	<b>Analyse de variance de la taille de tige pour les trois essais de petit pois (variété 01)</b>	<b>87</b>
<b>21</b>	<b>Analyse de variance de nombre des feuilles pour les trois essais de petit pois (variété 01)</b>	<b>87</b>

# sommaire

## Sommaire

Remerciement

Résumé

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale ..... 1

### Chapitre I : Généralités sur (*Pisum Sativum*)

I.1.Origine et Historique ..... 3

I.2.Classification..... 3

I.3. Culture du petit pois..... 5

    I.3.1.Travail du sol ..... 5

    I.3.2. Semis ..... 5

    I.3.3. Fertilisation ..... 5

    I.3.4. Irrigation..... 5

    I.3.5. Désherbage..... 6

    I.3.6. Traitement contre les maladies ..... 6

    I.3.7. Récolte ..... 7

I.4. Description botanique ..... 9

    I.4.1. Morphologie de la partie aérienne ..... 9

I.5. Principales exigences écologiques et climatiques de la plante..... 11

---

I.5.1 Climat.....	11
I.5.2. Lumière.....	11
I.5.3. Eau.....	11
I.5.4. Sol.....	11
I.5.5. Azote.....	11
I.6. Composition chimique.....	12
I.6.1. Protéines.....	12
I.6.2. Glucides.....	12
I.6.3. Lipides.....	12
I.6.4. Minéraux.....	13
I.6.5. Vitamines.....	13
I.6.6. Composés phénoliques.....	13
I.7. Variétés de petit pois.....	13
I.8. Utilisations du petit pois.....	15
I.9. Cycle de développement de la plante.....	15
I.9.1. Germination.....	16
I.9.2. Stade végétatif.....	17
I.9.3. Floraison.....	17
I.10. Intérêt économique.....	17
I.10.1. Dans le monde.....	17
I.10.2. Production en Algérie.....	18
II.11. Importance de la culture de petit pois.....	19
I.11.1. Importance nutritive.....	19
I.11.2. Importance agronomique.....	19
I.11.3. Importance médicinale.....	19
I.12. Maladies et ravageurs de petit pois.....	20
I.12.1. Maladies du petit pois.....	20

I.12.2. Ravageurs de petit pois.....	24
--------------------------------------	----

**Chapitre II : Généralités sur la modélisation de la vitesse de croissance chez de pois  
(Pisum Sativum.L)**

II.1. Contexte et enjeux.....	25
II.2.Les modèles des cultures .....	25
II.2.1.Définition d'un modèle.....	25
II.2.2.Avantages des modèles .....	26
II.2.3.Classification des modèles.....	27
II.3. Les modèles de croissance de plantes .....	28
II.3.1.Les principes du modèle GreenLab .....	28
II.3.2.Le modèle PBM et FSPM.....	35
II.4.Méthodologie d'implantation et d'exploitation du modèle d'offre produit-processus .....	37
II.4.1. [Phase 1] Initialisation.....	38
II.4.2. [Phase 2] Spécialisation.....	38
II.4.3. [Phase 3] Implémentation .....	38
II.4.4. [Phase 4] Exploitation .....	39
II.4.5. [Phase 5] Maintien et actualisation.....	39
II.5.L'analyse ANOVA .....	40
II.6.Exemple des modèles des cultures et leur utilisation .....	41

**Chapitre III : Partie expérimental**

III. Partie Expérimentale .....	43
III.1. Site d'expérimentation.....	43
III.2. Matériel utilisée .....	43
III.2.1. Matériel de la serre .....	43
III.2.2.Matériel de laboratoire.....	43

---

III.2.3. Les substrats .....	44
III.2.4. Matériel végétal .....	44
III.3. Méthode .....	45
III.3.1. Conduite de l'expérience .....	45
III.3.2. Le protocole expérimental .....	46
IV.4. Facteurs étudiés .....	47
III.5. Analyse des données .....	48

#### Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.Résultats et discussion .....	49
IV.1.Observation sur les plantes des trois essais.....	49
IV.1.1. Observation sur les tiges .....	49
IV.1.2. Observation sur les feuilles .....	50
IV.1.3. Observation sur les écailles .....	51
IV.1.4. Observation sur les stipules .....	52
IV.1.5. Observation sur les vrilles .....	53
IV.1.6. Observation sur la masse .....	54
IV.1.7. Observation sur les fleurs et les fruits .....	54
IV.2. analyse des résultats.....	55
IV.2.1. La taille de tige .....	55
IV.2.2. Le nombre des feuilles .....	59
IV.2.3. Le nombre des écailles.....	63
IV.2.4.Le nombre des stipules.....	66
IV.2.5. Le nombre des Vrilles .....	69
IV.3.Discussion .....	72
IV.4. L'analyse de variance des résultats .....	87
IV.5. étude mathématique et numérique du modèle.....	88

**Conclusion générale .....91**

# **Introduction Générale**

### Introduction générale

La productivité et les acquisitions de ressources (développement durable) reçoivent le plus d'attention en ce moment et il 'est très important et nécessaire de travailler sur le développement est des compétences agricoles pour la prévision et la prise de décision dans l'agriculture et la foresterie et le développement dynamique de modèles mathématiques fiables, tels que la simulation et l'amélioration des cultures. Et tout cela grâce au travail d'ingénieurs et de chercheur qui représentent le rôle la partie efficace et intégrale de ce développement, et ces résultats cherchent à reproduire la croissance d'un groupe de plantes en interaction avec l'environnement, à déterminer l'impact du monastère peut avoir ces facteurs. Et à terme à faire des prédictions de cultures (**Barczi et al. 1997**).

Cependant, la modélisation entre dans le domaine agronomique en 1968 modéliser la croissance des plantes reste un défi, en raison de nécessaires collaborations et confrontations entre plusieurs disciplines. En effet, lors de la conception d'un tel modèle, il faut réunir des connaissances botaniques, agronomique, éco physiologique.

Selon les objectifs visés, il faut en extraire les éléments essentiels et en faire une synthèse .ensuite, la validation et l'exploitation passent par une implémentation informatique du modèle, de plus, l'introduction d'un formalisme mathématique dans certains modèles permet de vérifier leurs comportements et de mener des études plus approfondies (contrôle optimal, sensibilité aux paramètres) (**Brisson et al.2003**).

Notre sujet s'inscrit dans le cadre de la modélisation de la vitesse de croissance chez le petit pois (dans les 3 variétés) nous avons fait une petite expérience qui est une culture du sal des plantes de petit pois au niveau de laboratoire et la serre pour un objectif de l'étude de la phénomène de la croissance et le développement et la modéliser en se basent sur notre moyennes disponibles, nous n'avons pas travaillé avec des logiciels et aussi notre mesures sont chaque semaine aussi en va étudier l'effet de l'extraits naturelles (salicylique et phosphore) sur la phase croissance

Donc comment on va faire un modèle mathématique ? Et quelle analyse on va utiliser pour trouves la différence entre les essais ? Et quel est l'effet de l'extrait naturel sur la croissance des plantes être en bonne croissance et développement ?

A partir de notre objectif on va fonder les hypothèses suivantes :

- Croissance journalières des tiges
- Le produit de la croissance obtenu précédemment par la teneur en phosphore (levure) dans une grande croissance en termes des feuilles, écailles, stipules, vrilles
- Salicylique (saule) donne une couleur vert foncé (chlorophylle)

La 1<sup>ère</sup> partie qu'est la partie synthèse bibliographique se décompose en 2 chapitres :

- Chapitre I : Généralités sur *Pisum Sativum* ;
- Chapitre II : Généralités sur la modélisation de la vitesse de croissance chez de pois (*Pisum Sativum*)

Le 2<sup>ème</sup> parties c'est la partie expérimentale décompose en 2 chapitres :

- Chapitre I : Matériels et méthodes ;
- Chapitre II : Résultat et discussion.

# *Chapitre I*

## I. Généralités sur (*Pisum Sativum*)

### I.1. Origine et Historique

Théophraste, trois siècles avant notre ère, dans son livre intitulé "recherches sur les plantes" a décrit plusieurs espèces de la famille actuelle des légumineuses et notamment le pois. (Davies *et al.*, 1985). Il est consommé depuis environ 5000 ans avant Jésus Christ et, était déjà très apprécié dans les civilisations anciennes (Smartt, 1990). Les origines primaires du pois se situent vraisemblablement dans le Sud-ouest d'Asie, Abyssinie en Afghanistan et les régions avoisinantes. (Zohary et Hopf, 2002).

La région méditerranéenne constitue un centre secondaire. À partir de ces centres, le pois se serait dispersé dans le reste de l'Europe et le reste de l'Asie (Kay, 1979). Cette culture a longtemps été cultivée aux États-Unis d'Amérique et historiquement, le pois de la campagne est l'une des meilleures cultures commerciales de Wisconsin (Oelke *et al.* 1991).

*Pisum sativum* se trouve également dans tous les pays tempérés et dans la plupart des hautes terres tropicales (comme exemple l'Afrique centrale (partie Est) et orientale (en Ethiopie) (Brink et Belay, 2006).

### I.2. Classification

L'espèce *Pisum Sativum* L. appartient au genre *Pisum*, classé dans la tribu des Fabaceae (*Viciae*). Cette dernière regroupe diverses espèces de plantes herbacées annuelles, réparties en cinq genres : *Lathyrus* L. (gesse/pois doux, environ 160 espèces), *Lens* (lentilles, 4 espèces), *Pisum* L. (pois, 3 espèces) et, *Vicia* L. (vesces, environ 140 espèces) et le genre monotypique *Vavilovia* (Smýka *et al.*, 2011).

La classification du genre *Pisum*, après avoir compté plusieurs espèces, ne regroupe que trois espèces :

- *P. sativum* L.
  - *Subsp. sativum* ;
  - *Subsp. elatius*.
- *P. fulvum*.
- *P. abyssinicum* (Cieslarová *et al.*, 2011).

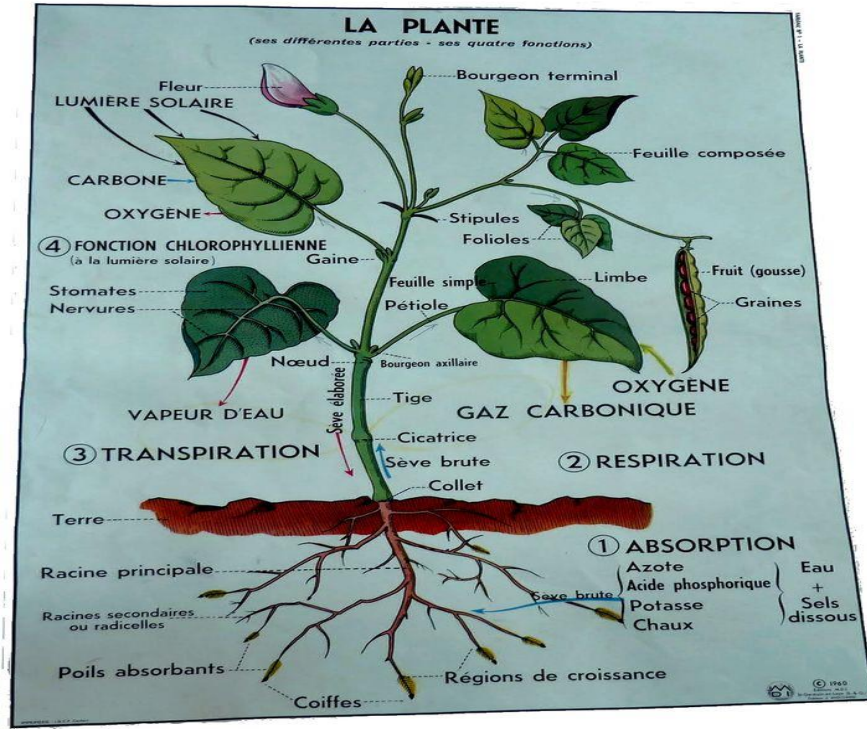


Figure. I.1 : Structure d'une plante de pisu mativmL (Boyeldieu, 1991).



Figure. I.2 : Plants de Pisum Sativm (feuilles, fleurs, et gosses).

### **I.3. Culture du petit pois**

#### **I.3.1. Travail du sol**

Le travail du sol se fait par un labour d'automne, suivi des façons superficielles en fin d'hiver pour l'obtention d'une structure moyennement fine et aérée. En cas de nécessité, la fumure organique et le chaulage seront assurés à l'automne. La fumure minérale sera compléter par un apport de CuSO<sub>4</sub> en cas de carence en cuivre. (Yves, 2006).

#### **I.3.2. Semis**

Le semis a lieu en novembre pour les pois d'hiver et à partir de mi-février pour ceux de printemps. La quantité de semences dépend du poids des 1000 grains, qui varie entre 150 et 300 g, ainsi que du pourcentage estimé de pertes à la levée. L'écartement entre rangs est de 17 ou de 25 cm, voire de 40 cm, quant à la profondeur, elle est comprise entre 4 et 6 cm. (Aubineau et al, 2002).

#### **I.3.3. Fertilisation**

Compte tenu de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, l'apport d'azote sur la culture n'est pas nécessaire. Pour la fumure phospho-potassique, il n'y a pas de règle générale, celle-ci dépend des précédents, de la teneur du sol en anhydride phosphorique et en potasse, ainsi que des immobilisations par la plante. Les apports moyens sont d'environ 35Kg d'acide phosphorique par hectare et de 150 à 250 Kg /ha pour la potasse. (Aubineau et al, 2002).

#### **I.3.4. Irrigation**

L'irrigation est indispensable à un rendement maximal. Les petit pois nécessitent un volume minimal d'eau de 3 000 à 8 000 m<sup>3</sup>/ha, cet apport est plus efficace par goutte à goutte, si l'on recourt à l'irrigation par aspersion ou à la raie, le volume nécessaire peut atteindre 14 000 m<sup>3</sup>/ha. Les cultures sont irriguées goutte à goutte ou par aspersion, Si les réserves hydrique disponibles de la parcelle ne sont pas suffisantes, il est conseillé d'irriguer le champ avant le semis. L'irrigation au semis n'est généralement pas recommandée, car elle favorise uniquement le développement de racines peu profondes.

Toutefois, si le sol a tendance à former une croûte, il faut commencer par l'irriguer abondamment (en fonction de la capacité au champ), puis de le labourer peu avant le semis. Une sécheresse avant floraison est fortement préjudiciable au rendement final. Dès le début de la floraison, il est donc judicieux d'irriguer régulièrement les champs en fonction des besoins, en poursuivant cette irrigation jusqu'à la formation des gousses. (**Labuschagne, 2009**).

### I.3.5. Désherbage

Selon **Elalaoui (2000)**, l'existence de désherbants chimiques pour les légumineuses alimentaires est totalement méconnue par la grande majorité des agricultures. Les plus utilisés sont des herbicides de pré-semis et de prélevée, qui assurent le contrôle de bon nombre de graminées et de dicotylédones pendant 80 à 100 jours quand, toutefois, un minimum de pluie est reçu juste après leur application. Quant au désherbage mécanique, tous les agriculteurs pratiquent un minimum de deux binages sur le petit pois entre la date des semis (début mai, mi-mai ou fin de mai) et la méthode de désherbage. Le travail du sol avant la levée diminue la biomasse des adventices quand on reporte les semis **Elalaoui (2000)**.

### I.3.6. Traitement contre les maladies

Plusieurs agriculteurs effectuent des traitements contre les maladies cryptogamiques et les ravageurs animaux des légumineuses, selon l'année, l'espèce cultivée et les régions, on effectue 0 à 2 traitements au maximum (**Elalaoui, 2000**). Les maladies du feuillage et des gousses pénalisent, à la fois, la récolte sur le plan quantitatif (couleur de fleur et de gousses) et qualitatif (grains tachés, présence de sclérotés). Le début de la floraison est un stade décisif dans la protection des pois contre l'anthracnose, le botrytis, et le sclérotinia. Les fongicides sur *Pisum Sativum* sont efficaces que s'ils sont appliqués en préventif sur ces maladies. (**Ledeliou et Leduigou 2001**).

Selon **Missiaen et Lafon (1970)**, les principales maladies cryptogamiques qui attaquent le petit pois sont le mildiou (*Peronosporapisi*) par temps humide et nuits fraîches. Il cause le jaunissement de la face supérieure des folioles et feutrage blanc puis violacé à la face inférieure. L'oïdium du pois (*Erysiphepolygoni*) est aussi une maladie fréquente sur les cultures tardives. Il cause des fructifications blanches et dessèchement prématuré du feuillage.

Les maladies virales sont redoutables et parmi lesquelles, on cite la Mosaïquénation du pois qui cause des proliférations et hypertrophie des nervures à la face inférieure des folioles avec crispation, forte chute du rendement par réduction de la taille de la plante (Yves, 2006).

### I.3.7. Récolte

Trois mois et demi à quatre mois après le semis, les gousses encore vertes, bien bosselées par les grains, sont bonnes à récolter. La récolte se déroule en 2 ou 3 vagues successives pour un même semis, tous les 2 à 4 jours (Bordier, 2002).Le tableau 1 montre les étapes de la récolte du petit pois.

**Tableau .I.1:** Les étapes de la récolte des plantes *Pisum Sativum* Labuschagne (2009).

<p><b>Méthode</b></p>	<p>Manuelle, en coupant le pédoncule des gousses .Tri préliminaire dans le champ (élimination des gousses pré-forées, endommagées, portant des marques, difformés,etc)</p>
	<p>Les gousses doivent être cueillies et manipulées avec beaucoup de soin. Elles doivent être placées dans un récipient rigide mais aéré. Sur une épaisseur maximale de 20cm.</p> <p>Si les gousses ne sont pas conditionnées immédiatement, il est indispensable de les stocker dans un endroit frais ,si aucun système de refroidissement électrique n'est disponible on peut recourir à un (refroidisseur à charbon),constitué de charbon de bois placé entre des grillages métallique, il doit être conçu de telle</p>

	<p>manière que la totalité de l'air entrant dans le refroidisseur passe par le charbon de bois il est conseillé de maintenir la charbon mouillé afin de renforcer son action refroidissant.</p>
<b>Fréquence</b>	<p>Durant les périodes chaudes, les <i>Pisumsativumse</i> développent plus rapidement et il est possible que la cueillette doit s'effectuer plus fréquemment afin d'éviter les pertes dues à une croissance excessive.</p>
<b>Période de récolte</b>	<p>La récolte commencera au moins 95 à 100 jours après le semis pour. La récolte se poursuivra pendant 7 à 9 semaines en fonction de l'altitude, de la variété et du climat de la saison.</p> <p>Il est conseillé de commencer la cueillette dès que possible le matin, en évitant de récolter des gousses humides de rosée et de travailler aux périodes les plus chaudes de la journée.</p>
<b>Main d'oeuvre</b>	<p>Pour respecter ces instructions, les cueilleurs doivent être formés et doivent être conscients de l'importance de la culture, ils doivent être supervisés, un cueilleur peut récolter entre 40 à 80kg par journée de travail de huit heures, en fonction des calibres et des types de pois, du moment de la saison et du nombre des cueillettes</p>

## I.4. Description botanique

Le petit pois (*P.Sativum*) est une plante annuelle de la famille des Fabaceae. Il est originaire de l'Asie centrale (Afghanistan et Inde) et sa culture est très ancienne. C'est une plante essentiellement autogame (**Free, 1993; Pouvreau ,2004**) mais des taux d'allogamie peuvent être observés chez certains cultivars (**Haskell, 1943**).Il représente un légume dont les qualités nutritives, gustatives et culinaires sont très élevées, ce qui a conduit à une extension rapide de sa culture dans les différentes régions du monde. Le petit pois est une plante herbacée, haute de 20 à 150 cm ou plus (**Nyabyenda, 2005**).

Le système racinaire est représenté par une variable de développement du pivot en fonction du type de sol, de la variété et les conditions climatiques.

### I.4.1. Morphologie de la partie aérienne

La partie aérienne (figure .I.2) est constituée de ces différentes parties :

#### I.4.1.1. Tiges

Les tiges sont herbacées, grêles et creuses, arrondies ou légèrement anguleuses, d'une hauteur variable (0,25 à 2 m).L'appareil aérien est constitué d'une tige principale et de ramifications issues des bourgeons latéraux.

#### I.4.1.2. Feuilles

Les feuilles sont composées de 4 à 6 folioles à disposition alterne, elles sont de différentes teintes, du vert jaune au vert bleu foncé. Les folioles sont entières ou plus ou moins, de forme ovale ou elliptique, leur extrémité est arrondie et crénelée, pointue ou tronquée selon les variétés. La feuille se prolonge par des vrilles de plusieurs centimètres de long.

### I.4.1.3. Fleurs

Les fleurs sont blanches ou avec l'étendard d'un blanc bleuâtre et les ailes d'un violet noir. Les fleurs ont une taille de 3 à 4 cm de long, elles naissent à l'aisselle des feuilles, les pédoncules de longueur variable supportent une à trois fleurs (**Elzebroek et Wind, 2008**). Les feuilles sont alternes, composées-pennées, et se composent de deux grandes stipules foliacées, un à plusieurs paires de folioles ovales, et une vrille terminaux (**McGee, 2012**), elle s'observe selon les conditions de croissance.

### I.4.1.4. Fruit

Le fruit est de type gousse longue de 4 à 11 cm, les graines sont globules, lisses et non marbrés, ils possèdent des réserves en amidon et en protéines.



**Figure .I.3 :** Plante de petit pois *Pisum Sativum*L (**Zohary et Hopf, 1988**).

### I.4.1.5. Diagramme floral

La formule du diagramme floral du petit pois est la suivante :

$$5 S + 5 P + (9+1) E + 1 C$$

## **I.5. Principales exigences écologiques et climatiques de la plante**

### **I.5.1 Climat**

Les pois exigent un climat frais et relativement humide et sont développés à des altitudes élevées dans les tropiques avec des températures de 7 à 30°C.

La production est concentrée entre les tropiques du cancer (**Davies, 1985**). Le pois tolère le gel à -2°C, bien que la croissance supérieure puisse être affectée aux pois robustes d'hiver de -6°C et avec la protection de couverture de neige. Les niveaux de température optimale pour les périodes végétatives et reproductrices des pois sont réciproquement de 21 et 16°C et 16 à 10°C jour et nuit.

### **I.5.2. Lumière**

Le pois est une plante qui a besoin de la pleine lumière pour accomplir son cycle végétatif.

### **I.5.3. Eau**

Il faut irriguer ou faire la culture sur des terrains où la nappe phréatique est proche. Néanmoins, on a constaté qu'il ne faut pas trop irriguer durant la phase de floraison, car cela provoquerait la chute des fleurs. Il vaut mieux laisser la plante soif à cette période.

### **I.5.4. Sol**

Il apprécie une terre fraîche à bonne exposition mais craint le calcaire, l'excès d'humidité et la sécheresse.

### **I.5.5. Azote**

Le pois, comme toutes les légumineuses, peut réaliser une fixation symbiotique de l'azote qui commence 30 jours après le semis et se poursuit pendant environ 60 jours. Visuellement, en coupant une nodosité, plus la section apparaît rougeâtre, plus elle est chargée en pigment actif de couleur rouge, indicateur de la fixation symbiotique de l'azote.

La quantité d'azote fixée varie largement avec les cultivars, et les conditions de croissance de la culture.

## I.6. Composition chimique

Le pois a été largement utilisé dans l'alimentation humaine en raison de son excellente source de protéines, de vitamines, de minéraux et d'autres nutriments, tout en étant faible en gras, riche en fibres et ne contient pas de cholestérol (**Doymaz et Kucuk, 2017**).

### I.6.1. Protéines

Le pois (*Pisum Sativum*L.) est parmi les matières premières riches en protéines, substitués possibles au soja (**Perrot, 1995**). Il renferme 21.6 % de sa matière sèche en protéines. (**Roet al., 2015**).

### I.6.2. Glucides

#### I.6.2.1. Amidon

L'énergie des légumineuses provient principalement des glucides, dont l'amidon est la composante majeure. La teneur en amidon des graines de petit pois est de 4,6 g par 100 g de partie comestible (**Holland et al. 1991**).

#### I.6.2.2. Fibres

Les fibres, partie indigestible des végétaux dans l'intestin grêle humain, sont classées en fibres solubles et insolubles. Les fibres solubles sont digérées lentement dans le côlon ; par contre, les fibres insolubles, métaboliquement inertes, sont soumises à une fermentation dans le côlon induisant une croissance des bactéries intestinales (**Tosh et Yada, 2010**).

Les graines mures, entières et sèches de pois contiennent 5,1 g/ 100 g de partie comestible (**Roe e tal., 2015**).

### I.6.3. Lipides

Les légumineuses (haricots, lentilles et les pois) sont faibles en lipides et sans cholestérol parce qu'elles sont d'origine végétale. La faible quantité de lipides contenus dans les légumineuses est principalement formée d'acides gras insaturés (**Rémond et Walrand, 2017**). La Composition de lipides par portion comestible de 100 g de graines entières mures séchées de petit pois est de 2,4 g (**Rémond et Walrand, 2017**).

#### I.6.4. Minéraux

Plusieurs minéraux sont contenus dans le petit pois, dont le calcium, le fer, le cuivre, le phosphore, le potassium et le magnésium.

#### I.6.5. Vitamines

Les légumineuses sont aussi une bonne source de vitamines, comparé aux autres légumineuses, le petit pois est nettement plus riche en vitamine K (**Roetal., 2015**).

#### I.6.6. Composés phénoliques

Les composés phénoliques tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques sont principalement responsables des propriétés antioxydants. Vue l'importance de ces composés, plusieurs études ont été menées pour trouver des antioxydants naturels dans divers matériaux végétaux. (**Chahbani et al., 2018**)

Les polyphénols sont des composés bioactifs habituellement présents dans les fruits, les légumes, les légumineuses, les céréales, le chocolat et les boissons telles que les jus de fruits, le thé et le café. Ces métabolites secondaires peuvent agir en tant que piègeurs de radicaux libres responsables de l'initiation de l'oxydation, ainsi que d'antioxydants briseurs de chaîne, de désactivateurs de l'oxygène singulet, d'agents réducteurs, d'agents chélateurs des métaux et d'inhibiteurs d'enzymes oxydantes spécifiques dont les valeurs moyennes (**Djenidiet et al., 2019**).

#### I.7. Variétés de petit pois

On distingue trois variétés de petit pois : Les Petits pois à grains lisse ; ils sont plus résistants au froid, mais donnant des petit pois moins sucrés et plus farineux et les Petit pois à grains ridé ; ses grains sont plus sucrés que les premiers (**Messiaen, 2010**) et le pois Mangetout, sont des pois que l'on récolte plus jeune et que l'on mange avec la cosse.

Ces 3 variétés de petits pois peuvent aussi être des variétés « naines » ou « à rames », les pois nains dont les plantes ne dépassent pas 50 cm de hauteur et les pois à rames dont les plants peuvent atteindre 2 m 50 et nécessitent plus d'espace.

Tableau. I.2 : Variétés de petit pois et de pois mange-tout (Messiaen, 2010)

Variétés	Hauteur (cm)	Couleur de la graine	Durée de végétation (jours)	Caractères Variétaux
Gousses longues	90	Vert rond	71	Gousses longues 8 à 10 grains
Roi conserves	140	Vert rond	78	Gousses arquées
Serpette Guilloteaux	150	Blanc rond	81	Gousses arquées
Cadoz	Nain	Blanc rond	80	Grains très petits
Douce Provenance	Nain	Vert rond	69	Gousses longues, 7 à 9 grains
Petit provença	NainNain	Vert rond	69	Gousses arquées
Roal	Nain	Vert rond	65	plus précoce
Arkel	Nain	Vert ridé	70	Gousses longues, pointues
Merveille de Kelvedon	Nain	Vert ridé	68	Gousses fines, très longues
Onward	Nain	Vert ridé	79	Grosses gousse, résistant Oïdium
Bayard	Nain	Vert ridé	70	Type afila
Surgévil	Nain	Vert ridé	85	Grains très sucrés
Caroubay de Maussane	95	Gris, fleurs mauves	95	Mange-tout à rames

## I.8. Utilisations du petit pois

L'espèce *Pisum sativum* fournit plusieurs types d'aliments tant pour l'homme que pour les Animaux (**Benoît *et al.* 2006 ; Brink et Belay, 2006**) :

Pois frais (85% d'eau) : les graines sont récoltées au stade avant maturité. On obtient les petits pois verts de maraîchage classés comme légume frais.

- Pois sec (15% d'eau) : les graines sont récoltées à maturité au stade sec, soit le pois cassé classé comme un légume sec, soit le pois protéagineux destiné à l'alimentation animale.
- Jeunes pousses feuillées, sont aussi consommées en légume, particulièrement en Asie.
- La plante entière fournit un fourrage aux ruminants, soit en sec, soit en vert, frais ou ensilé.

En général, on appelle pois fourrager tout type de pois destiné à l'alimentation animale, y compris les pois secs en grains qui sont appelés pois protéagineux.

- Le pois est aussi une plante importante dans une rotation, car il fixe l'azote atmosphérique et joue ainsi un rôle dans le rétablissement de la fertilité du sol (**Brink et Belay, 2006**).

## I.9. Cycle de développement de la plante

Le cycle végétatif normal est de 65 à 100 jours pour les pois frais et de 20 jours de plus pour les pois secs. Sous les climats frais, il est plus long (**Doorenbos et Kassam, 1987**).

Le petit pois, comme toute autre plante, passe par plusieurs phases pour accomplir son cycle de développement.

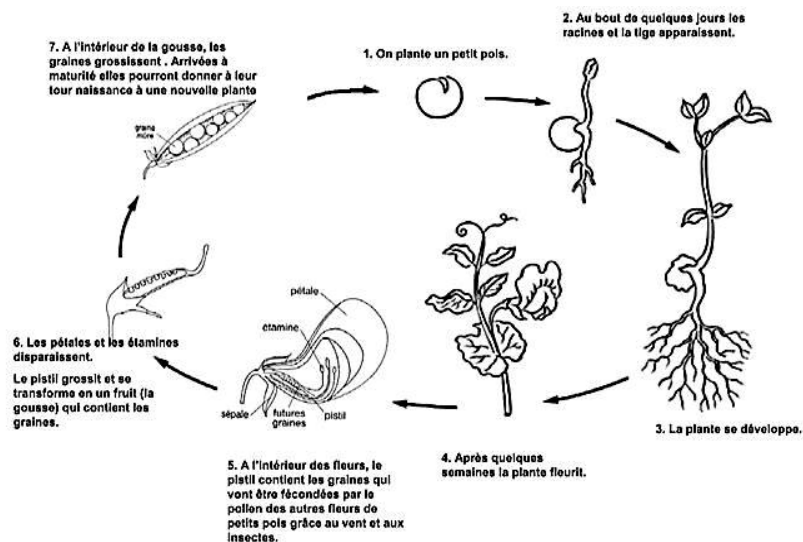


Figure .I.4: Cycle de développement de la plante (vicultures, 2016).

### I.9.1. Germination

La croissance des plantes peut être déterminée en fonction du temps thermique, c'est –à dire du nombre de degré jours qui correspond à la somme des différences entre la température moyenne de chaque jour et la température du zéro végétatif, le zéro de végétation du *Pisum Sativum*L. , est de 0C°, sous cette température la plante stoppe sa croissance (Prat, 2007).

Une graine de pois possède la totalité de ses substances de réserves dans les deux cotylédons : elle est ex albuminée. Enterrée dans le sol elle y reste enfouie au moment où elle germe. La dislocation des téguments séminaux va permettre aux organes embryonnaires qui reprennent leur développement de croître en dehors de cette structure protectrice.

Les méristèmes sont entrés en intense activité. A une extrémité de l'axe, le méristème apical radulaire provoque l'allongement de la racicule, tandis que le méristème apical caulinaire à l'opposé synthétise quelques feuilles le long d'un axe relativement très court par rapport à une tige classique (Zaffran, 2000).

### I.9.2. Stade végétatif

A une germination hypogée, peuvent avoir transitoirement un port en rosette qui va maintenir les méristèmes terminaux près du sol pour les protéger du froid (hémicryptophytes), les entrenœuds s'allongeant ensuite au printemps, des bourgeons axillaires peuvent se développer et donner naissance à une ramification suite à une levée de dominance apicale, principalement sur les nœuds de la base de la tige principale (**Doument, 2008**).

La croissance végétative se poursuit pendant que les premiers boutons floraux apparaissent. La mise en place des fruits sur la plante, provoque un ralentissement progressif de la vigueur végétative. Au fur et à mesure de leur maturation, les fruits mobilisent de plus en plus les assimilats issus de la photosynthèse, au détriment du développement végétatif (**Lawson, 2008**).

### I.9.3. Floraison

Le stade début de floraison est un stade clé pour la culture du petit pois. Il correspond au début de la phase reproductrice. Un peuplement est au stade début floraison lorsque 50 % des tiges sont fleuries. Une tige est considérée comme fleurie lorsqu'elle porte au moins une fleur bien ouverte (**Jolain et al. 2005**). 45 jours environ séparent le semis de la date de floraison (**Yves, 2006**). La pollinisation intervenant avant l'épanouissement complet de la fleur. La fécondation est principalement autogame (**Griffiths et al. 2002**).

## I.10. Intérêt économique

### I.10.1. Dans le monde

Selon les statistiques de l'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO, 2016**). La production mondiale de pois frais s'est élevée à 8 264 769 tonnes pour une surface ensemencée de 1 087 674 hectares, soit un rendement moyen de 7,6 quintaux par hectare. Les deux principaux producteurs de pois frais, sont la Chine et l'Inde, qui représentent près de 70 % du total mondial (Tableau 3).

Tableau .I.3 : Production du petit pois dans le monde (FAO, 2016).

Pays	Surface cultivée (milliers d'hectares)	Rendement (quintaux-hectare)	Production (Milliers de tonnes)
Chine	251.0	10.0	2508.5
Inde	282.0	8.1	2292.7
États-Unis	87.0	10.1	875.0
France	30.5	11.6	355.0
Royaume-Uni	33.3	9.9	330.0
Égypte	27.0	10.4	280.0
Algérie	25	3.5	87.5
Maroc	18.0	6.1	110.0
Turquie	14.5	7.0	101.4
Hongrie	16.5	5.6	92.0
Italie	13.0	6.9	90.0

### I.10.2. Production en Algérie

En Algérie le pois a été cultivé avant 1830 dans les jardins et les champs en Kabylie. (Laumont et Chevassus, 1960). La culture a pris un développement important en 1945, elle a connue par la suite un essor remarquable de 1947 à 1952. En 1980, 10800 ha ont été consacrés à cette culture.

Durant cette dernière décade ; c'est en 1993 qu'on a enregistré la superficie la plus importante avec 20800 ha, alors que le rendement le plus important a été enregistré en 2001 sur une superficie de 19970 ha (FAOSTAT, 2004).

En 2016, cette superficie passe à 28 724 ha avec une production annuelle de 1029707 qx, soit un rendement de 35.8 qx/ha (MADR, 2016). Les principales wilayas productrices du petit pois sont Mascara, Boumerdes, Biskra et Tlemcen.

## II.11. Importance de la culture de petit pois

### I.11.1. Importance nutritive

Frais ou secs, les pois ont en commun d'être des aliments riches en énergie et en protéines. Les pois secs sont comparables à d'autres légumineuses (haricots secs, lentilles, fèves sèches, pois chiches), et aux céréales par leur valeur énergétique (330 kcal/100 g). (**Sanchez Monge *et al.*, 2004**).

Les protéines de petit pois ont une teneur élevée en lysine, sont toutefois déficientes en certains acides aminés essentiels comme la méthionine et le tryptophane. En les associant avec des aliments à base de céréales tel que le pain, qui sont au contraire déficients en lysine, on obtient une bonne complémentarité. Les pois sont une bonne source de minéraux et de vitamines B, notamment de (folate, vitamine B9) et vitamine C. Ils se distinguent également par leur très faible teneur en matières grasses. Ils sont plus riches en eau (74 %) et en sucres solubles que les pois secs (**Rémond et Walrand, 2017**).

### I.11.2. Importance agronomique

Souvent, l'agriculteur est intéressé par la culture de pois visant ses atouts agronomiques. En effet, le pois est capable de fournir ses besoins en azote par une simple fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette fixation symbiotique d'azote se fait grâce à une interaction entre les plantes de pois et les souches de rhizobium qui sont des bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnets mobiles. Ces bactéries induisent chez la plante la formation des nodules sur les racines.

En grande culture, l'agriculteur peut utiliser le pois en tête de rotation pour profiter de l'enrichissement du sol en azote (**Broughton et Dilworth, 1971**).

### I.11.3. Importance médicinale

De nombreuses études ont montré que les régimes riches en fruits et légumes sont de bons antioxydants et peuvent réduire le risque de développement de nombreuses maladies associées aux radicaux oxydatifs. (**Chahbani *et al.*, 2018**).

Les composés phénoliques de petit pois peuvent protéger contre de nombreuses maladies chroniques, telles que les cancers, l'athérosclérose, le vieillissement, les maladies inflammatoires, cardiovasculaires et neurodégénératives.

Ainsi, les propriétés de l'amidon et des fibres du pois font un aliment à faible indice glycémique, et donc bénéfique dans la prévention et la gestion du diabète de type 2 (**Chahbani et al. 2018**).

## **I.12. Maladies et ravageurs de petit pois**

Les maladies des petits pois sont surtout les maladies parasitaires provoquées par divers organismes vivants (bactéries, virus, champignons) qui affectent le pois cultivé (*Pisum sativum*). Relativement nombreuses, ces maladies peuvent être spécifiques de l'espèce *Pisum sativum*, ou touche d'autres espèces proches (en particulier la fève) et plus largement les légumineuses (Fabaceae), voir une multitude d'espèces végétales, cultivées ou non. La plante peut aussi présenter divers symptômes dus soit à des attaques de ravageurs (insectes, nématodes), soit à des phénomènes abiotiques (carences du sol, phénomènes météorologiques, qui peuvent évoquer au premier abord ceux des maladies (**Messaïen et al., 1991**).

Ces maladies se transmettent par diverses voies : par les organismes vivant dans le sol, par les insectes ravageurs qui créent des blessures favorisant l'arrivée de spores de champignons, ou qui inoculent des germes (virus), par les semences lorsqu'elles sont infectées, par les restes des précédentes cultures. Les plantes poussant dans le voisinage peuvent constituer des sources de contamination qu'il s'agisse de cultures ou de plantes sauvages.

### **I.12.1. Maladies du petit pois**

Les petits pois sont sujets de diverses maladies, résumées sur le tableau 4.

**Tableau .I.4:** Maladies de petit pois (Brink et Belay, 2006 ; Chaux et Foury, 1994 ; Messaien et al., 1991).

Maladies de petit pois	Symptômes	Moyens de luttés
1) Graissebactérienne du pois <i>Pseudomonassyringaepv.</i> <i>Pisi</i> ).	Des taches huileuses sur les organes aériens, qui s'agrandissent en éventail et prennent une couleur brun clair sur les feuilles, et forment des taches brunes sur les gousses.	-Semences saines (élimination les lots infectés par le test ELISA). Pas de moyen de lutte chimique, hormis les traitements cupriques -Appliqués en préventif (si gel ou grêle) ou dès l'apparition des premiers symptômes
2) Viroses du pois jaunisse apicale du pois(PTYV)	-Jaunissement de la partie supérieure des plantes. -Feuilles petites, érigées et cassantes.	-Contrôle efficace et rapide des populations de pucerons, vecteurs de la maladie. -Test ELISA permettant d'identifier le PeaSeed -borne Mosaic Virus sur les semences.  -La résistance génétique existe pour la mosaïque commune
3) Anthracnoses : <i>Ascochytapisi</i>	Lésions beiges à bordures foncées, avec au centre, de nombreuses ponctuations noires (pycnides).	-Semences saines. - Rotation de 5 ans entre deux légumineuses Traitement de semences : il assure une protection efficace durant six semaines

		<p>environ.</p> <p>-A partir du stade floraison : un à deux traitements fongicides.</p>
<p>4) Botrytis ou Pourriture grise (<i>Botrytis cinerea</i>).</p>	<p>Une pourriture grise apparaît sous forme de taches sur les feuilles, les tiges et les gousses</p>	<p>-Eviter les excès de végétation en limitant la fourniture d'azote par le sol (fumure organique).</p> <p>-Préférer les variétés à port léger et dressé.</p> <p>-Eviter des peuplements trop denses (semis de précision).</p> <p>-Soigner le désherbage.</p> <p>-Protection fongicide préventive dès la floraison en alternant les matières actives pour éviter l'apparition de souches résistantes.</p>
<p>5) Mildiou (<i>Peronosporapisi</i>)</p>	<p>Les feuilles présentent alors des jaunissements sur la face supérieure et un duvet gris violacé sur la face inférieure. Sur gousses, les symptômes extérieurs sont peu perceptibles (taches vert clair sans sporulation). Par contre, à l'intérieur, un mycélium blanc est bien visible. A ce stade, les grains sont tachés ou absents.</p>	<p>-Rotation la plus longue possible entre deux cultures de pois (protéagineux et conserve).</p> <p>-Traitement de semences : en protégeant les pois jusqu'au stade 5 feuilles environ, il limite les infections primaires.</p> <p>-Utilisation de variétés peu</p> <p>-Protection fongicide préventive en végétation, au</p>

		<p>stade 7</p> <p>-8 noeuds du pois (= 5-6 feuilles).</p>
6) Oïdium du pois ( <i>Erysiphe polygoni f. sp. Pisi</i> )	<p>De petites taches blanches et poudreuses qui colonisent d'abord les feuilles âgées.</p> <p>Un mycélium blanc et pulvérulent se développe ensuite surtout sur les organes aériens.</p>	<p>-La résistance variétale existe. Elle est surtout développée sur les petits pois souffre. Les résultats sont généralement bons dans la mesure où il s'agit d'un mycélium superficiel.</p> <p>-La lutte fongicide peut être préventive sur les variétés sensibles, ou menée de façon curative (dès les premiers symptômes)</p>
7) Rouille ( <i>Uromyces pisi</i> <i>Uromyces viciae-craccae</i> <i>Uromyces viciae fabae</i> .)	<p>Des pustules (sores) pulvérulentes de couleur rouille à noir apparaissent sur la face inférieure des feuilles et sur les tiges.</p>	<p>-Appliquer une triazole en respectant le délai avant récolte.</p>
8) Sclérotiniose ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ).	<p>Apparition des scléroties qui sont des nodules noirs de quelques millimètres de diamètre. Très résistants, ils peuvent vivre dans et à la surface du sol pendant 5 à 10 ans.</p>	<p>-Inclure des céréales ou des graminées fourragères dans la rotation.</p> <p>-Éviter les précédentes légumineuses, tournesol et colza.</p> <p>-Préférer les variétés à port léger et dressé.</p> <p>-Réduire la densité de semis (semis de précision).</p> <p>-Soigner le désherbage.</p>

		<ul style="list-style-type: none"><li>-Eviter tout excès de végétation : ne pas apporter de matière organique.</li><li>-Protection fongicide préventive et performante à partir de la floraison.</li> <li>-Lutte biologique dans la rotation avec un champignon parasite.</li></ul>
--	--	---

### I.12.2. Ravageurs de petit pois

Les ravageurs du pois sont les organismes animaux qui parasitent les cultures de pois ou s'en nourrissent. Ce sont généralement des insectes, mais d'autres classes d'animaux sont concernées, notamment des nématodes (vers ronds), des mollusques (limaces) et des vertébrés (oiseaux). De nombreux insectes ravageurs attaquent les cultures de pois à leurs différents stades (Chaux et Foury, 1994 ; Coutin, 2004).

# *Chapitre II*

---

## II.Généralités sur la modélisation de la vitesse de croissance chez de pois (*Pisum Sativum.L*)

### II.1. Contexte et enjeux

Les plantes jouent en rôle indispensable à la survie de l'être humaine et l'équilibre de notre écosystème. Depuis les débuts de l'agriculture, l'homme cultive certaines variétés de plantes pour subvenir à ses besoins, en particulier pour se nourrir, se vêtir, se chauffer, ou, plus récemment, produire des biocarburants ou extraire des molécules d'intérêt thérapeutique. Bien souvent, pour le bon déroulement de leur développement, ces plantes nécessitent au cours de leur cycle de croissance des quantités des éléments nutritifs et d'eau (**Brisson et al, 2002**).

La fertilisation c'est une étape très importante pour assurer la bonne croissance et développement des cultures et aussi le meilleur rendement, certains nombres d'éléments nutritifs sont très important pour que les cultures être en bonne croissance, dans notre travail on va utiliser l'élément principale de croissance qu'est l'extraits naturelle (salicylique et phosphore), on va suivre ses effets sur la croissance des plantes de petit pois( la taille des tiges, nombre des feuilles, écailles, stipules, et vrilles) dans une culture du sol au niveau de laboratoire et la serre apprêteur.

L'optimisation des stratégies de fertilisation constitue un enjeu important en agronome, que les approches basées sur la modélisation pourraient permettre de traiter.

### II.2.Les modèles des cultures

#### II.2.1.Définition d'un modèle

On peut définir un modèle comme étant une représentation simplifiée d'une réalité complexe. Au terme "modèle" on associe le vocable "système" qui représente la réalité qu'on se propose de modéliser. Un système peut avoir plusieurs sous-systèmes et composantes qui ont des interconnexions et qui correspondent aux différents niveaux d'étude. En agronomie, le système est représenté par le complexe "climat-sol-plante" dont le comportement est modifié par les techniques culturales appliquées. En d'autres termes, le système est le peuplement cultivé dans des conditions de sol, de climat et de techniques données. La modélisation consiste alors en l'intégration des connaissances d'ordre micro-météorologique, agronomique et physiologique dans un cadre conceptuel plus ou moins élaboré selon le degré de simplification du système étudié.

La conception d'un modèle est liée aux objectifs qui lui sont assignés. Un modèle peut servir pour :

- Explorer le contour du système étudié et délimiter sa structure en identifiant les composantes et sous-systèmes, les variables et paramètres qui le caractérisent ainsi que les facteurs qui déterminent son comportement ;
- Expliquer les interconnexions entre sous-systèmes et les relations fonctionnelles entre les variables, en précisant les niveaux d'étude et le degré de précision voulue ;
- Intégrer les fonctionnements des sous-systèmes pour comprendre le fonctionnement global du système étudié ;
- Prévoir les changements d'états du système et les résultats attendus, suite aux changements des valeurs des variables et paramètres du modèle (simulation).

Un modèle peut être de nature purement conceptuelle (image mentale qu'on se fait de la réalité), de nature physique ou de nature mathématique. Dans tous les cas, le formalisme mathématique est un outil précieux pour décrire les caractéristiques du système modélisé et pour résumer le modèle qui le représente (**Grenier, 1998**).

### II.2.2. Avantages des modèles

Dans les sciences de l'agronomie et de l'environnement, l'utilisation des modèles permet de mieux gérer les espèces menacées et les ravageurs, de comprendre les concurrence entre les espèces interspécifiques et intra spécifiques, de prédire la croissance des plantes, et de mieux résoudre le problème des gaz à effet de serre (**Lamboni et al, 2009**).

Dans le domaine de la sélection, les modèles de culture permettent d'extrapoler dans le temps et dans l'espace les résultats issus d'expérimentation (**Vocanson, 2006**) et d'imaginer les résultats que pourraient fournir des variétés non encore sélectionnées mais qui combindraient différents caractères. Ils permettent d'étudier et de comprendre les processus complexes et leurs interactions au sein du système cultivé (**Brisson, 2009**).

### II.2.3. Classification des modèles

#### II.2.3.1. Les modèles empiriques et les modèles mécanistes

Selon la littérature, on distingue 2 catégories de modèles :

- Les modèles empiriques (également appelés statistiques ou corrélatifs) qui utilisent des relations entre les composantes d'un système sans décrire ses mécanismes de fonctionnement (**Prost et al, 2011**).
- Les modèles mécanistes qui décrivent les processus de fonctionnement du système.

Parmi les modèles mécanistes, il y a des modèles dynamiques ou statiques. Par opposition au cours de la période de simulation et il tient compte des interactions entre les résultats des différents pas de temps. A partir de l'analyse des modèles numériques agronomique (**Prost et al, 2011**).

#### II.2.3.2. Les modèles spécifiques et les modèles génériques

Une classification des modèles de culture existe en fonction du nombre de cultures prises en charge et des choix de formalismes opérés lors de l'élaboration du modèle de culture. Les modèles de culture spécifiques sont distingués des modèles de cultures génériques (**Guillaume, 2011**).

- **Les modèles spécifiques**

Les modèles spécifiques ont été développés pour la représentation de la croissance et du développement d'une culture donnée, généralement dans l'objectif de répondre à une question précise. Ils intègrent des processus spécifiques à l'espèce concernée et prennent en compte différents facteurs de production en fonction des objectifs d'application (**Greiner, 1998**).

- **Les modèles génériques**

Les modèles génériques se caractérisent par la description quantitative des processus biologiques qui sont communs à plusieurs cultures. Ils traitent la spécificité de chaque espèce à travers d'option de simulation et de différentes valeurs des paramètres (**Wang et al, 2002**). Le développement de tels modèles permet de mutualiser les connaissances acquises sur le fonctionnement des espèces et fournissent un cadre d'évaluation pour l'identification des convergences et des différences entre les cultures (**Brisson et al, 2006**).

### II.3. Les modèles de croissance de plantes

En agriculture et en botanique, de nombreuses études sont consacrées à la modélisation de la croissance des cultures en relation avec les conditions environnementales. Les performances croissantes des ordinateurs modernes permettent le développement de modèles permettant de reproduire sous forme virtuelle la croissance de la plante en prenant en compte un grand nombre de différents facteurs et processus interagissant entre eux. Parmi les différentes approches de modélisation de la croissance des plantes, (**Bouman et al. 1996**).

#### II.3.1. Les principes du modèle GreenLab

Le modèle GreenLab est un modèle générique de croissance pour tous les plantes, c'est-à-dire qu'il n'est pas dédié à certaines espèces. Il peut être rattaché aux modèles de type structure fonction s'intéressant au fonctionnement photosynthétique de la plante dans une architecture donnée (**Bouman et a, 1996**).

##### II.3.1.1. Ecriture simplifiée du système

Contrairement aux systèmes continus qui sont régis par des équations différentielles, les systèmes discrets sont décrits par des équations de récurrence. Une étude générale de ces systèmes peut être trouvée dans (**Lifermann, 1**). Une suite discrète est une fonction du temps qui peut être considérée comme le résultat de l'échantillonnage d'un système continu. Dans notre cas, la croissance d'un arbre est continue, mais nous ne nous intéressons aux valeurs des variables qu'une seule fois par cycle, juste après l'apparition des nouveaux organes. L'état d'un système à un moment donné est défini par un certain nombre de variables indépendantes convenablement choisies : ce sont les variables d'état. Les équations d'état du système permettent de calculer les valeurs de ces variables à chaque pas de temps. La croissance de la plante peut donc être écrite sous la forme d'un système dynamique, c'est-à-dire un système qui évolue au cours du temps (**Verwaerde, 1997**).

Nous notons :

- $Q(n)$  la quantité de biomasse fabriquée au cycle  $n$ ,

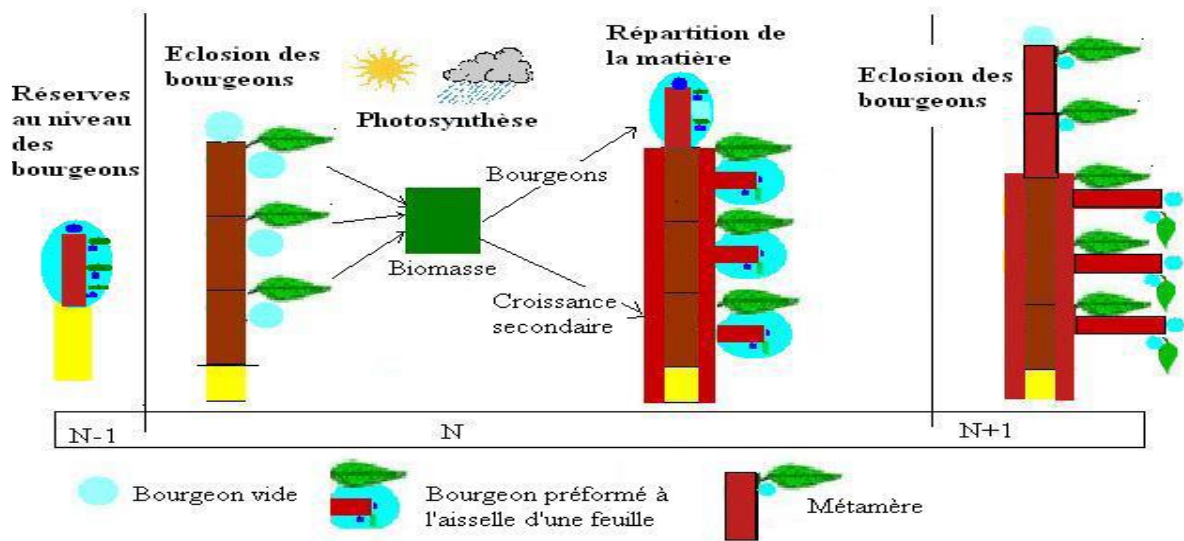


Figure. II.1: Fonctionnement de la plante au cycle n (Barthélémy et al, 1997).

- $Y(n)$  le vecteur des variables «topologiques» de la plante (nombres d'organes de chaque type) ;
- $E(n)$  la variable d'environnement au cycle  $n$  ;
- $P$  l'ensemble des paramètres du modèle.

Nous détaillons dans la suite le choix des variables, qui dépendent de la manière de décrire la plante, ainsi que le calcul de l'environnement. Le système  $(Q, Y)$  doit permettre de reconstruire la plante au cycle  $n$ , à l'aide des paramètres.

Si nous supposons que l'organogenèse suit des règles indépendantes de la photosynthèse, le système dynamique peut se résumer sous la forme :

$$Q(n+1) = F(Q(n), Y(n), P, E(n))$$

$$Y(n+1) = G(Y(n), P, E(n)) \quad (1.1)$$

En règle générale,  $Y(n+1)$  dépend de  $Y(n)$  selon les lois de l'organogenèse (voir paragraphe 1.3). La quantité de biomasse  $Q(n+1)$  dépend à la fois du nombre d'organes actifs dans la photosynthèse et de leurs volumes, qui dépendent eux-mêmes de la biomasse(n) produite aux cycles précédents.

### II.3.1.2. Organogenèse

#### II.3.1.2.1. Définition et modélisation

L'organogenèse est la formation et le développement des organes à partir de mécanismes d'agencement des cellules meristematiques. Ces cellules d'un tissu jeune sont capables de se multiplier et de se différencier pour engendrer différents types d'organes. En effet, chaque axe d'une plante est créé à partir d'un méristème dit apical, qui peut donner naissance à des méristèmes axillaires. Parfois même, le méristème apical meurt et est alors relayé par un méristème axillaire (croissance sympodiale). La mise en place des organes est modélisée de manière discrète. Après l'expression d'un signal (début du cycle), les apparitions se font par cohortes pour reproduire la réalité botanique.

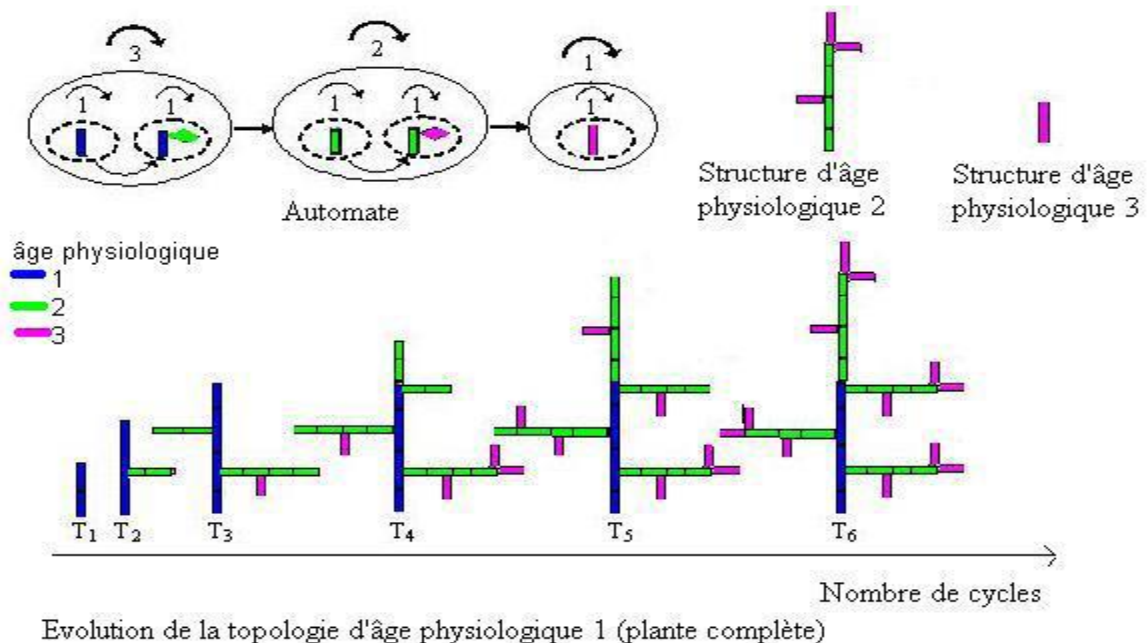
La modélisation de l'organogenèse traduit par des règles de construction le fonctionnement meristematique d'un point de vue macroscopique. En effet, les différenciations morpho génétiques d'un méristème qui sont visibles au niveau microscopique sur la forme des cellules s'expriment par des axes aux propriétés différentes (par exemple l'orthotropie ou la pléiotropie). De nombreux travaux ont été faits sur la distinction des différents types d'axes dans la plante. Hallé a défini 24 modèles architecturaux (**Halle et al. 1978**) basés sur le fonctionnement de l'ensemble des méristèmes de la plante : croissance définie ou indéfinie, différenciation (sexuel ou végétatif, axes orthotropes ou plagiotropes),... Nous caractérisons ces axes grâce à la notion d'âge physiologique (**Barth élémy et al. 1997**), qui permet d'attribuer aux axes différentes propriétés selon le degré de différenciation.

Différentes méthodes ont été développées pour représenter l'organogenèse au niveau macroscopique. Plusieurs types de grammaires (**Kurth, 1994a**) et plus spécifiquement des L-systèmes ont largement été employés (**Prusin kiewicz, 1998**).

Une autre méthode est décrite dans (**Blaise et al. 1998**). Elle est basée sur la notion d'axe de référence, un axe théorique formé par la succession des états possibles d'un bourgeon (son évolution progressive de la naissance à la mort en passant par différentes étapes de vieillissement, caractérisées par un âge physiologique). Un automate est défini comme l'ensemble fini des états constituant l'axe de référence, et l'ensemble des fonctions d'évolution qui permettent le passage d'un bourgeon d'un état dans un autre. Le système de cet axe fini est suffisant pour déterminer la croissance organogénétique de l'arbre.

Dans GreenLab a été défini un automate à double échelle (Zhao et al. 2003) : chaque unitéde croissance apparait avec des bourgeons qui vont mettre en place des organes selon des règles prédéfinies. Sur la figure .II.2, nous voyons la modélisation de la topologie d’une plante a trois âges physiologiques grâce a un automate double échelle. Les âges physiologiques 1, 2, 3 sont respectivement représentés en bleu, vert et rose. Les règles d’organogenèse sont définies par l’automate : une unité de croissance du tronc comporte deux métamères (un sans axillaire, et un avec un axillaire d’âge physiologique 2), elle peut être répétée trois fois avant que le bourgeon terminal ne se transforme en un bourgeon d’âge physiologique 2. Ce phénomène est appelé la mutation : un bourgeon peut se métamorphoser en un bourgeon d’un autre âge physiologique, soit à cause des on vieillissement, soit en cas de stress.

Récemment, une méthode dite de «sous-structure », basée sur les similarités internes d’une plante, a été implémentée dans le modèle GreenLab, et permet de réduire considérablement les temps de construction d’une plante (Yan et al. 2002).Elle a été écrite sous forme de grammaires dans (Reffye (de) et al. 2003).



**Figure. II. 2:**Exemple d’automate double-échelle et l’evolution de la topologie de la plante Correspondante entre les cycles 1 et 6(Reffye (de) et al. 2003).

Une plante peut être décrite par différents types de structures (**Godin, 2000**). Dans Le modèle GreenLab, la plante est vue comme la répétition d'un certain nombre de composants (éléments constitutifs), et la croissance est traduite par la modification des liens les unissant (structure topologique).

### II.3.1.2.2 Éléments constitutifs de la plante

La construction de l'organogenèse d'une plante est la mise en place successive des différents organes. Dans le modèle GreenLab, les organes sont séparés selon certaines caractéristiques que nous allons définir dans ce paragraphe. «L'analyse architecturale des arbres montre que, quelle que soit sa complexité, un organisme végétal peut être décomposé, à tout moment, en structures élémentaires» (**Barth elemy et al. 1997**). Dans (**Reffye (de) et al. 2003**), celles-ci sont reprises comme entités de base d'une plante dans le modèle : organes (feuilles, entrenœuds), unités de croissance (voir figure II.3).

Dans notre version du modèle, les organes de base, à partir desquels la construction de la plante se fait, sont les bourgeons. Le début d'un cycle est marqué par l'éclosion de ces bourgeons : chacun d'eux donne naissance à une unité de croissance qui est elle-même une succession de métamères de différents types. Un métamère est l'unité élémentaire de la plante. Selon la définition donnée dans (**White, 1979**), il est composé d'un

Organe entrenœud (section de tige entre deux nœuds) qui porte des organes latéraux :

- Feuilles : le nombre de feuilles par nœud est une constante botanique de la plante,
- Fruits,

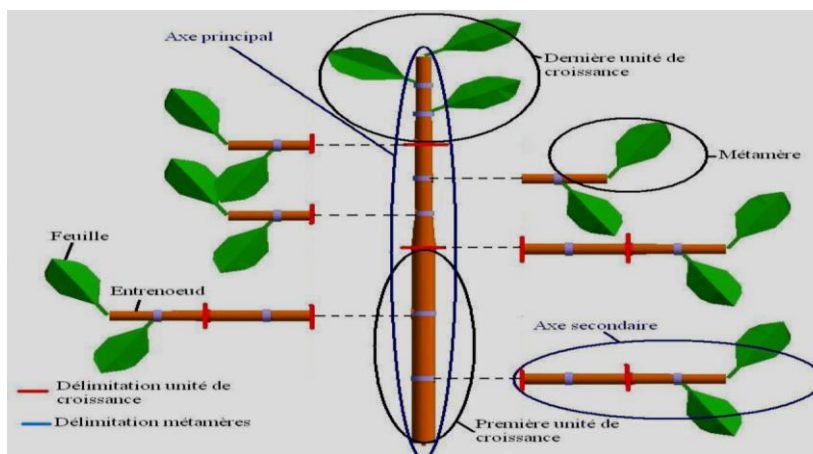


Figure. II.3: Organes sur une plante de 3 cycles (**White, 1979**).

### II.3.1.3. Photosynthèse

La photosynthèse est le phénomène caractéristique des plantes par lequel le dioxyde de carbone de l'air et l'eau du sol sont transformés en assimilât (sucres) grâce à l'énergie fournie par le soleil. Au niveau de la feuille, la sève brute devient la sève élaborée en se chargeant des assimilât qui sont redistribués dans les autres organes. Dans GreenLab, un modèle de calcul du fonctionnement photosynthétique de la plante est ajouté sur la structure topologique construite par les règles de l'organogenèse (paragraphe 1.3). Pour cela, plusieurs hypothèses éco-physiologiques ont été posées (**Kang et al, 2004**).

### II.3.1.4. Morphogenèse

La morphogenèse est l'ensemble des règles qui sont à l'origine de la forme observée de la plante. Celle-ci a une influence sur le comportement de la plante, par exemple la forme d'une feuille influe sur la quantité de biomasse qu'elle produit. Nous détaillons dans ce paragraphe :

- Le calcul des dimensions de ces organes à partir de leurs volumes ;
- La détermination de la position géographique de ces organes, afin de les situer dans l'espace en trois dimensions (règles géométriques) (**Chelle, 2005**).

#### II.3.1.4.1. Dimensions des organes

Comme nous l'avons précisé ci-dessus, chaque organe reçoit une certaine proportion de la matière produite par la plante. Nous raisonnons en matière fraîche et nous supposons en général que la densité des organes est de 1g/cm<sup>3</sup> : le volume d'un organe est donc égal en valeur à sa masse.

Les organes sont représentés par des symboles, de dimensions variables :

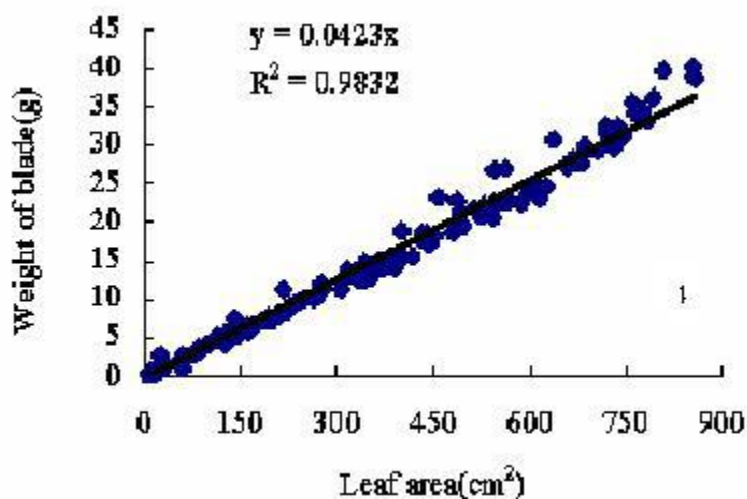
- Un entrenœud de volume  $q$  à son apparition est représenté par un cylindre de hauteur  $h$  et de section de surface  $s$  suivant les relations d'allométrie suivantes :

$$\begin{cases} h = \sqrt{bq} \frac{1 + \beta}{2} \\ s = \sqrt{\frac{1}{b} q} \frac{1 - \beta}{2} \end{cases}$$

b et  $\beta$  sont des paramètres qui varient selon l'âge physiologique. Ensuite, s'il y a de la croissance secondaire, les cernes sont ajoutées en couches concentriques, dont les diamètres interne et externe dépendent de celui de l'entreœud avant le dépôt, et de la quantité de matière ajoutée.

- Les dimensions des pétioles suivent les mêmes règles que celles des entreœuds.
- Le limbe d'une feuille est d'épaisseur constante : sa surface est donc proportionnelle à son volume. En général, nous présumons que toutes les feuilles d'une plante ont la même épaisseur, ce que confirment les expériences (voir sur le tournesol, figure II.4), mais nous pouvons imposer l'épaisseur d'une feuille selon son cycle d'apparition. Nous supposons de plus qu'il n'y a pas de croissance en épaisseur.

Nous pourrions cependant L'implémenter à l'aide de règles d'allometries, pour déterminer les accroissements en épaisseur et en surface des feuilles à partir de la matière reçueà chaque cycle. Laforme de la surface d'une feuille est représentée par différents symboles normalises, qui dépendent de l'arbre modélise(Caraglio et Barthélémy, 1997).



**Figure. II. 4** :Relation entre la masse et la surface pour les feuilles d'un tournesol (Guo et al. 2003).

### II.3.1.5. Nouvelle définition du cycle

Le cycle de croissance du modèle peut être décomposé en plusieurs étapes distinctes :

- Apparition des organes qui étaient préformes dans un bourgeon ;
- Production de biomasse par photosynthèse ;
- Répartition de cette biomasse dans les nouveaux organes (**Bouchon et al, 1997**).

### II.3.2. Le modèle PBM et FSPM

Les modèles qu'on explore dans cette thèse font partie des modèles dits PBM (processbased) et des modèles dits FSPM (functional-structural plant model). Les PBMs ont été les premiers modèles conçus pour simuler les processus physiologiques de sorte à pouvoir faire le bilan du métabolisme de la croissance des plantes en terme de biomasse par surface unitaire au champ.

Dans la plupart des PBMs, le taux de croissance des plantes est calculé en fonction de la radiation interceptée; puis des règles sont définies pour la répartition incrémentale de cette croissance sur les différents compartiments végétaux, en fonction des différents facteurs qui régulent la croissance (e.g. la température, Les substances nutritives, l'eau, la concentration ambiante de CO<sub>2</sub> (**Bouman et al. (1996), Marcelis et al. (1998), Van Ittersum et al. 2003**)).

Les FSPMs ont été développés à partir des années 60 (**Borchert and Honda (1984)**). Ces modèles décrivent explicitement le développement au cours du temps de l'architecture et la mise des différents organes constitutifs des plantes, en interaction avec les processus physiologiques (**Hanan and Prusinkiewicz (2008)**).

Les FSPM considèrent que la régulation de la croissance des plantes régie par les facteurs environnementaux passe non seulement par leurs fonctions physiologiques (par exemple photosynthèse, transpiration, allocation de l'azote), mais aussi par leurs structures (avortement ou débournement des bourgeons, durée de survie des organes ou des branches, la forme et l'orientation des organes).

De plus, ces adaptations structurèrent les modifient leur tour les conditions (par exemple l'interception lumineuse) influant sur les fonctions physiologiques.

Ainsi, ce type de modèles permet de modéliser ces rétroactions complexes entre le développement structural et la physiologie de la plante. De plus, ces rétroactions peuvent être traitées soit au niveau local des organes individuels soit au niveau de la plante en tant qu'entité. Chacune de ces deux familles de modèles permet d'aborder différents types d'objectifs.

Les PBMs classiques simulent la croissance des cultures à l'échelle de l'unité de surface, tandis que les FSPMs ont pour unité de base de modélisation les organes et simulent la croissance de plantes individuelles. Les FSPMs peuvent permettre également de modéliser la compétition entre différentes plantes voisines. (**Feng,2011**) propose une possibilité de modélisation qui illustre cet avantage.

Comme ils n'intègrent pas de représentation de l'architecture des plantes, les PBMs contiennent généralement moins de paramètres, ils nécessitent donc moins de données pour la calibration. Ainsi, la robustesse des PBMs leur garantit a priori une meilleure capacité prédictive, en particulier (**Baey et al. 2012**) donne un aperçu sur ce point en comparant différents modèles FSPMs et PBMs.

Dans les deux cas, il s'agit de modèles dynamiques pouvant s'écrire sous une forme générique exprimant l'état du système au temps  $t + \Delta t$  à partir de l'état du système au temps  $t$  et du taux de croissance de la plante durant le pas de temps  $\Delta t$ .

Ainsi, lorsqu'on construit un modèle de plante-sol en couplant un modèle de plante avec un modèle de sol, on est amené à choisir un modèle de plante donc a fortiori la famille de modèles à laquelle il appartient.

D'un point de vue théorique, il est intéressant d'intégrer un modèle FSPM dans le système sol-plante-atmosphère pour élucider l'impact du stress hydrique sur le développement structural de la plante et plus particulièrement sur certains organes comme les fruits. Sur cet aspect l'on peut parier qu'un FSPM peut se révéler plus performant qu'un PBM concernant la prédiction de l'indice de récolte, maillon faible des PBMs.

Ce choix pourrait aussi être plus adapté à certains objectifs spécifiques comme l'étude de la compétition entre les plantes individuelles.

Cela contribuerait certainement à apporter un peu plus de fonctionnalité dans les PBMs concernant les relations entre densités et indices foliaires (LAI) maximaux (**Mailhol et al. 2011**).

Cependant, si l'étude a traité l'effet global du stress à l'échelle du champ de culture, un PBM pourra fournir suffisamment d'information sur le développement de la culture en place par le biais de son LAI moyen par exemple. Pour calibrer et valider un modèle de sol-plante-atmosphère modélisant l'impact du stress hydrique, il est préférable de disposer des données relatives à plusieurs traitements d'irrigations.

Etant donnée la lourdeur relative au calage et la validation d'un FSPM liée à son grand nombre de paramètres (**Courne de et al. 2011**), pour un objectif bien défini (rendement et LAI par exemple), il apparaît plus réaliste de valider un FSPM à partir d'un PBM lorsque ce dernier c'est montre performant sur les différents traitements.

#### **II.4.Méthodologie d'implantation et d'exploitation du modèle d'offre produit-processus**

Nous proposons une méthodologie d'implantation et d'exploitation du modèle d'offre produit-processus présenté dans la section précédente. Cette méthodologie est composée de 5 phases :

- [Phase 1] Initialisation ;
- [Phase 2] Spécialisation ;
- [Phase 3] Implémentation ;
- [Phase 4] Exploitation ;
- [Phase 5] Maintien et actualisation ;
- Cette section détaille chacune des phases de cette méthodologie.

**II.4.1. [Phase 1] Initialisation**

Cette première phase permet d'identifier les interlocuteurs au sein de l'entreprise, de comprendre les attentes et le fonctionnement de l'entreprise, et enfin de définir un périmètre d'étude et de proposer un planning de déploiement de l'outil logiciel OPERA. Cette phase d'Initialisation se décompose en trois étapes successives.

- Identification des acteurs ;
- Analyse de l'existant ;
- Cadrage initial.

**II.4.2. [Phase 2] Spécialisation**

L'objectif de cette seconde phase est de formaliser la connaissance des experts de l'entreprise. Cette phase de Spécialisation décrit comment passer du modèle générique d'offre présenté précédemment à un modèle spécifique à une entreprise.

Cette phase se décompose en quatre étapes successives. Une boucle de retour montre que la construction du modèle se fait de façon itérative.

- Identification des offres ;
- Exploration des offres ;
- Modélisation des offres ;
- Formalisation de la connaissance.

**II.4.3. [Phase 3] Implémentation**

Cette troisième phase a pour objectif l'implémentation du modèle spécifique à une entreprise dans le logiciel OPERA. Cette phase d'Implémentation se décompose en cinq étapes successives.

- Paramétrage ;
- Remplissage de la base de cas ;
- Tests et validation ;
- Actualisation du PRAO ;
- Formation.

#### II.4.4. [Phase 4] Exploitation

Cette quatrième phase détaille l'utilisation du modèle spécifique implémenté. Cette phase d'Exploitation se décompose en trois étapes. Les étapes d'Élaboration d'offre et de Suivi d'une affaire peuvent se dérouler en parallèle, de façon indépendante. Suite à l'une ou l'autre de ces deux étapes, l'étape d'Identification des informations à capitaliser sous forme de connaissance peut être effectuée.

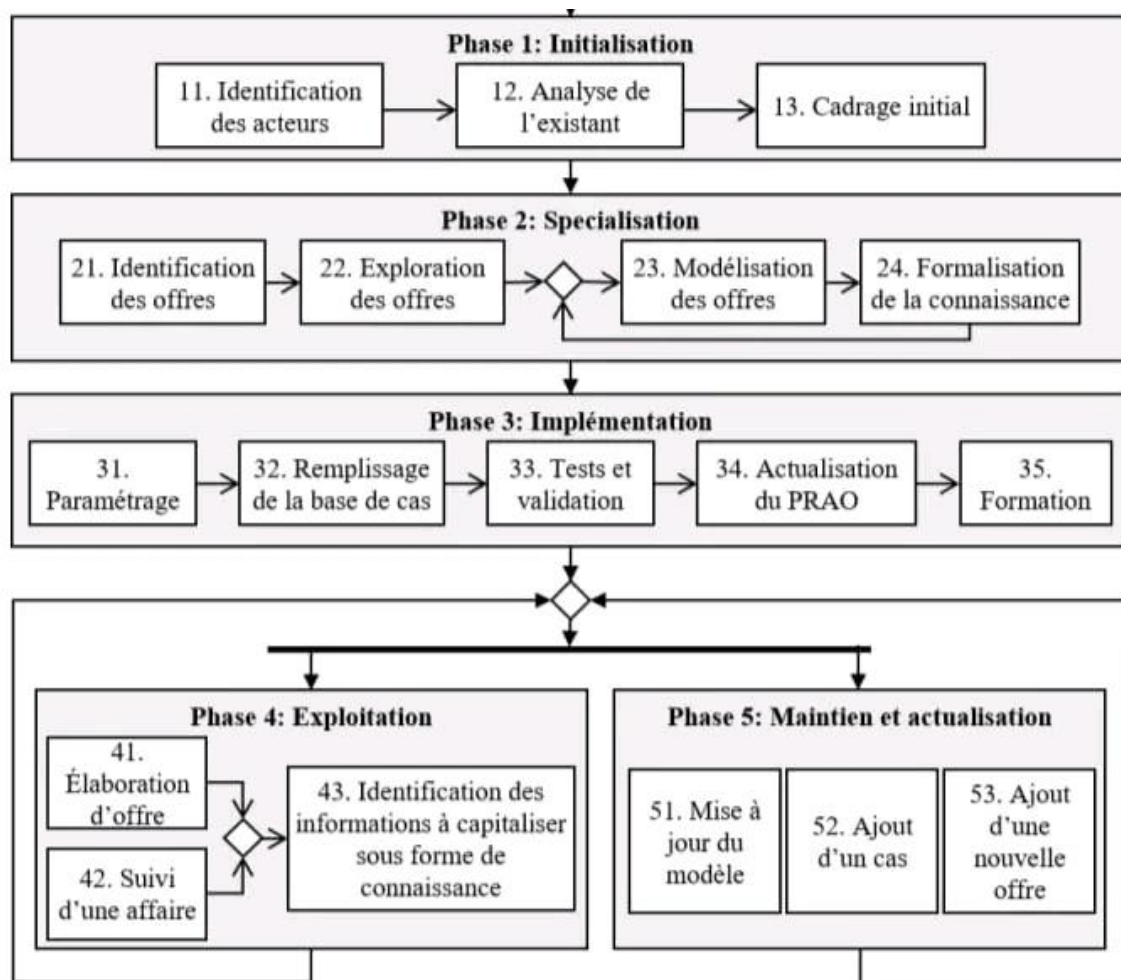
- Élaboration d'offre ;
- Suivi d'une affaire ;
- Identification des informations à capitaliser sous forme de connaissanceLors.

#### II.4.5. [Phase 5] Maintien et actualisation

Cette cinquième et dernière phase peut se dérouler en parallèle de la phase 4 d'Exploitation et permet l'actualisation du modèle. Cette phase de Maintien et actualisation se décompose en trois étapes distinctes pouvant se dérouler indépendamment les unes des autres, en parallèle si besoin, en fonction des besoins d'actualisation.

- Mise à jour du modèle ;
- Ajout d'un cas ;
- Ajout d'une nouvelle famille d'offres.

Ainsi, la méthodologie d'implantation et d'exploitation du modèle d'offre produit permet de couvrir l'ensemble des étapes nécessaires à la bonne utilisation du modèle d'offre produit processus par une entreprise industrielle.(**DELPHINE Guillon,al 2019**)



**Figure .II.5.** Méthodologie d’implantation et d’exploitation du modèle d’offre produit processus (DELPHINE Guillon, al 2019).

### II.5.L’analyse ANOVA

Lanalyse ANOVA c’est l’analyse anjeu dans notre mémoire, cette analyse se base sur le principe du plan expérimental factoriel afin de déterminer l’effet de plusieurs facteurs. Le principe est de définir un certain nombre de niveaux pour les paramètres à analyser et de construire un plan expérimental comprenant l’intégralité des combinaisons possibles (Frey et Patil,2002).

Pour un cas de K facteurs ayant chacunn modalités, il y’a donc nK scénarios d’entrée possibles et après simulation Nk sorties du modèle (Frey et Patil,2002).

L'analyse de variance sera basée sur la décomposition de la variabilité de la réponse et les contributions de chacun des facteurs. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de prendre en compte facilement les interactions entre facteurs ce qui permettra d'évaluer également leur contribution. L'intérêt est alors de comparer la contribution des différents facteurs à la variabilité totale. Cela peut être fait en calculant les indices de sensibilités par ANOVA en divisant la somme des carrés des écarts obtenue pour chaque facteur par la variabilité totale (**Frey et Patil, 2002**).

$$S_i = \text{SCE}_i / \text{SCE}_{\text{Tot}}$$

A noter que  $\text{SCE}_i$  peut représenter la somme des carrés des écarts associée à un facteur mais aussi à l'interaction entre deux facteurs (**Frey et Patil, 2002**).

## II.6.Exemple des modèles des cultures et leur utilisation

De nombreux modèles ont été créés ou sont en cours de création dans les domaines de l'agriculture et de l'environnement pour répondre aux problématiques actuelles. Il n'existe pas de modèle universel dans le domaine de l'agriculture (**Sinclair, 1996**).

Cependant, certaines cultures ont bénéficié de par le passé de beaucoup plus d'attention que d'autre, comme les céréales par exemple, à cause du besoin de produire plus et mieux. Cependant, les légumineuses attirent de plus en plus l'attention de la recherche, du fait de leurs potentialités (**Sinclair, 1996**).

### Le modèle de culture de petits pois AFISOL

Le modèle AFISOL est un modèle de culture de pois mixte agronomique intégrant à la fois les impacts environnementaux et des éléments de l'itinéraire technique. AFISOL a été élaboré sous Excel (**vocanson, 2006**).

Ce modèle simule le rendement (en quintaux de graines par hectare) et les composantes du rendement (le nombre de grains et le poids d'une graine) ce sont les variables de sortie du modèle. Il prend en variables d'entrée d'une part les données du climat et du sol et d'autre part des données des techniques culturales (date de semis, irrigation) (**vocanson, 2006**).

Pour simuler le rendement, AFISOL simule le fonctionnement de la culture (phénologie, l'enracinement, la croissance aérienne, l'accumulation d'azote) pendant tout le cycle de la culture (du semis à la récolte). Il tient compte de la réaction de la culture face à différents stress : les stress thermique, hydrique ainsi que ceux liés à l'azote et au tassement du sol (**vocanson, 2006**).

Les valeurs simulées par AFISOL ont été comparées aux valeurs observées dans diverses conditions de croissance : deux sites défèrent, deux cycles de culture, trois types de cultivar (deux variétés de pois de printemps et une variété de pois d'hiver), sur sol compacté et non compacté (**jeuffroy et al, 2012**). Il a été obtenu un le RMSE (Root Mean Square Erroe) du modèle pour le rendement en grain de 800 kg/ha, ce qui représente 12 % des mesures moyennes, allant de 4800 kg/ha à 770kg/ha(**vocanson, 2006**).

Ce modèle est très utile surtout dans le contexte actuel de changement climatique ou on observe un réchauffement continu de la planète pour comprendre les impacts de ces changements sur la culture de pois et essayer de l'y adapter. Cependant, la version sous Excel ne facilite pas l'utilisation du modèle (**vocanson, 2006**).

### **Prospectifs**

Nous avons présenté dans ce chapitre la modélisation numérique dans le domaine agronomique et on a défini les principales modèles de croissance des plantes (le modèle Green Lab et PBM et FSPM) et présenté la méthodologie pour élaborer un modèle, on a aussi donné certain exemples des modèles utiliser dans le domaine agronomique tell que AFISOL.

*Chapitre III*

*Partie*

*expérimental*

### **III. Partie Expérimentale**

#### **III.1. Site d'expérimentation**

Ce travail a été réalisé au niveau de la serre ,et de laboratoire de chimie du sol de l'université de 20aout 1955 à Skikda ,faculté des sciences ,département d'agronomie, la serre est équipée d'un ventilateur électrique qui aide à contrôler des facteur tels que la chaleur, l'humidité et l'éclairage, de sorte qu'elle soit adaptée au type de plante cultivée. Et ce laboratoire est constitué de plusieurs appareils pour étudier et analyser les sols telles que PH mètre, la conductimètre, la balance, les échantillons étudiant sont placée sur la même condition exemple : la température, la lumière, et humidité.

#### **III.2. Matériel utilisée**

##### **III.2.1. Matériel de la serre**

- Pot ;
- Sol ;
- Arroseur.

##### **III.2.2. Matériel de laboratoire**

- Conductimètre ;
- PH-mètre ;
- Balance numérique ;
- Pipete ;
- Pissette ;
- Pulvérisateur à main ;
- Becher.

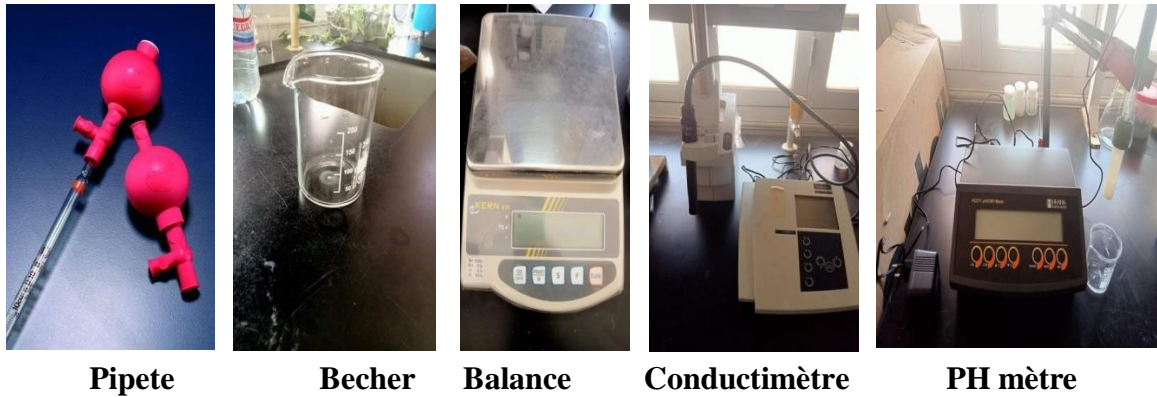


Figure.III.1:Les matériels de laboratoire.

### III.2.3. Les substrats

- L'eau de puits ;
- Solution nutritif (Extrait de saule solution satcylique 80%) ;
- Solution nutritif (Extrait de levure solution phisphoreuse 50 %).

### III.2.4. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composée de petit pois variétés de Musca, Kranta, Kalvedon (pisumsativum) traité par produit du Thiran.

#### III.2.4.1. Caractéristique des variétés de petit pois

Le petit pois est une plante dicotylédone, grimpante herbacée annuelle, famille des fabacées (légumineuses) à cycle court, faculté germinative 2 ans, le semis : février- mars, réalité : juin.

Le petit pois est très sensible au mildiou, l'oïdium et l'antracnose et résiste à la chaleur.

### III.3. Méthode

#### III.3.1. Conduite de l'expérience

Nous mettons les graines de pois dans des récipients en plastique (36pots) contenant du sol et la culture est effectuée dans la maison en plastique.

À une température moyenne (25°C) nous avons planté des pois (Musca, Kranta, kalvedon) manuellement le 06/03/2022 dans des conditions appropriées.

Les pois ont germé pour la première fois sur 14/03/2022.



**Figure.III.2 :** Schéma culture du pois (1<sup>ère</sup> semaine).



**Figure.III.3 :** Schéma croissance des plantes de pois (2<sup>ème</sup> semaine).

### III.3.2. Le protocole expérimental

D'abord nous avons germé les grains de petit pois de taille :

- Musca : 0.2 g ;
- Karonta : 0.2 g ;
- Kalvedon : 0.2g.

Nous avons étudié 3 variétés de pois ou :

- V<sub>1</sub> : Musca ;
- V<sub>2</sub> : Karant ;
- V<sub>3</sub> : kalvedon.

En trois cercles pour que chaque variété se répète quatre fois.



**Musca**

**Karanta**

**kalvedon**

**Figure.III.4** : Schéma variétés des graines de petit pois.

Les plants de pois sont cultivés manuellement à une température moyenne de 25°C. Nous avons mis en place des tests en trois répétitions dans des conteneurs en plastique et après la plantation des céréales le 14 mars 2022 nous avons obtenu des petits plants de pois. Arrosé chaque semis avec 50 ml d'eau, et le processus semaine avec de l'eau spécifique.

Après 30 jours, des plants de pois ont été cultivés avec une longueur moyenne de 4 cm, chaque plant a été arrosé avec de l'eau et le premier extrait naturel (saule) et un deuxième extrait naturel (levure) à différentes doses.

- 1<sup>ère</sup> teste : Les semis sont arrosés avec 150ml d'eau dans chaque récipient en plastique ;
- 2<sup>ème</sup> Arroser les semis avec 50ml du premier extrait naturel de saule et 100ml dans chaque récipient en plastique ;
- 3<sup>ème</sup> Nous avons arrosé les semis avec 25ml d'extrait naturel de levure, et 100ml d'eau dans chaque récipient en plastique ;
- La conductivité, la salinité, la température, PH, et l'acidité de la solution d'extrait naturelle ont été mesurées avant d'être placées dans la culture ;
- Après avoir planté des pois dans des contenants en plastique et deux semaines plus tard, nous avons suivi l'évolution de la taille des tiges des jeunes cultures et du nombre( de feuilles, écailles, stipules, vrilles) avant et après l'application de la solution d'extrait naturel ;
- à la fin de l'expérience, nous comparerons les trois cultures d'essais, et l'expérience qui donne le meilleur résultat et nous construisons un modèle mathématique.



**Figure.III.5:** Schéma développement de la croissance des plants de petit pois.

#### IV.4. Facteurs étudiés

L'objectif de ce travail est la valorisation la solution nutritionnelle (extrait naturel et son effet sur la croissance et le développement du pois (*Musca Kranta Kalvedon*) pour suivre la croissance et le développement de la plante de pois, puis de modéliser le meilleur résultat, et c'est de compter les caractères les connaître :

✚ la hauteur de tige ;

Le Nombre de :

- Feuilles ;
- Ecaïttes ;
- Stipules ;
- Vrilles ;
- Fleur et fruit de pois ;
- Masse.

✚ PH;

✚ Conductivité;

✚ Salinité.

### III.5. Analyse des données

Les milieux de teste ont été comparés pour connaitre l'effet de la solution nutritive (phosphate, salicylique) sur la croissance et la biomasse des plants de pois, et si l'eau du puits contient tous les nutriments et qu'il n'est pas nécessaire d'ajouter une solution nutritive (phosphate salicylique) pour comparer les différents paramètres mesurés.

- La moyenne =  $\bar{X} = \sum X_i / n$ .
- La variance =  $\text{var}(x) = \sum (\bar{X}_i - X)^2 / n-1$ .
- L'écart type =  $\delta \sqrt{\text{var}(X)} = \sqrt{\sum X_i - X)^2 / n-1}$ .

*Chapitre IV*

*Résultats et*

*discussion*

## IV. Résultats et discussion

### IV.1. Observation sur les plantes des trois essais

Nous avons suivi les plantes des petit pois durant un mai on a mesuré la taille des tiges et le nombre des :

- ❖ Feuilles ;
- ❖ Ecaïttes ;
- ❖ Stipules ;
- ❖ Vrilles ;
- ❖ Fleur et Fruit de pois.

Et durant cette période nous avons remarqué certains variation au cours de la phase de croissance, notre observations sont comme ce de suite :

#### IV.1.1. Observation sur les tiges

##### IV.1.1.1. Observation V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>

Les tiges sont de taille très petite de [2-4] cm pour la 1<sup>ère</sup> semaine (21/03/2022) dans les trois cercles.



L'eau de puite



Dose 1



Dose 2

**Figure .IV.1:** L'observation de la tige dans les trois essais pour la 1<sup>ère</sup> semaine (trois variétés).

Jusqu'à la fin de 8<sup>ème</sup> semaine (24/04/2022) on arrivé aux tiges plus grands et nombreux moyennement.

- ❖ 1<sup>ère</sup> essai : 20cm ;
- ❖ 2<sup>ème</sup> essai : 23cm ;
- ❖ 3<sup>ème</sup> essai : 25 cm. (Dans les trois variétés).



L'eau de puite

Dose 1

Dose 2

**Figure. IV.2** :L'observation de la tige dans les trois essais pour le 8<sup>ème</sup> semaine (trois variétés).

## IV.1.2. Observation sur les feuilles

### IV.1.2.1. Observation V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>

Pour la 1<sup>ère</sup> semaine : les feuilles sont de taille très petite et de nombre faible moyennement de 3 feuilles.

Pour la 1<sup>ère</sup> semaine (21/03/2022) jusqu' à la fin de 8<sup>ème</sup> semaine (24/04/2022) on arrivé aux feuilles plus grands et nombreux moyennement de :

V<sub>1</sub> → (6, 8,10) ;

V<sub>2</sub> → (7, 8,7) ;

V<sub>3</sub> → (7, 8,9).

Nous constatons aussi que les feuilles prennent des couleurs variables dans les 03 essais :

- Couleur vert foncé pour les cultures de l'essai 1 de 50ml (extrait de saule).
  - Couleur vert clair pour les cultures de l'essai 2 de 25 ml (extrait de levure).
- ❖ 1<sup>ère</sup> essai : 6 feuilles ;
  - ❖ 2<sup>ème</sup> essai : 9 feuilles ;
  - ❖ 3<sup>ème</sup> essai : 10 feuilles. (dans les trois variétés).



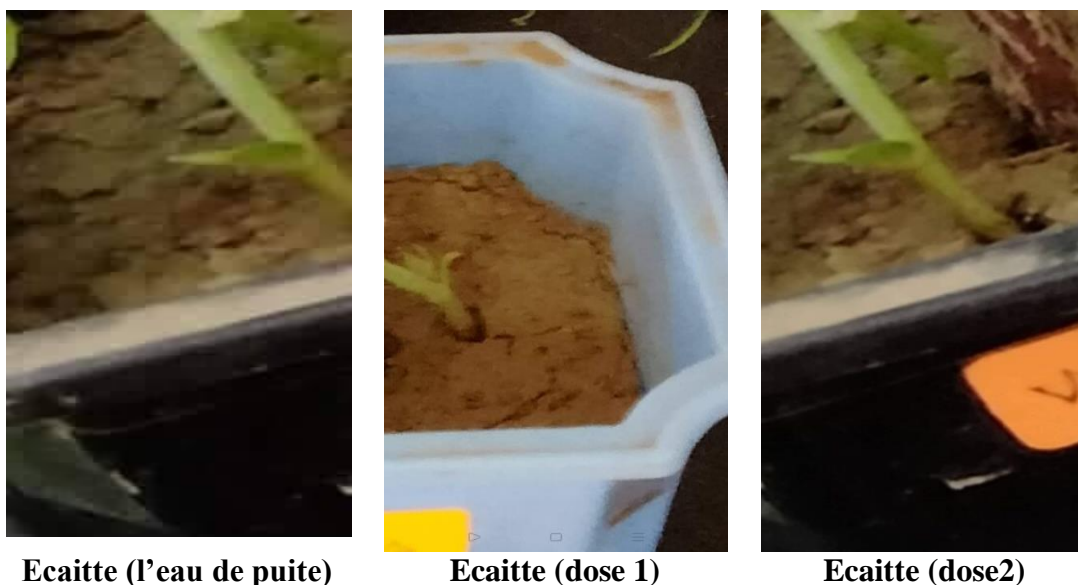
**Figure. IV.3** : La couleur des feuilles de culture dans les trois essais de petit pois.

### IV.1.3. Observation sur les écailles

#### IV.1.3.1. Observation V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>

Les écailles sont de taille très petit et de nombre faible moyennement de 1 écaille pour la 1<sup>ère</sup> semaine (21/03/2022) (dans les trois cercles), jusqu'à la fin de 8<sup>ème</sup> semaine (24/04/2022) on arrivé aux écailles plus grands et nombreux moyennement.

- ❖ 1<sup>ère</sup> essai : 2 écailles :
- ❖ 2<sup>ème</sup> essai : 2 écailles ;
- ❖ 3<sup>ème</sup> essai : 2 écailles. (Dans les trois variétés).



**Figure .IV.4** : La taille et le nombre des écaïttes dans les trois essais de petit pois.

#### IV.1.4. Observation sur les stipules

##### IV.1.4.1. Observation V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>

Les stipules sont de taille très petit et de nombre faible moyennement de 1 stipules pour la 1<sup>ère</sup> semaine (21/03/2022) dans les trois cercles, jusqu'à la fin de 8<sup>ème</sup> semaine (24/04/2022) on arrivé aux stipules plus grands et nombreux moyennement dans les trois cercles.

- ❖ 1<sup>ère</sup> essai: 8 stipules;
- ❖ 2<sup>ème</sup> essai: 9 stipules ;
- ❖ 3<sup>ème</sup> essai: 9 stipules. (Les trois variétés).



Stipule (l'eau de puite)

Stipule (dose1)

Stipule (dose2)

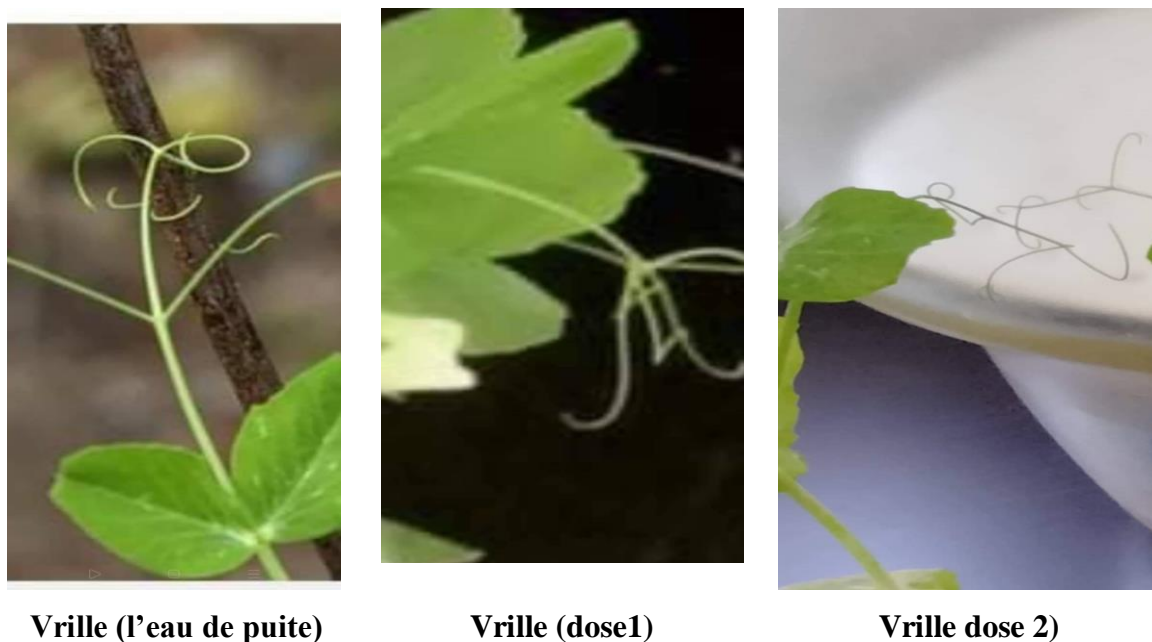
**Figure. IV.5 :** La taille et le nombre des stipules dans les trois essais de petit pois.

#### IV.1.5. Observation sur les vrilles

##### IV.1.5.1. Observation V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>

Les vrilles sont de taille très petit et de nombre faible moyennement de 1 vrilles pour la 1<sup>ère</sup> semaine (21/03/2022) (dans les trois cercles), jusqu'à la fin de 8<sup>ème</sup> semaine (24/04/2022) on arrivé aux tiges plus grands et nombreux moyennement.

- ❖ 1<sup>ère</sup> essai: 7 vrilles ;
- ❖ 2<sup>ème</sup> essai: 10 vrilles ;
- ❖ 3<sup>ème</sup> essai: 9 vrilles. (Les trois variétés).



Vrille (l'eau de puite)

Vrille (dose1)

Vrille dose 2)

**Figure. IV.6 :** La taille et le nombre des vrilles dans les trois essais de petit pois.

#### IV.1.6. Observation sur la masse

##### IV.1.6.1. Observation $V_1$ , $V_2$ , $V_3$

La masse du grain lors de la plantation est de 0.2 g au cours de la première semaine (24/03/2022) dans les trois cercles 0.6g jusqu'à la fin de 8<sup>ème</sup> semaine (24/04/2022) .la masse de la plante a augmenté pour 3.19 g dans les trois cercles.

#### IV.1.7. Observation sur les fleurs et les fruits

A la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine nous avons remarqué les cultures de l'eau puits fleuri sans fruit est les cultures de extrait  $D_1$  (saule) a porté ses fruits, est les cultures de extrait  $D_2$  (levure) plus fructueux. Dans les 3 variétés.



**Figure. IV.7 :** Schéma des fleurs et des fruits dans les trois essais de petit pois.

## IV.2. analyse des résultats

Les résultats relatifs des caractères morphologique de l'ensemble des essais sont présentés par :

### IV.2.1. La taille de tige

#### IV.2.1.1. La taille de tige pour le 1<sup>ère</sup> essai du petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.1) la taille de tige moyenne pour le 1<sup>ère</sup> essai de l'ensemble des répétitions (T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>-T<sub>3</sub>-T<sub>4</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

V<sub>1</sub> : 15.64 cm, la variance 3.40 et l'écart type 1.41 ;

V<sub>2</sub> : 14.79 cm, la variance 4.07 et l'écart type 1.79 ;

V<sub>3</sub> : 12.23 cm, la variance 7.63 et l'écart type 2.46.

**Tableau .IV.1:** La taille de tige pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois (3 variétés)

Essai	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	M
V <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	4.5	9	9	17	19	20	22	23	
V <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	3.6	9	9	17	19	15	21	22	
V <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	3.5	8.5	10	15	20	22	23	24	
V <sub>1</sub> T <sub>4</sub>	4.5	8.5	10	16	20	21	22	23	
$\bar{X}$	4	8.75	9.5	16.25	19.5	19.5	22	23	15.31
VAR	0.33	0.08	0.83	0.91	0.33	9.66	0.66	0.66	1.68
$\Delta$	0.55	0.28	0.91	0.95	0.57	3.10	0.81	0.81	0.99
V <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	4	8.5	11	13	20	21	23	24	
V <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	3.5	8.5	10	13	20	23.5	24	25	
V <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	4	7	6	11	15	20	24	26	
V <sub>2</sub> T <sub>4</sub>	3.5	8	6	10	16	16	20	24	
$\bar{X}$	3.75	8	8.25	11.75	17.75	20.12	22.75	24.75	14.26
VAR	0.08	0.5	6.20	2.24	6.91	9.72	3.58	0.91	3.76
$\Delta$	0.28	0.70	2.48	1.49	2.62	3.11	1.89	0.95	1.69
V <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	3	10	11.5	17	17	18	20	25	
V <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	3	7	8	9	9	10	12	17	
V <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	3	7.5	10	16	15	14	16	23	
V <sub>3</sub> T <sub>4</sub>	3	7	9	13	13	14.5	16.5	23.5	
$\bar{X}$	1	7.87	9.62	13.5	13.5	14.12	16.12	22.12	12.23
VAR	0	2.05	2.22	11.33	11.66	10.72	10.72	12.39	7.63
$\Delta$	0	1.43	1.48	3.36	3.41	3.27	3.27	3.51	2.46

#### IV.2.1.2. La taille de tige pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose01)

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.2) la taille de tige moyenne pour le 2<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions (D<sub>1</sub>-D<sub>1</sub>-D<sub>1</sub>-D<sub>1</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

V<sub>1</sub> : 10.71 cm, la variance 1.04 et l'écart type 0.89 ;

V<sub>2</sub> : 10.25 cm, la variance 05.71 et l'écart type 2.15 ;

V<sub>3</sub> : 10.60 cm, la variance 2.71 et l'écart type 1.69.

Tableau .IV.2 : La taille de tige pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (3 variétés) (dose 1)

Essai	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	M
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3.5	3.5	7	7	10	14	16	20	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	2.5	3	8	6	9.5	15	18	21	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3	3	7.5	9	11	15	18	21	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	4	4	8.5	10	10.5	17	19	21	
$\bar{X}$	3.25	3.37	7.62	8	10.25	15.25	17.25	20.75	10.71
VAR	0.41	0.22	0.28	3.33	0.41	1.58	1.9	0.25	1.04
$\Delta$	0.64	0.46	0.52	1.82	0.64	1.25	1.3	0.5	0.89
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	2	4	8	7	13	17	19	21	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	3	4	6	8	16	13	19	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	3	5	11	12	11	13	18	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	3	9	9	13	16	19	23	
$\bar{X}$	2.75	3.25	6.5	8.25	11.5	13.5	16	20.25	10.25
VAR	0.25	0.25	7.5	4.91	5.66	10.33	12	4.91	5.72
$\Delta$	0.5	0.5	2.78	2.21	2.37	3.21	3.46	2.21	2.15
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	3	5	8	10	13	15	20	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	3	9	7	12.5	12	14	19	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	4	7	10	11	17	19	22	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	3	6	10	10.5	15	19	23	
$\bar{X}$	3	3.25	6.75	8.75	11.12	14.25	16.75	21	10.60
VAR	0	0.14	2.91	2.25	1.24	4.91	6.91	3.33	2.71
$\Delta$	0	0.37	1.70	1.5	1.11	2.21	2.62	1.82	1.69

#### IV.2.1.3. La taille de tige pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose2)

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.3) la taille de tige moyenne pour le 3<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions (D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

V<sub>1</sub> : 13.56 cm, la variance 5.10 et l'écart type 15.76 ;

V<sub>2</sub> : 12.49 cm, la variance 3.75 et l'écart type 1.71 ;

V<sub>3</sub> : 10.94 cm, la variance 2.00 et l'écart type 1.30.

Tableau .IV.3 : La taille de tige pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (3varietés) (dose 2)

Essai	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	M
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	6.5	11	14.5	20	17	18	25	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	8	7	6	13	16	20	20	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	8	12	13	17	18	22	21	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	4	8	10	11	16	16	25	22	
$\bar{X}$	3.25	7.62	10	11.12	16.5	16.75	21.25	23.25	14.84
VAR	0.15	0.56	4.66	13.72	8.18	0.91	8.01	8.91	5.63
$\Delta$	0.38	0.74	2.13	3.70	2.86	0.95	2.83	2.98	2.07
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	4.5	8	10	12	16	16	19	20	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	3	7	11	16	17	17	18	22	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	3	7	7	8.5	14	14	19	24	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	4	6	9	11	16	15	15	27	
$\bar{X}$	3.62	7	9.25	11.87	15.75	15.5	17.75	23.25	14.84
VAR	1.67	0.66	2.91	9.72	1.74	1.66	10.74	8.91	5.63
$\Delta$	1.29	0.81	1.70	3.11	1.31	1.28	3.27	2.98	2.07
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	3	6.5	7	7.5	12	12	18	22	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	3	4.5	8	10	14	16	18	23	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	2	4	6	7	12	16.5	16	22	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	2	4	6	5	13	14	17	19	
$\bar{X}$	2.5	4.75	6.75	7.4	12.75	14.62	17.25	21.5	10.94
VAR	0.33	1.41	0.91	4.23	0.91	4.22	0.99	3	2
$\Delta$	0.57	1.18	0.95	2.05	0.95	2.05	0.99	1.73	1.30

## IV.2.2. Le nombre des feuilles

### IV.2.2.1. Le nombre des feuilles pour la 1<sup>ère</sup> essai de petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV. 4), le nombre des feuilles moyennes pour la 1<sup>ère</sup> essai de l'ensemble des répétitions ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

$V_1 = 6$  feuilles ; la variance 0.91, l'écart type 0.76 ;

$V_2 = 5$  feuilles ; la variance 0.78, l'écart type 0.84 ;

$V_3 = 6$  feuilles ; la variance 1.28, l'écart type 0.64.

Tableau. IV.4: Le nombre des feuilles pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois.

essais	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	moyenne
V <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	3	5	5	6	9	7	8	8	
V <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	3	5	6	6	9	8	8	7	
V <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	3	5	6	7	9	8	7	5	
V <sub>1</sub> T <sub>4</sub>	3	5	6	7	10	8	9	7	
$\bar{X}$	3	5	5	6	9	7	8	8	6
VAR	0	0	1	0.66	0.33	1	0.66	3.66	0.91
$\Delta$	0	0	1	0.81	0.57	1	0.81	1.91	0.76
V <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	4	5	6	6	9	7	8	8	
V <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	3	5	5	8	10	8	9	6	
V <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	3	5	6	8	9	9	8	8	
V <sub>2</sub> T <sub>4</sub>	3	4	5	6	9	8	8	9	5
$\bar{X}$	3	4	5	7	9	8	8	8	6
VAR	0.33	1	0.66	1.33	0.33	0.66	0.33	1.66	0.78
$\Delta$	0.57	1	0.81	1.15	0.57	0.81	0.57	1.28	0.84
V <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	2	5	6	7	8	8	7	8	
V <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	2	3	4	5	5	6	7	8	
V <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	3	4	5	6	7	7	8	7	
V <sub>3</sub> T <sub>4</sub>	2	4	5	6	7	8	9	6	
$\bar{X}$	2	5	5	6	6	7	7	8	6
VAR	0.33	2	0.66	0.66	2.33	1	1.66	1.66	1.28
$\Delta$	0.57	1.41	0.81	0.81	1.52	1	1.28	1.28	1..8

#### IV.2.2.2. Le nombre des feuilles pour la 2<sup>ème</sup> de petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.5) le nombre des feuilles moyennes pour le 2<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions (D<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaine dans les 3 variétés :

$V_1 = 7$  feuilles ; la variance 0.58, l'écart type 0.73 ;

$V_2 = 5$  feuilles ; la variance 0.78, l'écart type 0.85 ;

$V_3 = 6$  feuilles ; la variance 0.33, l'écart type 0.41.

**Tableau. IV.5 :** Le nombre des feuilles pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose1)

Essai	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	Moyenne
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	2	5	5	6	8	8	9	10	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3	4	5	5	7	8	8	9	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3	5	5	6	8	9	9	9	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3	5	6	7	7	8	8	9	
$\bar{X}$	3	5	5	6	7	8	9	10	7
VAR	0.33	0.33	0.33	0.66	0.66	0.33	1	1	0.58
$\Delta$	0.57	0.57	0.57	0.81	0.81	0.57	1	1	0.73
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	2	4	5	6	7	8	9	10	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	4	5	5	8	8	9	9	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	3	4	5	6	7	8	9	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	4	6	6	8	7	8	9	
$\bar{X}$	3	4	5	5	7	8	9	10	5
VAR	0.33	0.33	1.66	0.66	1	0.66	0.66	1	0.78
$\Delta$	0.57	0.57	1.28	0.81	1	0.81	0.81	1	0.85
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	4	5	7	7	8	8	9	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	4	5	6	7	7	8	8	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	4	6	6	7	8	8	8	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	4	6	5	7	7	8	9	
$\bar{X}$	3	4	5	6	7	7	8	9	6
VAR	0	0	0.66	0.66	0	0.66	0	0.66	0.33
$\Delta$	0	0	0.81	0.81	0	0.81		0.81	0.41

#### IV.2.2.3. Le nombre des feuilles pour la 3<sup>ème</sup> de petit pois (dose2)

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.6) le nombre des feuilles moyennes pour le 3<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions (D<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaine dans les 3 variétés :

$V_1 = 6$  feuilles ; la variance 0.49, l'écart type 0.64 ;

$V_2 = 6$  feuilles ; la variance 0.49, l'écart type 0.69 ;

$V_3 = 5$  feuilles ; la variance 0.49, l'écart type 0.64.

**Tableau. IV.6:** Le nombre des feuilles pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose2)

Essai	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	M
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	5	5	7	7	9	9	10	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	4	6	6	8	10	10	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	6	6	6	9	9	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	5	5	6	6	9	9	9	
$\bar{X}$	3	4	5	6	6	8	9	9	6.25
VAR	0	0.66	0.66	0.33	0.33	1	0.33	0.66	0.49
$\Delta$	0	0.81	0.81	0.57	0.57	1	0.57	0.81	0.64
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	6	6	9	8	8	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	6	6	10	9	9	10	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	4	5	8	7	7	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	5	6	8	8	8	9	
$\bar{X}$	3	0	5	6	9	8	8	9	6
VAR	0	0	1	0.33	1	0.66	0.66	0.33	0.49
$\Delta$	0	0	1	0.57	1	0.81	0.81	0.57	0.59
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	5	5	5	6	8	10	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	5	5	5	7	9	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	4	4	4	6	6	8	10	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	3	4	4	4	5	8	9	
$\bar{X}$	3	4	4	4	5	6	8	9	5.37
VAR	0	0.33	0.66	0.66	0.66	0.66	0.33	0.66	0.69
$\Delta$	0	0.57	0.81	0.81	0.81	0.81	...	0.81	0.64

## IV.2.3. Le nombre des écaïttes

IV.2.3.1. Le nombre des écaïttes pour les 1<sup>ères</sup> essais des petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV. 7), le nombre des écaïttes moyennes pour le 1<sup>ère</sup> essai de l'ensemble des répétitions (T<sub>1</sub>- T<sub>2</sub>- T<sub>3</sub>- T<sub>4</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaine dans les variétés :

V1 : 2 écaïttes, la variance 0.28 et l'écart type 0.41 ;

V2 : 1 écaïttes, la variance 0.28 et l'écart type 0.41 ;

V3 : 1 écaïtte, la variance 0.33 et l'écart type 0.57.

**Tableau .IV.7** : Le nombre des écaïttes pour le 1<sup>ère</sup> essai du petit pois

Essai	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	M
V <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	1	1	1	2	2	2	2	2	
V <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1	1	1	2	1	2	2	3	
V <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	1	2	2	2	2	2	1	2	
V <sub>1</sub> T <sub>4</sub>	1	2	2	2	2	2	2	2	
$\bar{X}$	1	1	1	2	2	2	2	2	2
VAR	0	0.66	0.66	0	0.33	0	0.33	0.33	0.28
$\Delta$	0	0.81	0.81	0	0.57	0	0.57	0.57	0.41
V <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	1	1	2	2	2	2	2	2	
V <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	1	1	2	2	2	2	2	2	
V <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	1	2	2	2	2	2	1	1	
V <sub>2</sub> T <sub>4</sub>	1	1	1	1	2	2	1	1	
$\bar{X}$	1	1	2	2	2	2	1	1	1
VAR	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0.66	0.66	0.28
$\Delta$	0	0.57	0.57	0.57	0	0	0.81	0.81	0.41
V <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	2	1	
V <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	2	1	
V <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	2	1	
V <sub>3</sub> T <sub>4</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	
$\bar{X}$	1	1	1	1	1	1	2	1	1
VAR	0	0	0	0	0	0	0.33	0	0.33
$\Delta$	0	0	0	0	0	0	0.57	0	0.57

### IV.2.3.2. Le nombre des écaïttes pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose 1)

Selon les résultats obtenus (tableau. IV. 8) le nombre des écaïttes moyennes pour la 2<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions (D<sub>1</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>-D<sub>4</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés

V<sub>1</sub> : 1 écaïtte, la variance 0.28 et l'écart type 0.41 ;

V<sub>2</sub> : 1 écaïtte, la variance 0.33 et l'écart type 0.49 ;

V<sub>3</sub> : 1 écaïtte, la variance 0.12 et l'écart type 0.21.

**Tableau .IV.8 :** Le nombre des écaïttes pour le 2<sup>ème</sup> essais du petit pois (dose01)

Essai	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	M
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	2	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	1	1	2	2	2	1	2	1	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	2	2	
$\bar{X}$	1	1	1	1	1	1	2	2	1.25
VAR	0	0	0.33	0.33	0.33	0	0.66	0.66	0.28
$\Delta$	0	0	0.57	0.57	0.57	0	0.81	0.81	0.41
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	1	1	2	1	2	1	1	1	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	1	1	2	1	1	1	2	2	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	1	1	2	2	2	2	1	1	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	1	1	1	1	2	2	1	2	
$\bar{X}$	1	1	2	1	2	2	1	2	1.5
VAR	0	0	0.33	0.33	0.33	0.66	0.33	0.66	0.33
$\Delta$	0	0	0.57	0.57	0.57	0.81	0.57	0.81	0.49
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	1	1	1	1	2	1	2	1	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	2	1	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	1	1	2	1	1	1	2	1	
$\bar{X}$	1	1	1	1	1	1	2	1	0.12
VAR	0	0	0.33	0	0.33	0	0.33	0	0.12
$\Delta$	0	0	0.57	0	0.57	0	0.57	0	0.21

### IV.2.3.3. Le nombre des écaïttes pour le 3<sup>ème</sup> essais du petit pois (dose02)

Selon les résultats obtenus (tableau. IV. 9) le nombre des écaïttes moyennes pour la 3<sup>ème</sup> essai de 1<sup>ère</sup> ensemble des répétitions (D<sub>1</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>-D<sub>4</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés

V<sub>1</sub> :2 écaïttes, la variance 0.28 et l'écart type 0.45 ;

V<sub>2</sub> :2 écaïttes, la variance 0.24 et l'écart type 0.42 ;

V<sub>3</sub> :1 écaïtte, la variance 0.12 et l'écart type 0.21.

**Tableau .IV.9 :** Le nombre des écaïttes pour le 3<sup>ème</sup> essai du petit pois (dose 2)

essai	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	M
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1	1	2	2	1	3	2	1	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1	2	2	1	1	2	2	1	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1	2	2	2	1	1	2	2	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1	2	2	2	2	2	1	1	
$\bar{X}$	1	2	2	2	1	2	2	1	2
VAR	0	0.33	0	0.33	0.33	0.66	0.33	0.33	0.28
$\Delta$	0	0.57	0	0.57	0.57	0.81	0.57	0.57	0.45
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	1	2	2	2	2	1	1	1	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	1	2	2	2	2	1	2	1	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	1	1	2	1	1	2	1	1	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	1	1	1	2	2	1	1	1	
$\bar{X}$	1	2	2	2	2	1	1	1	2
VAR	0	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0	0.24
$\Delta$	0	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0	0.42
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	1	1	1	1	2	1	1	1	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	1	1	1	1	2	1	1	1	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	1	1	2	1	2	2	1	1	
$\bar{X}$	1	1	1	1	2	1	1	1	1
VAR	0	0	0.33	0	0.33	0.33	0	0	0.12
$\Delta$	0	0	0.57	0	0.57	0.57	0	0	0.21

#### IV.2.4. Le nombre des stipules

##### IV.2.4.1. Le nombre des stipules pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.10) le nombre des stipules moyennes pour le 1<sup>ère</sup> essai de l'ensemble des répétitions (T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>-T<sub>3</sub>-T<sub>4</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

V<sub>1</sub> : 5 stipules, la variance 0.66 et l'écart type 0.70 ;

V<sub>2</sub> : 5 stipules, la variance 0.58 et l'écart type 0.69 ;

V<sub>3</sub> : 5 stipules, la variance 1.16 et l'écart type 1.00.

**Tableau .IV.10:** Le nombre des stipules pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois

Essai	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	Moyenne
V <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	1	3	3	4	6	7	7	8	
V <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1	3	4	5	6	8	8	8	
V <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	1	3	4	5	7	8	8	9	
V <sub>1</sub> T <sub>4</sub>	1	3	4	5	7	8	8	9	
$\bar{X}$	1	3	3	4	6	7	7	8	5
VAR	0	0	1	1	0.66	1	1	0.66	0.66
$\Delta$	0	0	1	1	0.81	1	1	0.81	0.70
V <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	1	3	4	6	8	8	8	9	
V <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	1	3	4	8	7	8	8	9	
V <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	1	3	4	8	7	9	9	9	
V <sub>2</sub> T <sub>4</sub>	1	2	3	6	6	8	8	8	
$\bar{X}$	1	2	3	7	7	8	8	8	5
VAR	0	1	1	0.33	0.66	0.33	0.33	1	0.58
$\Delta$	0	1	1	0.57	0.81	0.57	0.57	1	0.69
V <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	2	3	6	5	7	8	8	8	
V <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	2	3	4	4	4	5	5	6	
V <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	3	2	5	4	6	7	7	7	
V <sub>3</sub> T <sub>4</sub>	2	2	5	4	5	7	7	7	
$\bar{X}$	2	2	5	4	5	6	6	7	5
VAR	0.33	0.66	0.66	0.33	2	2.33	2.33	0.66	1.16
$\Delta$	0.57	0.81	0.81	0.57	1.41	1.52	1.52	0.81	1.00

#### IV.2.4.2 .le nombre des stipules pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.11) le nombre des stipules moyennes pour le 2<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions (D<sub>1</sub>-D<sub>1</sub>-D<sub>1</sub>-D<sub>1</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

V1 : 5 stipules, la variance 0.16 et l'écart type 0.35 ;

V2 :6stipules, la variance 0.37 et l'écart type 0.51 ;

V3 : 5 stipules, la variance 0.16 et l'écart type 0.24.

**Tableau .IV.11** : Le nombre des stipules pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose1)

Essai	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	Moyenne
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	2	3	3	4	7	8	8	8	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3	3	3	4	6	8	8	9	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3	3	3	4	6	8	8	8	
V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3	3	4	4	6	7	8	8	
$\bar{X}$	3	3	3	4	6	8	8	8	5
VAR	0.33	0	0.33	0	0.33	0.33	0	0.33	0.16
$\Delta$	0.57	0	0.57	0	0.57	0.57	0	0.57	0.35
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	2	2	4	4	6	9	9	9	!
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	3	3	3	6	8	9	9	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	3	3	3	6	9	9	9	
V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	3	3	4	4	6	7	8	9	
$\bar{X}$	3	3	4	4	6	8	9	9	6
VAR	0.33	0.33	0.33	0.66	0	1	0.33	0	0.37
$\Delta$	0.57	0.57	0.57	0.81	0	1	0.57	0	0.51
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	2	3	4	5	7	8	9	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	3	3	4	5	7	8	9	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	3	3	4	6	7	8	9	
V <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	3	2	3	3	5	7	8	9	
$\bar{X}$	3	3	3	4	5	7	8	9	5
VAR	0	0.66	0	0.33	0.33	0	0	0	0.16
$\Delta$	0	0.81	0	0.57	0.57	0	0	0	0.24

### IV.2.4.3. Le nombre des stipules pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.12) le nombre des stipules moyennes pour le 3<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions (D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

V1 : 6 stipules, la variance 0.37 et l'écart type 0.58 ;

V2 : 6 stipules, la variance 0.49 et l'écart type 0.58 ;

V3 : 6 stipules, la variance 0.33 et l'écart type 0.44.

**Tableau .IV.12 :** Le nombre des stipules pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose2)

Essai	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	Moyenne
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	3	5	7	7	8	8	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	2	4	6	6	8	9	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	3	6	6	7	9	9	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	3	3	5	6	7	8	8	8	
$\bar{X}$	3	3	5	6	7	8	8	9	6
VAR	0	0.33	0.66	0.33	0.33	0.33	0.66	0.33	0.37
$\Delta$	0	0.57	0.81	0.57	0.81	0.57	0.81	0.57	0.58
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	3	4	6	6	8	9	9	9	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	3	4	6	6	6	7	8	8	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	3	4	4	5	6	7	8	8	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	3	4	5	6	7	8	8	8	
$\bar{X}$	3	4	5	6	7	8	8	8	6
VAR	0	0	1	0.33	1	1	0.33	0.33	0.49
$\Delta$	0	0	1	0.57	1	1	0.57	0.57	0.58
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	3	4	5	5	6	8	8	9	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	3	4	5	5	7	8	8	9	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	3	4	4	5	6	7	8	9	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	3	3	4	5	6	6	7	9	
$\bar{X}$	3	4	5	5	6	7	8	9	6
VAR	0	0.33	0.66	0	0.33	1	0.33	0	0.33
$\Delta$	0	0.57	0.81	0	0.57	1	0.57	0	0.44

### IV.2.5. Le nombre des Vrilles

#### IV.2.5.1. Le nombre des vrilles pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.13) le nombre des Vrilles moyennes pour le 1<sup>ère</sup> essai de l'ensemble des répétitions (T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>-T<sub>3</sub>-T<sub>4</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

V<sub>1</sub> : 5Vrilles, la variance 0.653 et l'écart type 0.69 ;

V<sub>2</sub> : 4 Vrilles, la variance 0.58 et l'écart type 0.69 ;

V<sub>3</sub> : 4 Vrilles, la variance 10.78 et l'écart type 0.38.

**Tableau .IV.13** : Le nombre des vrilles pour le 1<sup>ère</sup> essai de petit pois

Essai	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	M
V <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	1	1	3	5	6	8	8	8	
V <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1	1	2	4	6	7	7	8	
V <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	1	1	4	5	7	6	6	7	
V <sub>1</sub> T <sub>4</sub>	1	2	4	4	6	6	7	8	
$\bar{X}$	1	1	3	4	6	7	7	8	4.62
VAR	0	0.33	1	0.66	0.33	1	0.66	0.33	0.53
$\Delta$	0	0.57	1	0.81	0.57	1	0.81	0.57	0.66
V <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	1	1	4	5	6	7	7	7	
V <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	1	1	4	4	5	6	6	6	
V <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	1	1	3	4	6	5	5	6	
V <sub>2</sub> T <sub>4</sub>	1	2	3	3	6	7	7	7	
$\bar{X}$	1	1	3	4	6	6	6	6	4.12
VAR	0	0.33	0.66	0.66	0.33	1	1	0.66	0.58
$\Delta$	0	0.57	0.81	0.81	0.57	1	1	0.81	0.69
V <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	0	2	3	3	4	6	7	7	
V <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	1	1	3	4	5	6	6	6	
V <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	0	1	3	4	5	6	7	7	
V <sub>3</sub> T <sub>4</sub>	0	1	2	3	3	4	5	5	
$\bar{X}$	1	1	3	3	4	5	6	6	3.62
VAR	0	0.33	0.33	0.66	1.33	1.33	1	1.33	0.78
$\Delta$	0	0.57	0.57	0.81	1.15	1.15	1	1.15	0.38

### IV.2.5.2. Le nombre des Vrilles pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.14) le nombre des Vrilles moyennes pour le 2<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions ( $D_1-D_1-D_1-D_1$ ) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

$V_1$  : 5 Vrilles, la variance 0.45 et l'écart type 0.61 ;

$V_2$  : 4 Vrilles, la variance 0.62 et l'écart type 0.70 ;

$V_3$  : 3 Vrilles, la variance 0.4 et l'écart type 0.52.

**Tableau .IV.14:** Le nombre des Vrilles pour le 2<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose 1)

Essai	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	M
$V_1D_1$	1	1	2	5	6	8	8	10	
$V_1D_1$	1	1	3	4	6	8	9	9	
$V_1D_1$	1	1	4	5	7	6	7	9	
$V_1D_1$	1	2	4	4	6	6	8	10	
$\bar{X}$	1	1	3	4	6	7	8	9	4.75
VAR	0	0.33	1	0.66	0.33	0.33	0.33	0.66	0.45
$\Delta$	0	0.57	1	0.81	0.57	0.57	0.57	0.81	0.61
$V_2D_1$	1	1	4	5	6	7	7	9	
$V_2D_1$	1	2	4	4	5	6	8	9	
$V_2D_1$	1	2	3	4	6	5	8	8	
$V_2D_1$	1	2	3	3	6	7	9	9	
$\bar{X}$	1	2	3	4	6	6	7	9	4.62
VAR	0	0.33	0.66	0.66	0.33	1	1.66	0.33	0.62
$\Delta$	0	0.57	0.81	0.81	0.57	1	1.28	0.57	0.70
$V_3D_1$	0	2	3	3	3	6	7	10	
$V_3D_1$	1	1	1	4	5	6	6	8	
$V_3D_1$	0	1	1	4	5	6	7	9	
$V_3D_1$	0	1	1	2	3	6	7	9	
$\bar{X}$	1	1	1	3	6	6	7	9	4.25
VAR	0	0.33	0.66	1	0.66	0	0.33	0.22	0.4
$\Delta$	0	0.57	0.81	1	0.81	0	0.57	0.46	0.52

**IV.2.4.3. Le nombre des Vrilles pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois**

Selon les résultats obtenus (tableau. IV.15) le nombre des Vrilles moyennes pour le 3<sup>ème</sup> essai de l'ensemble des répétitions (D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>) pour 8<sup>ème</sup> semaines dans les 3 variétés :

V<sub>1</sub> : 5 Vrilles, la variance 0.79 et l'écart type 0.75 ;

V<sub>2</sub> : 4 Vrilles, la variance 1.49 et l'écart type 1.04 ;

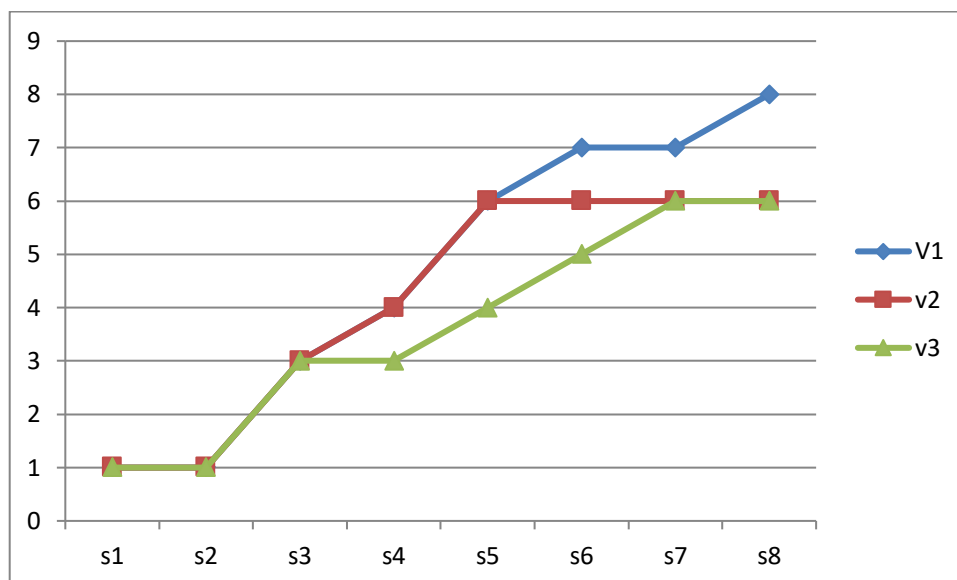
V<sub>3</sub> : 4 Vrilles, la variance 0.75 et l'écart type 0.77.

**Tableau .IV.15 :** Le nombre des Vrilles pour le 3<sup>ème</sup> essai de petit pois (dose2)

Essai	s1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	M
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1	3	2	5	7	4	7	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1	2	3	4	6	6	8	10	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1	2	3	4	5	7	9	9	
V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1	2	3	4	7	8	9	9	
$\bar{X}$	1	2	3	4	6	6	8	9	4.87
VAR	0	0.33	0.33	0.33	1	3	1	0.33	0.79
$\Delta$	0	0.57	0.57	0.57	1	1.73	1	0.57	0.75
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	0	2	4	4	6	7	8	9	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	1	2	3	3	6	7	9	9	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	1	1	2	3	5	5	8	10	
V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	0	2	4	4	6	7	7	9	
$\bar{X}$	1	2	3	3	6	6	8	7	4.5
VAR	0.66	0.33	1	0.66	0.33	1.33	0.66	7	1.49
$\Delta$	0.81	0.57	1	0.81	0.57	1.15	0.81	2.64	1.64
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	1	2	4	3	5	7	8	9	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	1	2	4	4	5	6	9	9	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	1	3	3	3	4	6	7	8	
V <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	1	3	3	4	5	7	8	10	
$\bar{X}$	1	2	3	3	4	6	8	9	4.37
VAR	0	0.66	0.66	0.66	1	0.33	0.66	0.66	0.57
$\Delta$	0	0.81	0.81	0.81	1	0.75	0.81	0.81	0.70

## IV.3.Discussion

$\bar{X} \rightarrow$  Tige 1<sup>ère</sup> essai



**Figure .IV.8:** La taille moyenne des tiges de la culture de petit pois du 1<sup>ère</sup>essai (dans les 3 variétés).

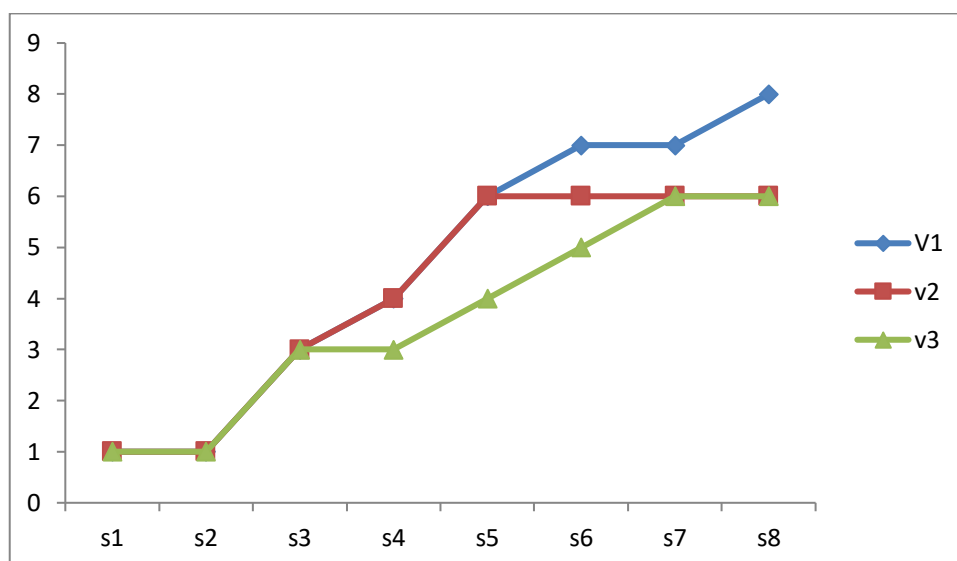
Cette figure représente la variance de la taille des tiges des plantes de petit pois pour le 1<sup>ère</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que la taille moyenne des tiges est variée avec le temps (variation faible) dans le 3 variétés, de taille moyenne

$V_1 \rightarrow$  4 cm en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les tiges sont arrivées à la taille moyenne de 23 cm ;

$V_2 \rightarrow$  3.75 cm en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine de 24.75 cm ;

$V_3 \rightarrow$  1 cm en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les tiges sont arrivées à la taille moyenne de 22.12 cm.

$\bar{X} \rightarrow$  Feuilles 1<sup>ère</sup> essai



**Figure .IV.9:** Le nombre moyen des feuilles de la culture de petit pois du 1<sup>ère</sup> essai (dans 3<sup>es</sup> variétés).

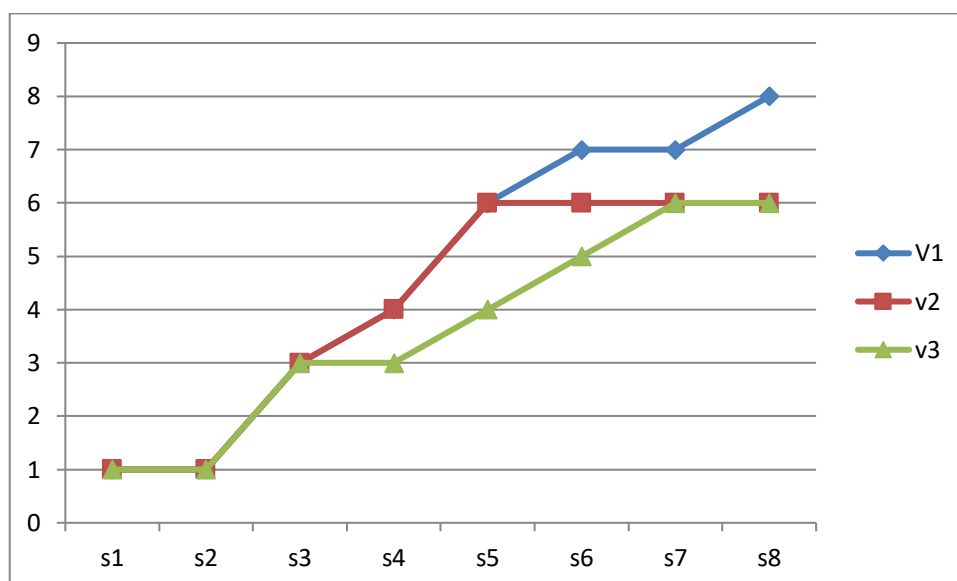
Cette figure montre que cours du temps (21 mars à 24 avril) le nombre moyenne des feuilles pour les plantes de petit pois de la 1<sup>ère</sup> essai augmente ils sont de nombre moyenne de feuilles en 1<sup>ère</sup> semaine (7 jours) dans les 3 variétés ils ont de nombre moyenne de :

$V_1 = 3$  feuilles ;       $V_2 = 3$  feuilles ;  $V_3 = 2$  feuilles.

À la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine ils sont arrivés à nombre moyenne de feuilles (nombre des feuilles moyen)

$V_1 = 8$  feuilles ;       $V_2 = 8$  feuilles;  $V_3 = 8$  feuilles.

$\bar{X} \rightarrow$  Écaille 1<sup>ère</sup> essai



**Figure. IV.10 :** Le nombre moyenne des écailles de la culture de petit pois du 1<sup>ère</sup> essai (dans les 3 variétés).

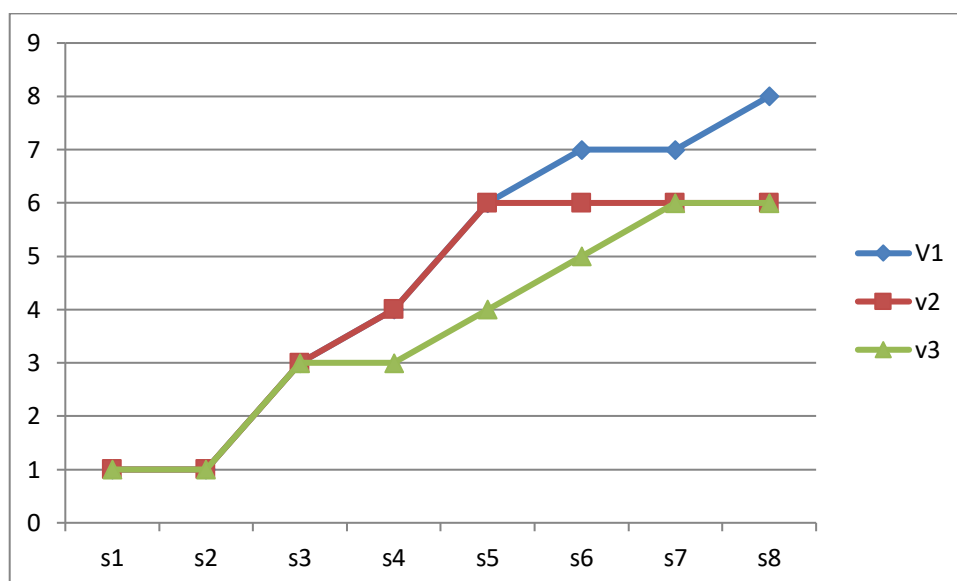
Cette figure représente la variation du nombre des écailles des plantes de petit pois pour 1<sup>ère</sup> essai (21 mars à 24 avril) .elle montre que le nombre moyenne des écaille est variée avec le temps (variation faible) dans les 3 variétés, de nombre moyenne.

$V_1 \rightarrow$  1 écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille est arrivées au nombre moyen de 2 ecailles ;

$V_2 \rightarrow$  1écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille est arrivées au nombre moyen de1 écaille ;

$V_3 \rightarrow$  1écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille est arrivées au nombre moyen de1 écaille.

$\bar{X} \rightarrow$  Stipules 1<sup>ère</sup> essai



**Figure .IV.11:** Le nombre moyenne des stipules de la culture de petit pois du 1<sup>ère</sup> essai (dans les 3 variétés)

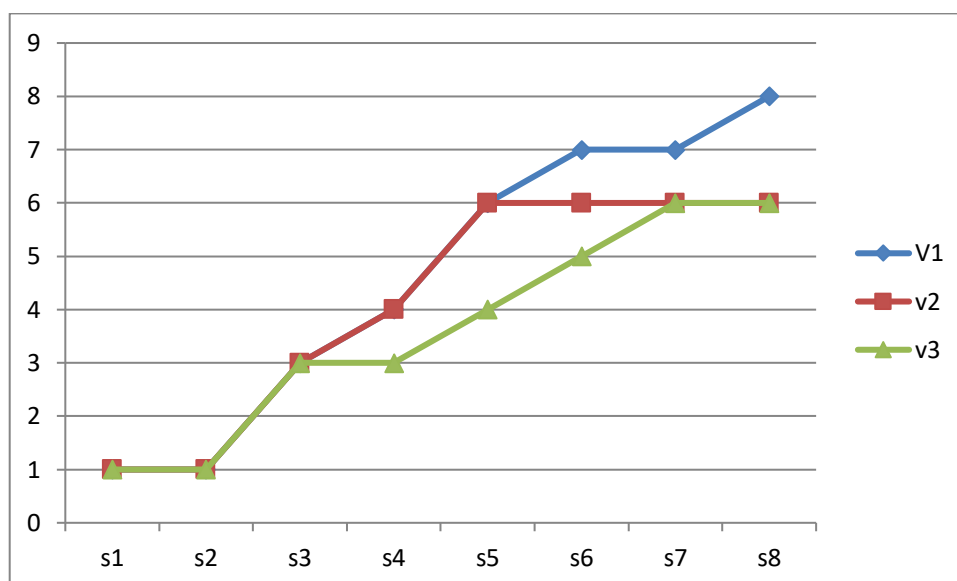
Cette figure représente la variance du nombre des stipules des plantes de petit pois pour le 1<sup>ère</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que le nombre moyen des stipules est variée avec le temps (variation élevé) dans le 3 variétés, de nombre moyen.

$V_1 \rightarrow$  1 stipule en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées au nombre moyenne de 8 stipules ;

$V_2 \rightarrow$  1 stipule en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées au nombre moyenne de 8 stipules ;

$V_3 \rightarrow$  2 stipules en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées au nombre moyenne de 7 stipules.

$\bar{X} \rightarrow$  Vrille 1<sup>ère</sup> essai



**Figure. IV.12 :** Le nombre moyenne des vrilles des cultures de petit pois du 1<sup>ère</sup> essai (dans 3 variétés).

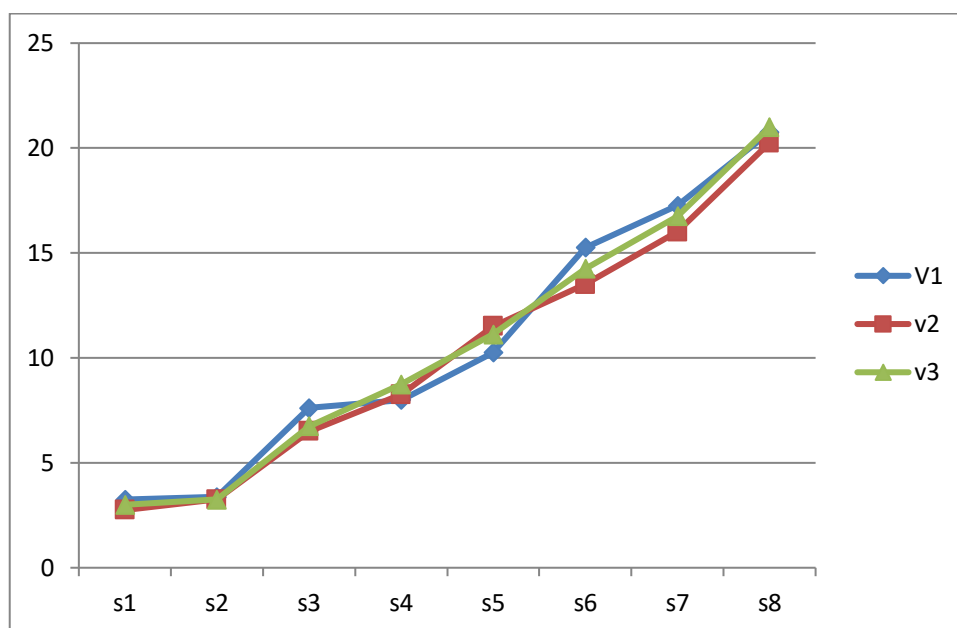
Cette figure représente la variance du nombre des vrilles des plantes de petit pois pour le 1<sup>ère</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que le nombre moyen des vrilles est variée avec le temps (variation élevé) dans le 3 variétés, de nombre moyen.

$V_1 \rightarrow$  1 vrille en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées au nombre moyenne de 8 vrilles;

$V_2 \rightarrow$  1 vrille en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées au nombre moyenne de 6 vrilles;

$V_3 \rightarrow$  2 vrilles en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées au nombre moyenne des 6 vrilles.

$\bar{X} \rightarrow$  Tige 2<sup>ème</sup> essai



**Figure. IV.13 :** Tailles des tiges moyennes des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés).

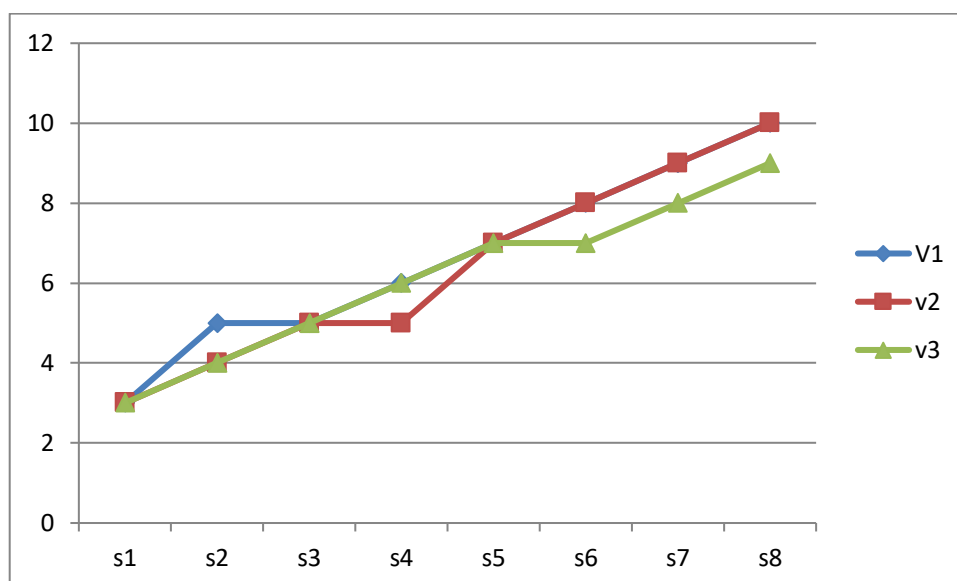
Cette figure représente la variance de la taille des tiges des plantes de petit pois pour le 2<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que la taille moyenne des tiges est variée avec le temps (variation moyenne) dans les 3 variétés, de taille moyenne.

V<sub>1</sub> → 3.25 cm en première semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les tiges sont arrivées à la taille moyenne de 20.75 cm ;

V<sub>2</sub> → 2.75 cm en première semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les tiges sont arrivées à la taille moyenne de 20.25 cm ;

V<sub>3</sub> → 3 cm en première semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les tiges sont arrivées à la taille moyenne de 21 cm.

$\bar{X} \rightarrow$  Feuilles 2<sup>ème</sup> essai



**Figure .IV.14:** Le nombre moyenne des feuilles des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés).

Cette figure montre que cours du temps le nombre moyenne des feuilles pour les plantes de petit pois de la 2<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril) augmente ils sont de nombre moyenne de feuilles en 1<sup>ère</sup> semaine dans les 3 variétés

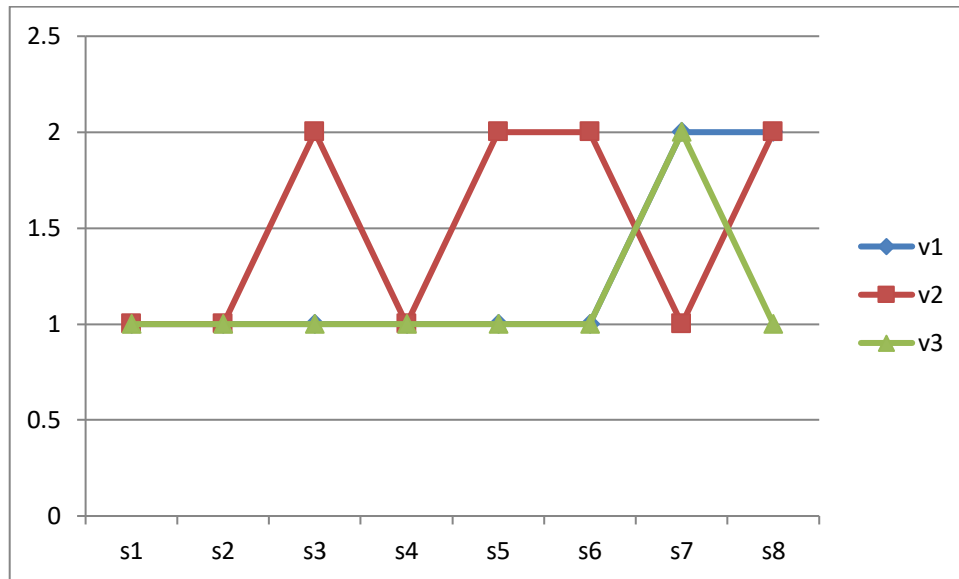
$V_1 = 3$  feuilles ;  $V_2 = 3$  feuilles ;  $V_3 = 3$  feuilles.

À la de la 8<sup>ème</sup> semaine ils sont arrivés à nombre moyenne de feuilles :

$V_1 = 10$  feuilles ;  $V_2 = 10$  feuilles;  $V_3 = 9$  feuilles.

(Nombre des feuilles élevé)

$\bar{X} \rightarrow$  Ecaitte 2<sup>ème</sup> essai



**Figure. IV.15 :** Le nombre moyenne des écailles des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés).

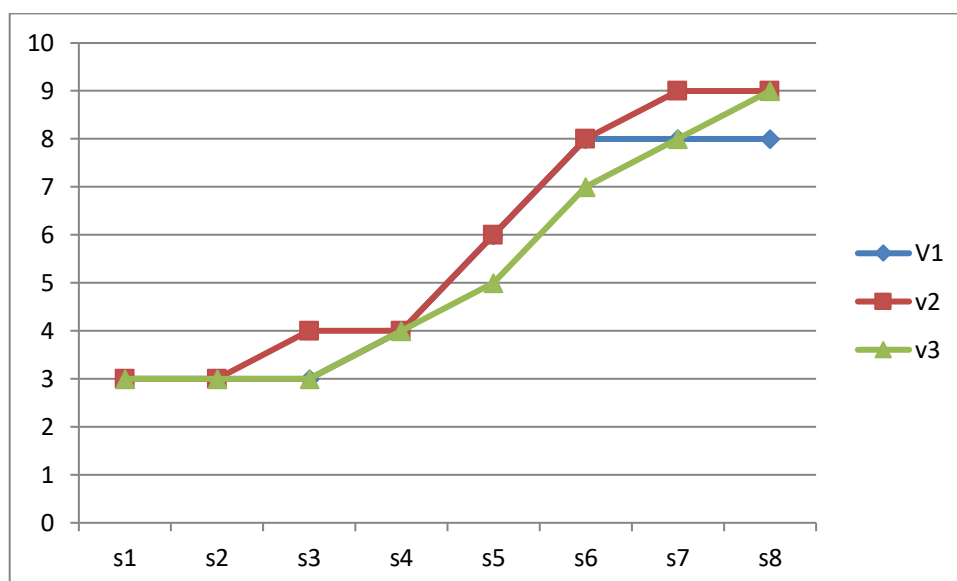
Cette figure représente la variation du nombre des écailles des plantes de petit pois pour 2<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril) .elle montre que le nombre moyenne des écailles sont variées avec le temps (variation faible) dans les 3 variétés, de nombre moyenne.

$V_1 \rightarrow$  1 écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille est arrivées au nombre moyen de 2 écailles ;

$V_2 \rightarrow$  1 écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille sont arrivées à le nombre moyenne de 2 écailles ;

$V_3 \rightarrow$  1 écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille sont arrivées au nombre moyenne de 1 écaille.

$\bar{X} \rightarrow$  Stipule 2<sup>ème</sup> essai



**Figure. IV.16** : Le nombre moyenne des stipules des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (Dans les 3 variétés).

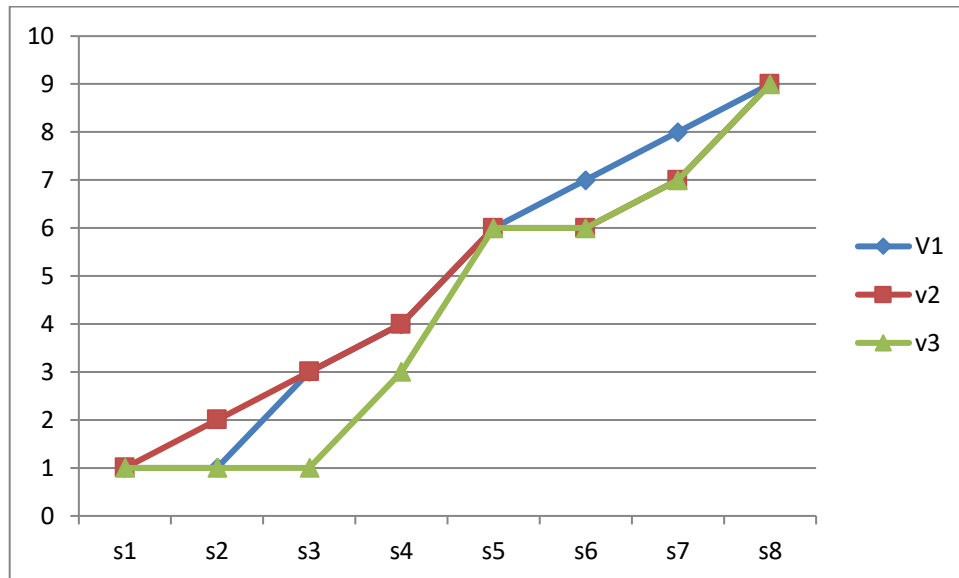
Cette figure représente la variance du nombre des stipules des plantes de petit pois pour le 2<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que le nombre moyen des stipules est variée avec le temps (variation augmente) dans le 3 variétés, de nombre moyen.

V<sub>1</sub> → 3 stipules premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées du nombre moyenne de 8 stipules ;

V<sub>2</sub> → 3 stipules premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées du nombre moyenne de 6 stipules ;

V<sub>3</sub> → 3 stipules premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées du nombre moyen de 9 stipules.

$\bar{X} \rightarrow$  Vrille 2<sup>ème</sup> essai



**Figure. IV.17 :** Le nombre moyenne des vrilles des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les3 variétés).

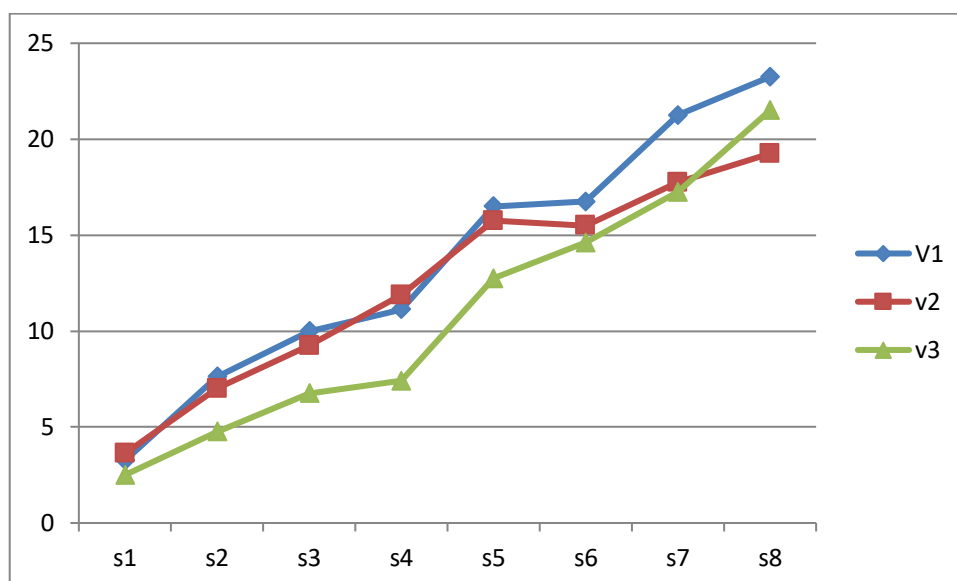
Cette figure représente la variance du nombre des vrilles des plantes de petit pois pour le 2<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que le nombre moyen des vrilles est variée avec le temps (variation optimal) dans le 3 variétés, de nombre moyen.

V<sub>1</sub> → 1 vrille en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées du nombre moyenne de 9 vrilles ;

V<sub>2</sub> → 1 vrille en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées du nombre moyenne de 9 vrilles ;

V<sub>3</sub> → 1 vrille en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées du nombre moyen de 9 vrilles.

$\bar{X} \rightarrow$  Tige 3<sup>ème</sup> essai



**Figure .IV.18:** La taille moyenne des tiges de la culture de petit pois du 3<sup>ème</sup> essai (dans les 3 variétés).

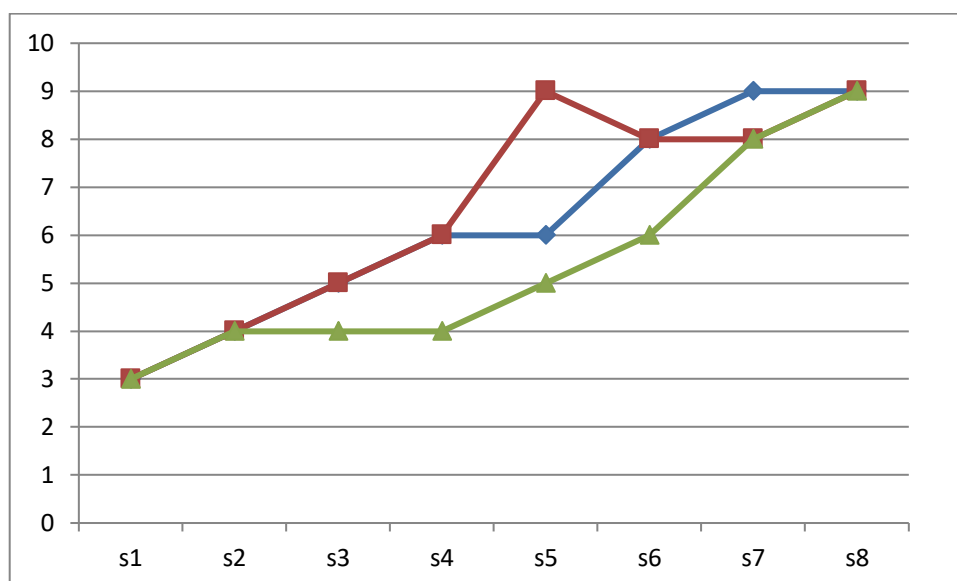
Cette figure représente la variance de la taille des tiges des plantes de petit pois pour le 3<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que la taille moyenne des tiges est variée avec le temps (variation optimal) dans le 3 variétés, de taille moyenne.

V<sub>1</sub> → 3.25 cm en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les tiges sont arrivées à la taille moyenne de 23.25cm ;

V<sub>2</sub> → 3.62cm en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les tiges sont arrivées à la taille moyenne de 19.25 cm ;

V<sub>3</sub> → 2.5 cm en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les tiges sont arrivées à la taille moyenne de 21.5 cm.

$\bar{X} \rightarrow$  Feuille 3<sup>ème</sup> essai



**Figure. IV.19 :** Le nombre moyenne des feuilles des cultures des petit pois du 3<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés).

Cette figure montre que cours du temps le nombre moyenne des feuilles pour les plantes de petit pois de la 3<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril) augmente ils sont de nombre moyenne de feuilles en 1<sup>ère</sup> semaine dans les 3 variétés :

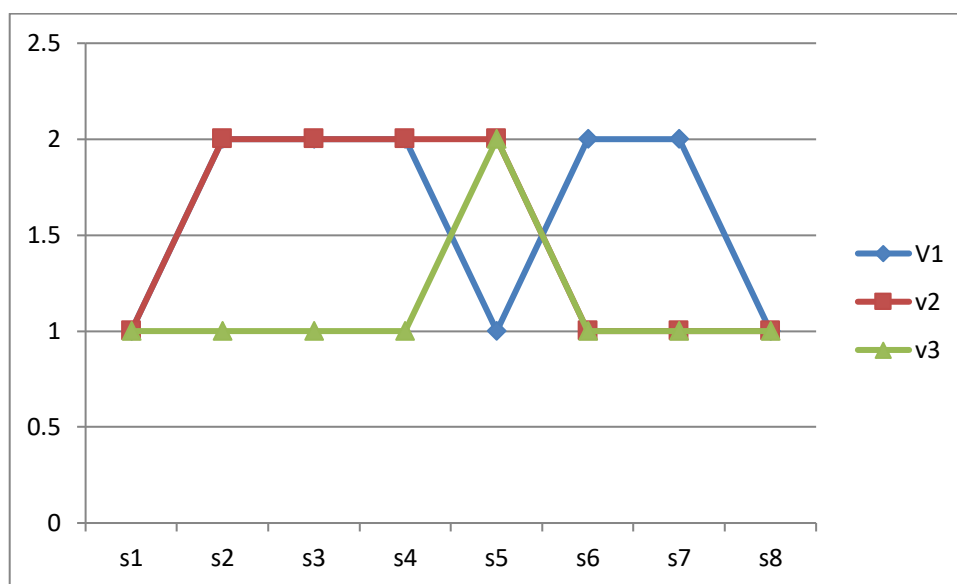
$V_1 = 3$  feuilles ;       $V_2 = 3$  feuilles ;       $V_3 = 3$  feuilles

À la de la 8<sup>ème</sup> semaine ils sont arrivés à nombre moyenne de feuilles :

$V_1 = 9$  feuilles ;       $V_2 = 9$  feuilles ;       $V_3 = 9$  feuilles.

(Nombre des feuilles élevé)

$\bar{X} \rightarrow$  Écaille 3<sup>ème</sup> essai



**Figure .IV.20:** Le nombre moyenne des écailles des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés).

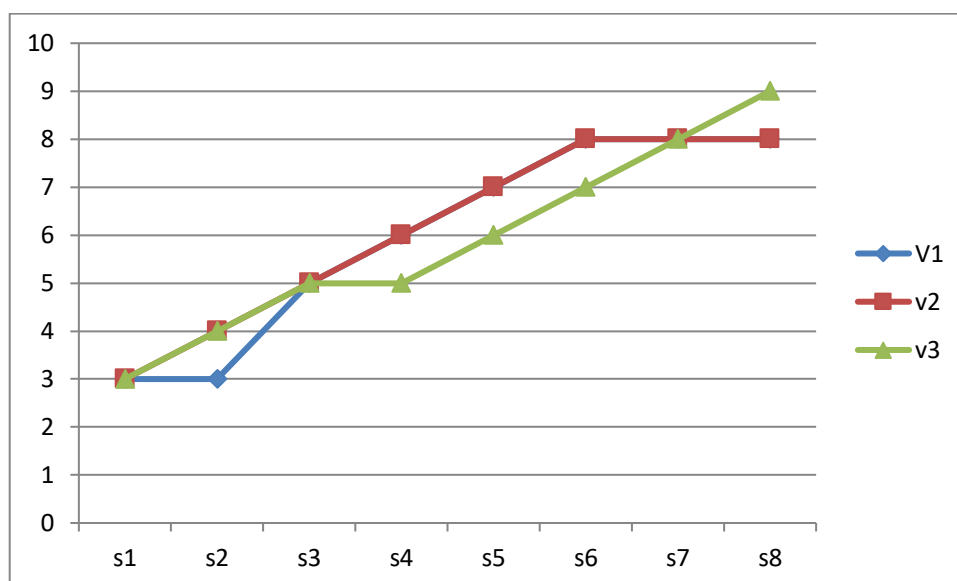
Cette figure représente la variation du nombre des écailles des plantes de petit pois pour 3<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril) .elle montre que le nombre moyenne des écaille est variée avec le temps (variation faible) dans les 3 variétés, de nombre moyenne.

V<sub>1</sub> → 1 écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille est arrivées au nombre moyen de 1écaille ;

V<sub>2</sub> → 1 écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille sont arrivées au nombre moyenne de 1écaille ;

V<sub>3</sub> → 1 écaille en premier semaine, à la fin de 8<sup>ème</sup> semaines l'écaille est arrivées au nombre moyen de 1 écaille.

$\bar{X} \rightarrow$  Stipules 3<sup>ème</sup> essai



**Figure. IV.21:** Le nombre moyenne des stipules des cultures des petit pois du 2<sup>ème</sup> (dans les 3 variétés).

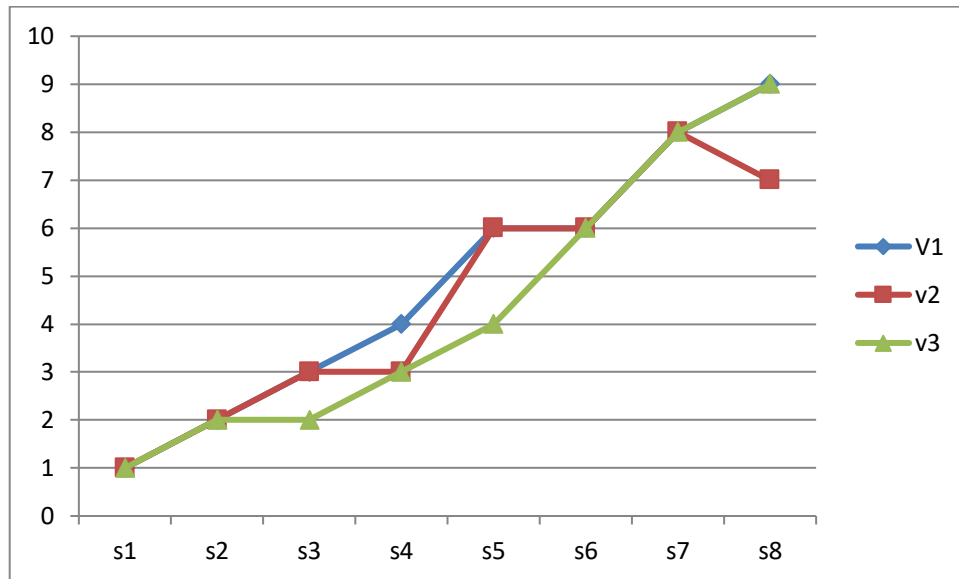
Cette figure représente la variance du nombre des stipules des plantes de petit pois pour le 3<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que le nombre moyen des stipules est variée avec le temps (variation similaire) dans le 3 variétés, de nombre moyen.

V<sub>1</sub> → 3 stipules premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées du nombre moyenne de 9stipules ;

V<sub>2</sub> → 3 stipules premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées du nombre moyenne de 8 stipules ;

V<sub>3</sub> → 3stipules premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les stipules sont arrivées du nombre moyen de 9 stipules.

$\bar{X} \rightarrow$  Vrille 3<sup>ème</sup> essai



**Figure. IV.22 :** Le nombre moyenne des vrilles des cultures des petit pois du 3<sup>ème</sup> (les3 variétés).

Cette figure représente la variance du nombre des vrilles des plantes de petit pois pour le 3<sup>ème</sup> essai (21 mars à 24 avril), elle montre que le nombre moyen des stipules est variée avec le temps (variation acceptable) dans le 3 variétés, de nombre moyen.

$V_1 \rightarrow$  1 vrille en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées du nombre moyenne de 9 vrilles ;

$V_2 \rightarrow$  1 vrille en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées du nombre moyenne de 7 vrilles ;

$V_3 \rightarrow$  1 vrille en premier semaine, à la fin de la 8<sup>ème</sup> semaine les vrilles sont arrivées du nombre moyen de 9 vrilles.

## IV.4. L'analyse de variance des résultats

Tableau .IV.16 : Analyse de variance de la taille de tige pour les trois essais de petit pois (variété 01).

Source de variance	DDL	SCE	CM	F-obs	F- théo	Significatif 4 %
Essai (milieu)	3	2340.60	780.2			
Résiduelle	50	224.7	4.49	173.7	2.2	S
Totale	53	2565.3	/			

Les résultats de l'analyse de variance (tableau. IV.16) montrent qu'il y a une différence significative pour ce caractère morphologique parce que

**F observé >F théorique**

Le test NEWMEN et EMLS au seuil de 4 %

Tableau. IV. 17. Analyse de variance de nombre des feuilles pour les trois essais de petit pois (variété 01).

Source de variance	DDL	SCE	CM	F-obs	F- théo	Significatif 4 %
Essai (milieu)	3	150.19	50.06			
Résiduelle	50	999.72	19.99	2.50	2.2	S
Totale	53	1149.91	/			

Les résultats de l'analyse de variance (tableau. IV.17) montrent qu'il y a une différence significative pour ce caractère morphologique parce que

**F observé >F théorique**

Le test NEWMEN et EMLS au seuil de 4 %

### IV.5. étude mathématique et numérique du modèle

Selon (Wallach et al, 2005)

#### Pour le modèle PBM

- $Q_s = LUE \cdot I_n (1 - \exp(-K \cdot LAI_n))$
- $Q_s$  = la quantité de biomasse ;
- $(K \cdot LAI_n)$  : développement des feuilles (surface et nombre) ;
- $LUE \cdot I_n$  : l'environnement (lumière et eau)

Ce modèle se développe de façon exponentielle

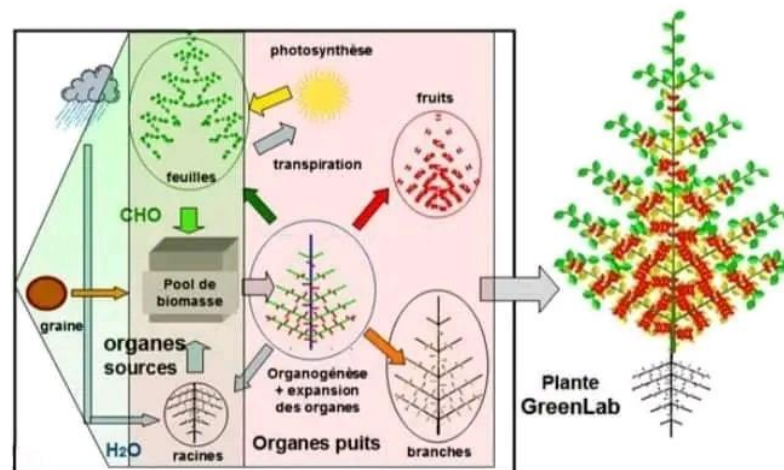


Figure. IV.23 : Système dynamique de la croissance des plantes (Wallach et al, 2005).

Par comparaison : notre modèle c'est :

- $Q_n$  (quantité de biomasse) =  $LUE \cdot I_n (1 - \exp(-K \cdot ROT_n) + (K \cdot T_n))$
- $LUE \cdot I_n$  : ne pas calculée (condition non contrôlé) ;
- $K \cdot LAI_n$  : le nombre des feuilles ;
- $K \cdot T_n$  : taille des tiges.

Notre modèle est varié de façons exponentielles.

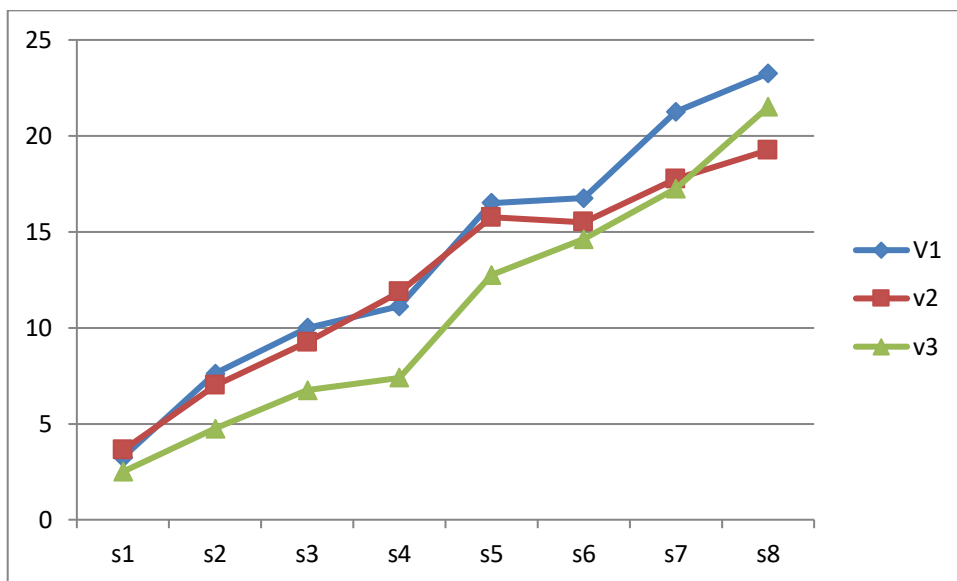


Figure. IV.24 : Taille des tiges moyennes (production de biomasse croissance).

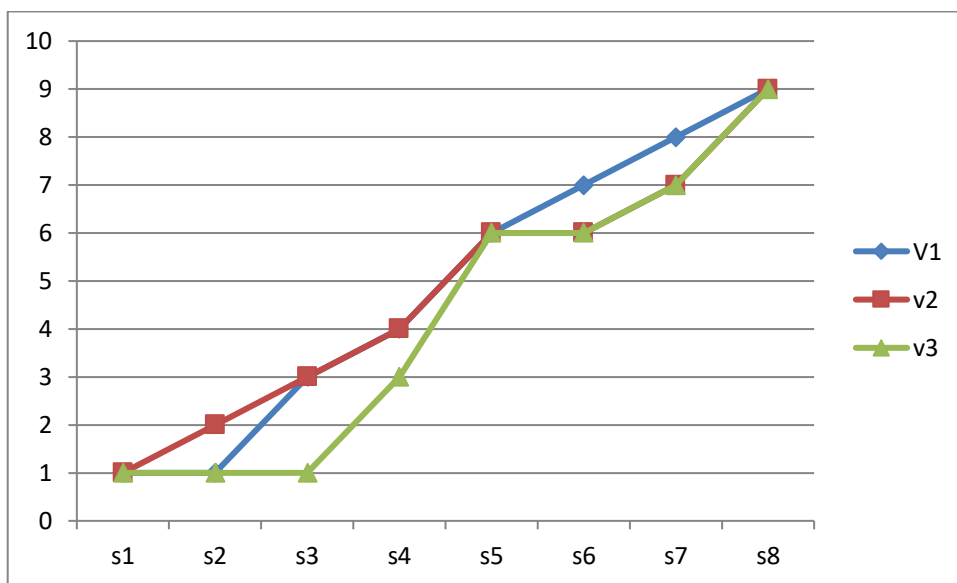


Figure. IV.25 : Nombre des feuilles moyennes (production d'organes : développement).

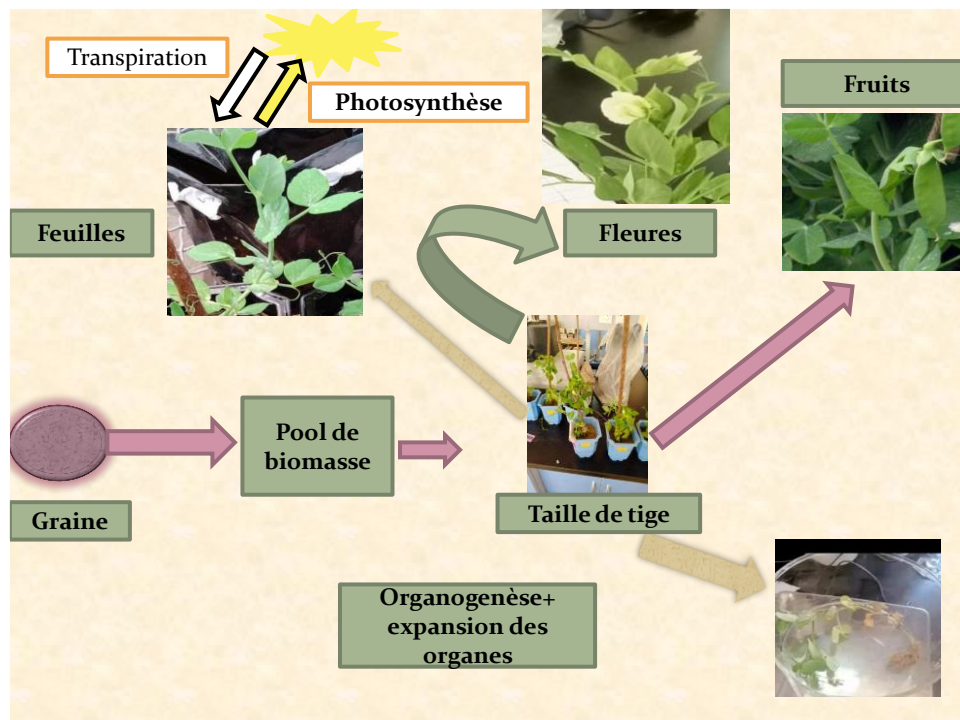


Figure .IV.26: Système dynamique de la croissance de la culture de petit pois.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Notre travail est porté sur l'étude du phénomène de la croissance d'une culture de petit pois et sa modélisation dans le cadre de l'utilisation de l'Excel : nous avons situés à cinq niveaux principaux de la culture :

- La taille de la tige ;
- Le nombre des feuilles ;
- Le nombre des écaïtte ;
- Le nombre des stipules ;
- Le nombre des vrilles.

Nous avons suivi les cultures de petit pois dans les trois essais dans un deux mais et prendre des mesures pour la tige, et le nombre des feuilles, écaïttes, stipules, vrille. Nous avons fait beaucoup des essais avec salicylique et phosphore pour trouver des résultats acceptables qui sont l'essai 2 et l'essai 3.

Et pour cette raison : nous avons suivi pendant deux mois l'application de doses vertes de salicylique et de phosphore sur les jeunes plants, être en bonne croissance et développement.

Après une validation par confrontation des résultats de simulation à des données observées au laboratoire et maison en plastique sur les cultures de petit pois on a trouvé que salicylique et phosphore c'est l'élément principales pour la croissance, il à un effet sur les tiges et aussi sur les feuilles.

Il donne une couleur vert foncé ou feuilles par a pour au plantes de extrait saule et augmentation de la croissance lors de l'utilisation de extrait levure et une croissance normale lorsqu'il est arrosé avec de l'eau de puits.

Après notre analyse, nous pouvons confirmes nos cinq hypothèses qui sont :

- Croissance journalières des tiges.
- Le produit de la croissance obtenu précédemment par la teneur en phosphore (levure) donne une grande croissance en termes des feuilles, écaïtte, stipules, vrilles.
- Salicylique (saule) donne une couleur vert foncé (chlorophylle).

Notre modèle pourra être mis à la disposition aux agriculteurs et les associations de la production de pois hors sol (agriculture du sol) ainsi les simulations avec ce modèle pourront prévoir l'impact de la l'extraction naturelles (salicylique et phosphore) sur la croissance de la plante de petit pois à la cour de la culture hors sol. Notre travail sera un point de départ nous l'avons fait avec notre simple moyens.

Enfin, pour que les apprenants évitent les difficultés qu'an a rencontré durant la réalisation de ce travail, nous supposons ce qui suit :

- Utiliser des moyens plus développés comme les logiciels et des laboratoires et la serre apprêteur par des moyens développés ;
- Approfondie les recherches ;
- Contrôler les conditions enviromentales (lumière et température).

# Annexes

## Résultats de mesure de la solution saule (salicylique 80 %) et solution levure (phosphore 50%)

### ✚ La solution saule (salicylique 80 %)

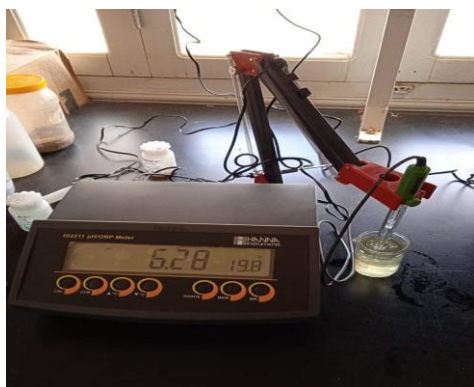
Conductivité : 67.1  $\mu\text{s}/\text{cm}$

La température : 18.5  $^{\circ}\text{C}$

Salinité : 0

TDS : 30 mg/l

PH mètre 6.28



**PH mètre**



**conductimètre**

**Annexe I : les appareils avec lesquels nous mesurés la solution**

## ➤ la solution levure (phosphore 50%)

Conductivité : 56.8  $\mu\text{s}/\text{cm}$

La température : 20.6  $^{\circ}\text{C}$

Salinité : 0

TDS : 25  $\text{mg}/\text{l}$

PH mètre 6.02



PH mètre



conductimètre

**Annexe II** : les appareils avec lesquels nous mesuré la solution.

# Référence

## Références

### A

**AUBRINEAU M., BERMOND A., BOUGLES J., BERTRAUD N. ET ROGER-ESTRADE J., 2002.** Larousse agricole, Larousse, France, 492-493p.

### B

**BARCZI J., REFFYE P. AND CARAGLIO Y., 1997.**Essai sur l'Identification et la mise en œuvre des paramètres nécessaires à la simulation d'une architecture végétale : le logiciel amapsim. In Modélisation et simulation de l'architecture des végétaux, sciences Update, pp 205-254.

**BARTHELEMY D., CARAGLIO Y., AND COSTE E., 1997.**Architecture, gradients morphogénétiques et âge physiologique chez les végétaux. In Bouchon., editor, Modélisation et simulation de l'architecture des végétaux, Sciences Update. Pp 89-136.

**BENOIT, M., LARDON, S. ET DEFFONTAINES, J. P. (2006).** Acteurs et territoires locaux: vers une géoagronomie de l'aménagement. 1<sup>ème</sup> édition, éditions Quae.192 pages.

**BLAISE ET AL., 1998. BLAISE, F., BARCZI, J., JAEGER, M., DINOUEARD, P., AND REFFYE (DE), P. (1998).** Modeling of metamorphosis and spatial interactions in the architecture and development of plants. In T.L., K. and Luciani, A., editors, Cyberworlds, volume 6, pages 81–108. Springer Verlag Tokyo, ieee edition.

**BORCHERT AND HONDA, 1984. BORCHERT, R. AND HONDA, H. (1984).** Control of development in the bifurcating branch system of tabebuia rosea. Botanical Gazette, 145(2): 184–195.

**BOUCHON J., REFFYE D. E P., AND BARTHELEMY D., 1997.** Modélisation et simulation de l'architecture des végétaux. INRA Editions.

**BOUMAN H., VAN KEULEN H., VAN LAAR, AND R. RABBINGE.,** The school of de with crop growth simulation models: A pedigree and historical overview. Agricultural Systems, 52(2-3): pp 171-198.

**BOYELDIEU J., 1991.** produire des graines oléagineux et protéagineux, Paris, lavoisier tec et Doc, springes, Berlin, 17p. Identification of RAPD markers and their use of molecular mapping in pea (*Pisum sativum* L.). *Cell Mol. Biol., Lett.*, 7 (2B): 649-655.

**BRINK, M. ET BELAY, G. (2006).** Ressources végétales de l'Afrique tropicale : céréales et légumes secs. 1<sup>ère</sup> édition, Backhuys Publishers. 326 pages.

**BRINSSON N., 2009.** Les modèles de culture pour les grandes cultures: Principes et utilités des modèles de cultures; modélisation en culture végétale; 4p.

**BRISSON N., RUGET F., GATE P., LORGEOU J., NICOLAUD B., TAYOT X., PLENET D., JEUFFROY M H., BOUTHIER A., RIPOCHE D., MARY B., JUSTES E., 2002.** Stics : à generic model for simulating crops and their water and nitrogen balances. II. Model validation for wheat and maize; *Agronomie* Vol. 22; pp 69-92.

**BRISSON N., GARY C., JUSTES F., ROCHE R., MARY B., RIPOCHE D., ZIMMER D., SIERRA J., BERTUZZI P., BUSSIÈRE F., CABIDOUCHE Y., CELLIER P., DEBAEKE P., GAUDILLÈRE J., H'ENAULT C., MARAUX F., SGUIN B., AND SINOQUER H., 2003.** An overview of the crop model stics, *European Journal of Agronomy*, (18) : pp 309-332.

**BRISSON N., WERY J., BOOTE K., 2006.** Fundamental concepts of crop models illustrated by a comparative approach. In: Wallach, D., Makowski, D., and Jones, J.W. (Eds), *Working with dynamic crop models*. Elsevier, Amsterdam, pp 257-280.

**BROUGHTON, W. J. ET DILWORTH, M. J. (1971).** Control of leghemoglobin synthesis in snake beans. *Biochemistry Journal*, 125, 1075-1080.

## C

**CHAHBANI, A., FAKHFAKH, N., BALTI, M. A., MABROUK, M., EL-HATMI, H., ZOUARI, N. ET KECHAOU, N. (2018).** Microwave drying effects on drying kinetics, bioactive compounds and antioxidant activity of green peas (*Pisum sativum* L.). *Food Bioscience*, 25, 32-38.

**CHAUX C. ET FOURY C. (1994).** Production légumière: légumineuses potagères, légumes fruits, Lavoisier, Paris, pp. 4-8.

**CIESLAROVA, J., SMYKAL, P., DOCKALOVA, Z., HANACEK, P., PROCHAZKA, S., HYBL, M. ET GRIGA, M. (2011).** Molecular evidence of genetic diversity changes in pea (*Pisum sativum* L.) germplasm after long-term maintenance. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58, 439-451.

**COURNÉDE ET AL, 2005. COURNÉDE, P., KANG, M., MATHIEU, A., YAN, H., HU, B., AND REFFYE (DE), P. (2005).** Structural Factorization of Plants to Compute their Functional and Architectural Growth. Submitted.

### D

**DAVIES, D. R., BERRY, G. J., HEATH, M.C. ET DAWKINS, T. C. K. (1985).** Pea (*Pisum sativum* L.). Williams Collins, Sons. 198 pages.

**DJENIDI, H., KHENNOUF, S. ET BOUAZIZ, A. (2019).** Antioxidant activity and phenolic content of commonly consumed fruits and vegetables in Algeria. *Progress in Nutrition*, 21, 01-12.

**DOUMONT E., 2008.** Tolérance au gel après acclimatation au froid chez les pois : identification de protéines et cartographie de PQH et QTH. Thèse docteur en science de l'université de Lille 1. stratégies d'exploitation des fonctions biologiques. France, 18p.

**DOYMAZ, I. ETKUCUK, I. (2017).** Pretreatments and temperature effects on the drying kinetics of peas. *Bulgarian Chemical Communications*, 49, 90-97.

### E

**ELZEBROEK T., ET WIND K. 2008.** Guide to cultivated plants. CAB International, Oxfordshire, UK. enzymology. New York: Academic Press. (1):149-158.

**F**

**FAHIM, J. R., ATTIA, E. Z. ETKAMEL, M. S. (2019).** The phenolic profile of pea (*Pisumsativum*): a phytochemical and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*, 18(1), 173-198.

**FAO, 2017.** Food and alimentation organization. Sur le site: <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>. [Consulté le 15-04-2019].

**FREE J.B. 1993.** Insect pollination of crops. 2nd ed. Academic Press. London, 152.

**FREY H. C ET PATIL S. R., 2002.** Identification and review of sensitivity analysis methods. Risk analysis. Vol. 22,3: pp 553-578.

**G**

**GODIN ET AL., 1999. GODIN, C., COSTES, E., AND SINOQUET, H. (1999).** A method for describing plant architecture which integrates topology and geometry. *Annals of Botany*, 84 :343–357.

**GODIN, 2000. GODIN, C. (2000).** Representing and encoding plant architecture: A review. *Ann.For.Sci*, 57:413–438.

**GREINER R., 1998.** Catchment management for dryl and salinity control: model analysis for Liverpool plains in New South Wales; *Agric. Syst.* 56; 225p.

**GUO ET AL., 2003. GUO, Y., REFFYE (DE), P., SONG, Y., ZHAN, Z., LI, B., AND DINGKUHN, M. (2003).** Modeling of Biomass Acquisition and Partitioning in the Architecture of Sunflower. In *Plant Growth Models and Applications*. Tsinghua University Press and Springer.

**H**

**HANADA, 1982. HANADA, K. (1982).** Differentiation and development of tiller buds in rice plants. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 26:79–86.

**HANAN, 2004. HANAN, J. (2004).** Modelling coton (*Gossypiumhirsutum* L. with lsystems: A template model for incorporating physiology. In FSMP04, Montpellier, France.

**HALLÉ ET AL., 1978. HALLÉ, F., OLDEMAN, R., AND TOMLINSON, P. (1978).**Tropical trees and forests, an architectural analysis. Springer-Verlag, New-York.

**HASKELL, G. 1943.** Spatial isolation of seed crops.Nature (London) 152: 591-592.

**HOLLAND, P. M., ABRAMSON, R. D., WATSON, R. ET GELFAND, D. H. (1991).**Detection of specific polymerase chain reaction product by utilizing the 5'----3'exonuclease activity of The *rmusaquaticus* DNA polymerase.*Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88(16), 7276-7280.

### J

**JEUFFROY M H., VOCANSON A., ROGER-ESTRADE J., MEYNARD J M., 2012.** The use of models at field and farm levels for the ex-ante assessment of new pea genotype ;Europ. J. Agronomy Vol. 42; pp68-78.

### K

**KANG ET AL., 2004. KANG, M., COURNEDE, P., LE ROUX, J., REFFYE (DE), P., AND HU, B. (2004).** Theoretical study and numerical simulation of a stochastic model for plant growth. In CARI04, Tunisia.

**KAY, D. E. (1979).**Food legumes.3ème Edition, Tropical Products Institute.35 pages.

**KENENI, G., JARSO, M., WOLABU, T. AND DINO G. 2005.**

**KURTH, 1994A. KURTH, W. (1994A).** Growth grammar interpreter GROGRA2.4 : A software tool for the 3-dimensional interpretation of stochastic, sensitive growth grammars in the context of plant modelling. Introduction and Reference Manual. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität at Göttingen, Ser. B, Vol. 38.

### L

**LAMBONI M., MAKOWSKI D., LEHUGER S., GABRIELLE B., MOND H., 2009.** Multivariate global sensitivity analysis for dynamic crop models; field crops RESEARCH Vol. 113; pp 312-320.

**LAUMONT ET CHEVASSUS. (1960).** Algérie. Ann. Ins. Agr. des services de recherche -et Expérimentation agricole de l'Algérie, Tome II. Juil. 1960. 35p.

**LEDELIU B. ET LEDUIGON A., 2001.** Le pois conserve en Bretagne, fiche chaîne de production légumes, tome 3 CL choux et CL fourrage, UNILET.

**LIFERMANN, 1975. LIFERMANN, J. (1975).** LES SYSTEMES DISCRETS .MASSON.

**LINDENMAYER, 1968. LINDENMAYER, A. (1968).** Mathematical models for cellular interactions in development. i. filaments with one-sided inputs. Journal of Theoretical Biology, 18 :280–289.

### M

**MADR. 2014.** Annuaire statistique du Ministère de l'Agriculture ET du Développement Rural.

**MCGEE R. 2012.** USDA-ARS. Personal communication.

**MESSIAEN C.M. 2010.** Le potager familial méditerranéen. Edition Versailles, 191 p.

**MESSIAEN, C.M., BLANCARD D., ROUSSEL F., HAFON R., 1991.** Les maladies des plantes maraichères. 3 éditions, Paris, INRA, 291-305p.

### N

**NYABYEENDA P. (2005).** Plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique - Légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines, céréales. 110p.

**O**

**OELKE, E. A., OPLINGER, E. S., HANSON, C. V., DAVIS, D. W., PUTNAM, D. H., FULLER, E. I. ET ROSEN, C. J. (1991).** Dry Field Pea. *Alternative Field Crops Manual*, 100-113.

**P**

**PART R., 2007.** Expérimentation en biologie et physiologie végétale, Ed. Quae, Hermann, Paris, 265P.

**PERROT, C. (1995).** Les protéines de pois : de leur fonction dans la graine à leur utilisation en alimentation animale. *Inra Productions Animales*, 3, 151-164.

**POUVREAU, A. 2004.** Les insectes pollinisateurs. Delachaux&Niestlé, 157 p.

**PROST L., CERF M., JEUFFROY M H 2011.** Lack of consideration for end- users during the design of agronomic models. *A review; Agron. Sustain. Dev.* 32: pp 581-594.

**PRUSINKIEWICZ, 1998. PRUSINKIEWICZ, P. (1998).** Modeling of spatial structure and development of plants : a review. *Scientia Horticulturae*, 74 :113–149.

**R**

**REMOND, D. ET WALRAND, S. (2017).** Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovation Agronomique*, 60, 133-144.

**Reffye (de) et al., 2003. Reffye (de), P., Goursat, M., Quadrat, J., and Hu, B. (2003).** The Dynamic Equations of the Tree Morphogenesis Greenlab Model. Technical Report 4877, INRIA.

**ROE, M., PINCHEN, H., CHURCH, S. ETFINGLAS, P. (2015).** McCance and Widdowson's The Composition of Foods Seventh Summary Edition and updated Composition of Foods Integrated Dataset. *Nutrition bulletin*, 40(1), 36-39.

S

**SANCHEZ-MONGE, R., LOPEZ-TORREJON, G., PASCUAL, C. Y., VARELA, J., MARTIN-ESTEBAN, M. ETSALCEDO, G. (2004).** Vicilin and convicilin are potential major allergens from pea. *Clinical & Experimental Allergy*, 34(11), 1747-1753.

**SMARTT, J. (1990).** Grain legumes: Evolution and genetic resources. Cambridge University Press. 200 pages.

**Smykal, P., Kenicer, G., Flavell, A. J., Corander, J., Kosterin, O., Redden, R. J., Ford, R., Coyne, C. J., Maxted, N., Ambrose, M. J. et Ellis, N. T. H. (2011).** Phylogeny, phylogeography and genetic diversity of the *Pisum* genus. *Plant Genetic Resources*, 9, 4-18.

**STROYAN H. L. G (1961).** La détermination des aphides vivants sur les Citrus. Bull. Phytosa. Food. Agri. Org. 9 (4): 45-68.

T

**TOSH, S. M. ET YADA, S. (2010).** Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43, 450-460.

V

**VIGICULTURE S., 2016.** (<http://www.vigicultures.fr>).

**VERWAERDE, 1997 VERWAERDE, D. (1997).** Modèles différentiels et optimisation. École Central Paris.

**VOCANSON A., 2006.** Evaluation ex ante d'innovation variétales en pois d'hiver (*Pisum sativum* L.): approche par modélisation au niveau de la parcelle et de l'exploitation agricole; Thèse de Doctorat; 223p.

W

**WALLACH D., MAKOWSKI D., JONES J. W., 2006.** Working with dynamic crop models- Evaluation, analysis, parameterization and applications; Edition Elsevier; ISBN- 10: 0-44452135.

**WHITE, 1979.**WHITE, J. (1979). The plant as a metapopulation. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 10:109–145.

### Y

**YAN ET AL. 2002. YAN, H.-P., BARCZI, J.-F., REFFYE (DE), P., HU, B., JAEGER, M., AND LE ROUX, J. (2002).** Fast Algorithms of Plant Computation Based on Substructure Instances. In *Visualization and Computer Vision 2002*. WSCG, The 10-th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, EUROGRAPHICS.

### Z

**ZAFFRAU J., 2000.** Développement graine et germination, différent type de plantule, isabelle de Sainte-Marie, Paris, 5p.

**ZHAO ET AL., 2003. ZHAO, X., REFFYE (DE), P., BARTHELEMY, D., AND HU, B. (2003).** Interactive simulation of plante architecture based on a dual-scale automaton model. In *Plant Growth Models and Applications*. Tsinghua University Press and Springer.

**ZOHARY, D .ET HOPF M. L988.** Domestication of plants in the old world, Oxford Univ. Press. Oxford, U.K.

**ZOHARY, D. ET HOPHF, M. (2002).** Domestication of plants in the old world: the origin and spread of cultivated plants in west Asia, Europe and the Nile Valley. 3<sup>ème</sup> Edition, Oxford University Press Inc. 328 pages.

### Site internet:

[1]: <http://sotor.com>.

[2]: <https://books.google.dz> 22/04/2018.

[3]: [www. Terresunivia.fr](http://www.Terresunivia.fr) 12/05/2018.

[4]: <https://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/Cultures/Pois/Maladies/pois-ascochytose> 29/05/2018.

<p><b>Nom: FILALI</b>  <b>Prénom: Ikram</b>  <b>Nom: FAKHET</b>  <b>Prénom: Fatima</b>  <b>Nom: DERIDAH</b>  <b>Prénom: Noura</b></p>	<p>الإسم: إكرام  اللقب: فيلاي  الإسم: فاطيمة  اللقب: فاكت  الإسم: نورة  اللقب: دريدح</p>
<p align="center"><b>Thème: Modélisation de la croissance dans une culture in vivo de pois pisumsativum</b></p>	
<p><b>Résumé :</b>  Au cours des années, les scientifiques ont mené des recherches qui ont conduit au développement du domaine agricole, où ils ont découvert de nouvelles techniques afin d'améliorer la qualité et la quantité du produit. Parmi ces techniques, la modélisation numérique qui travaille sur la formation d'un ensemble de relations mathématiques car il décrit un phénomène végétal tel que la croissance des plantes (sortie des feuilles, longueur de tige ...).  Les modèles agricoles sont réalisés par des moyens pédagogiques simples, des méthodes de recherche et des moyens de suivi des plantes.  Nous avons testé trois variétés de plantes de pois (<i>Pisummsativum</i> L.). Nous avons étudié sa croissance et essayé quelques concentrations de solutions naturelles : saule et levure (sésalique, phosphoreux) avec un témoin dans l'eau du robinet.  L'étude a été menée en laboratoire et dans la serre, où nous avons pu contrôler la température et la lumière. Les graines ont germé dans des récipients en plastique dans un milieu composé de (terre + eau du robinet).  Les résultats ont montré qu'il y a une différence dans la longueur de la tige et le nombre de feuilles pour toutes les plantes, donc il y a une différence de croissance, ce qui signifie que la différence dans la mesure de la longueur de la tige et du nombre de feuilles indique la présence de silice. Les effets du phosphore sur le processus de croissance des plantes est proportionnel (<b>modèle linéaire</b>).</p>	
<p><b>Mots clés :</b> Modélisation, Croissance, <i>Pisummsativum</i> L., Solutions naturelles, Modèle.</p>	
<p><b>Abstract:</b>  Over the years, scientists have carried out research that has led to the development of the agricultural field, where they have discovered new techniques to improve the quality and quantity of the product. Among these techniques, numerical modeling which works on the formation of a set of mathematical relationships as it describes a plant phenomenon such as plant growth (leaf out, stem length, etc.).  Agricultural models are made by simple educational means, research methods and plant monitoring means.  We tested three varieties of pea plants (<i>Pisummsativum</i> L.). We studied its growth and tried several concentrations of natural solutions: willow and yeast (sesalic, phosphorous) with a control in tap water.  The study was carried out in the laboratory and in the greenhouse, where we were able to control the temperature and the light. The seeds were germinated in plastic containers in a medium composed of (soil + tap water).  The results showed that there is a difference in the length of the stem and the number of leaves for all the plants, therefore there is a difference in growth, which means that the difference in the measurement of the length of the stem and number of leaves indicates the presence of silica. The effects of phosphorus on the growth process of plants is proportional (<b>linear model</b>).</p>	
<p><b>Keywords:</b> Modeling, Growth, <i>Pisummsativum</i> L., Natural solutions, Model.</p>	
<p align="right"><b>ملخص:</b></p> <p>قام العلماء بأبحاث على مرور السنين أدت إلى تطور الميدان الزراعي، حيث اكتشفوا تقنيات جديدة من أجل تحسين نوعية و كمية المنتج، من بين هذه التقنيات النمذجة الرقمية التي تعمل على تشكيل مجموعة من العلاقات الرياضية حيث تصف ظاهرة نباتية مثل نمو النبات (خروج الأوراق، طول الساق).</p> <p>النماذج الفلاحية تتحقق بواسطة وسائل بيداغوجية بسيطة، ووسائل بحث ووسائل مراقبة النباتات .</p> <p>- قمنا بتجربة على ثلاث اصناف من نبات البزلاء. درسنا نموها وجرنا بعض التراكيز لمحاليل طبيعية:الصفصاف والخميرة (سيساليك، فوسفور) مع شاهد في ماء الحنفية .</p> <p>الدراسة اجريت في المخبر والبيت البلاستيكي حيث استطعنا التحكم في درجة الحرارة والضوء، البذور أنبتت في أوعية بلاستيكية في وسط يتكون من (تربة+ ماءحنفية).</p> <p>تبين من خلال النتائج وجود اختلاف في طول الساق وعدد الأوراق بالنسبة لكل النباتات إذن هناك اختلاف بالنسبة للنمو أي أن الاختلاف في قياس طول الساق وعدد الأوراق يبين آثار الفسفور على عملية نمو النبات بشكل متناسب (<b>نموذج خطي</b>).</p>	
<p align="right"><b>الكلمات المفتاحية:</b> النمذجة ، النمو ، <i>Pisummsativum</i> L. ، المحاليل الطبيعية ، النموذج.</p>	