

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix – Travail – Patrie*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
ECOLE NORMALE SUPERIEUR  
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE  
D'EBOLWA

DEPARTEMENT DE D'AGRICULTURE  
ET AGROPASTORAL

\*\*\*\*\*



REPUBLIC OF CAMEROUN

*Peace – Work – Fatherland*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
HIGHER TECHNICAL TEACHER  
TRAINING COLLEGE OF  
EBOLWA

DEPARTMENT OF OF  
AGRICULTURE AND  
AGROPASTORAL

\*\*\*\*\*

## Filière Agriculture

**Essai comparatif, d'adaptabilité de trois variétés de pomme de terre (Solanum, Tuberosum), sous fertilisation organique, en zone de basse altitude à Ebolowa (Ngalan)**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de  
Professeur de  
l'Enseignement Technique de 2ème Grade (DIPET II)

Par : **NNANGA AXEL ARNAUD**  
Elève-Professeur des Lycées de l'Enseignement Technique

Sous la direction de  
**Pr. BIKOMO MBONOMO René**  
Maitre de Conférences, C.E.

Année Académique : 2019/2020



## **FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL**

Je soussigné, NNANGA AXEL ARNAUD, étudiant à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique (ENSET) de l'université de Yaoundé 1 à Ebolowa, atteste que le présent mémoire est le fruit de mes propres travaux effectués dans le site de Ngalan à Ebolowa, sous le thème : « Essai comparatif, d'adaptabilité de trois variétés de pomme de terre (*Solanum, Tuberosum*), sous fertilisation organique, en zone de basse altitude à Ebolowa (Ngalan)» sous la supervision du Pr. BIKOMO MBONOMO René, Maître de conférences et Chef de Département d'Agriculture et Agropastoral.

Ce mémoire est authentique et n'a pas été l'objet d'aucune présentation antérieure pour l'obtention de quelque grade universitaire que ce soit.

### **Noms et visa de l'auteur**

NNANGA Axel Arnaud

Date: Le 24/06/2020

### **Visa du Superviseur**

Date :.....

### **Visa du Chef de Département**

Date :.....

**FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE**

**Le présent mémoire a été corrigé conformément aux observations du jury**

**Visa du Superviseur**

**Visa du Président du Jury**

**Visa d l'examineur**

**Visa du Chef du Département**

**Date : \_\_\_\_\_**



## DEDICACE

*A la mémoire de mon Père Feu NNANGA BILO'O HENRI et ma petite sœur Feu NNANGA BILOO ANNIELLE STEPHANIE (qu'ils soient au Paradis)*

*A ma mère EMVOUDOU CECILE épouse feu NNANGA qui m'a tant encouragée et donnée espoir et qui a toujours prié pour moi ;*

*A mon petit frère NNANGA EBALE ARTHUR, pour son soutien sans relâche, surtout depuis le décès de notre cher père et qui m'a apporté toute son aide durant mon cursus académique ;*

*A ma petite sœur NNANGA MEYO PRYSILE MAGALY, pour son implication et à la marque de solidarité qui l'anime à tout temps ;*

*A M. NNA SAMUEL, pour son soutien constant et pour le rôle*

*A M. ENGO FRITZ, et à toute sa famille pour m'avoir accueilli et pour le sens de l'hospitalité ;*

*A M.et MME ZONGO, pour le soutien moral et financier à mon égard ;*

*A la famille MVE, pour m'avoir ouvert les portes, dans les moments difficiles ;*

*A Mlle BISSO EBOLO DESTINEE MYLENE et toute sa famille, pour avoir cru en moi*

*A mes amis, KAPWA DESCARTE, FOSEP NARCISSE qui m'ont convaincu de la dimension intemporelle de l'amitié ;*

*Enfin à ma très chère fille, NNANGA EBOLO GRACE-CHRISTY*

*En reconnaissance de leurs aides, gentillesse et leur agréable compagnie*

***Je dédie ce modeste travail***

## REMERCIEMENTS

Aux termes de ces années de recherche, nous avons l'agréable devoir d'exprimer nos sentiments de gratitude à l'égard de toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce mémoire.

D'abord, nous voudrions témoigner notre profonde gratitude à notre :

Directrice, le Professeur NJAKOMO ESSIANE SALOME, qui n'a ménagée aucun effort pour que ma formation se déroule dans un cadre professionnel et en toute sérénité.

Au Professeur ETOA MAGLOIRE, Directeur de polytechnique de yaounde, que je ne remercierais jamais assez, pour nous avoir permis de faire cette formation

Au professeur BIKOMO MBONOMO René, Chef de Département d'Agriculture et Agropastorale de l'ENSET d'ébolowa ; pour sa disponibilité, ses remarques, ses conseils méthodologiques et ses encouragements, pendant toute notre formation, qui n'a jamais manqué de nous apporter ses conseils avisés, ses remarques pertinentes, pour la correction de ce travail. Je le remercie aussi pour son appui ainsi la confiance qu'il nous a témoignée.

A M. EDIMENGO PHILLIPE, pour avoir accepté de m'encadrer tout au long de ce travail ;

A M. NYATE PARFAIS, pour pour ces conseils professionnels ;

Au maire de Mvangan, M. MiNSILI EBAH THOMAS, pour son implication sans faille pour la réussite de ce travail et de ma formation

**Humblement merci.**

## SIGLES

<b>al °C</b>	Degré celsius
<b>cm</b>	centimetre
<b>CCSP</b>	Contrôle et certification des semences et plants
<b>CEC</b>	Capacité d'échange cationique
<b>CAP</b>	Conseiller Agricole de Proximité
<b>CAPLAME</b>	Société Coopérative Agricole des Planteurs de la Menoua
<b>COOP - CA</b>	Coopérative avec Conseil d'Administration
<b>CNPS</b>	Caisse Nationale de Prévoyance Sociale
<b>CSE</b>	Centre - Sud - Est
<b>C2SD MANIOC</b>	Contrat de désendettement et de développement
<b>DAA</b>	Délégation d'Arrondissement de l'Agriculture
<b>FAD</b>	Fonds Africain de Développement
<b>FAO</b>	<i>Food and Agricultural Organization of the United Nations</i>
<b>F CFA</b>	Franc de la Communauté Financière d'Afrique
<b>FIDA</b>	Fonds International de Développement Agricole.
<b>FIMAC</b>	Fonds d'Investissement des Microprojets Agricoles et Communautaires
<b>GIE</b>	Groupe d'Intérêt Économique
<b>GIC</b>	Groupe d'Initiative Commune
<b>IRAD</b>	Institut de Recherche Agricole pour le Développement
<b>ITA</b>	Institut de Technologie Agroalimentaire
<b>MIFED</b>	Micro finance et Développement
<b>MINADER</b>	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
<b>MINEPIA</b>	Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries Animales
<b>MIRAP</b>	La Mission de Régulation des Approvisionnements des Produits de grande consommation
<b>min</b>	minute
<b>mm</b>	Millimètre
<b>ONG</b>	Organisation Non Gouvernementale
<b>ONU</b>	Organisation des Nations Unies
<b>OP</b>	Organisation Paysanne
<b>OPA</b>	Organisation des Producteurs Agricoles
<b>PAM</b>	Programme Alimentaire Mondiale
<b>PDT</b>	Pomme de terre
<b>PDVRTP</b>	Programme de Développement et de Valorisation des Racines, Tubercules et du Plantain
<b>PIDMA</b>	Projet d'Investissement et de Développement des Marchés agricoles
<b>PNVRA</b>	Programme National de Vulgarisation et de Recherche Agricole
<b>PVX</b>	Virus X de la pomme de terre
<b>PVY</b>	Virus Y de la pomme de terre

LISTE DES FIGURES	<b>Pages</b>
<b>Figure 1</b> : Caractéristiques morphologique de la pomme de terre.....	38
<b>Figure 2</b> : coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre.....	51
<b>Figure3</b> : Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre.....	52
<b>Figure4</b> : les différentes formes des tubercules de pomme de terre.....	53
<b>Figure 5</b> : composition chimique du tubercule.....	56
<b>Figure 6</b> : les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre.....	57
<b>Figure 7</b> : Évolution physiologique du tubercule de pomme de terre.....	57
<b>Figure 8</b> : Les différentes maladies st ravageurs de la pomme de terre.....	58
<b>Figure 9</b> : Evolution de la hauteur moyenne des varietés en fonction du temps avec fertilisant.....	59 59
<b>Figure 10</b> : Evolution de la hauteur moyenne des varietés en fonction du temps sans fertilisant.....	61 61
<b>Figure 11</b> : Evolution du nombre moyen de feuilles des varietés en fonction du temps en milieu fertilisé.....	62 63
<b>Figure 12</b> : Evolution du nombre moyen de feuilles des varietés en fonction du temps sans fertilisant.....	63 64
<b>Figure 13</b> : Répartition du nombre et du calibre des tubercules par plant sur les deux milieux de culture.....	64 65
<b>Figure 14</b> : Poids de la biomasse fraiche produite par plant.....	72

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Micronutriments d'une pomme de terre crue, non épluchée, 213g .....	9
Tableau 2 : Principaux pays producteurs de pommes de terre .....	16
Tableau 3 : Production de pommes de terre, par région. ....	17
Tableau 4 : Consommation de pommes de terre, par région. ....	17
Tableau 5 : Evolution de la production de pommes de terre de consommation 2000-2010 .....	18
Tableau 6 : Evolution de la production de semences de pommes de terre 2000-2009 .....	19
Tableau 7 : Moyenne de la longueur finale des tiges. ....	62
Tableau 8 : Analyse de la variance de la longueur des tiges en fonction de la variété du milieu et du temps. .	63
Tableau 9: Nombre de tiges par plant. ....	63
Tableau 10 : Analyse de la variance du nombre des tiges en fonction de la variété du milieu et du temps. ....	64
Tableau 11 : Moyenne du nombre final de feuilles par plante. ....	65
Tableau 12 : Analyse de la variance du nombre de feuilles en fonction de la variété du milieu et du temps. .	66
Tableau 13 : Analyse de la variance du nombre de tubercules en fonction de la variété et du milieu	67
Tableau 14 : Quantité de biomasses fraîches produites par plant. ....	69
Tableau 15 : Matrice des corrélations entre les différents paramètres mesurés et facteurs. ....	72

## LISTE DES PHOTOS

## Pages

<b>Photo1</b> :Photo de la varieté Désirée entière, en coupe et le germe en concertation	7
<b>Photo 2</b> : Photo de la varieté Spunta entière, en coupe et le germe.....	54
<b>Photo3</b> :Photo de la varieté Cipira entière, en coupe et le germe.....	54

## **Table des matières**

## RESUME

La production de minitubercules de pommes de terre est l'étape intermédiaire classique pour rendre possible l'utilisation en plein champ du matériel végétal d'origine *in vitro* comme semences saines, exemptes de toute infection bactérienne ou virale.

Dans ce travail, nous avons testé l'influence de deux milieux de culture, sur le comportement variétal de trois variétés de pomme de terre (*Spunta*, *Désirée* et *Cipira*). Nous avons évalué et comparé la réaction de ces trois variétés dans les deux milieux par une série de mesures d'ordre morphologique à travers d'une part la vigueur de croissance (mesure de la longueur et nombre des tiges, dénombrement des feuilles) ; et d'autre part à travers le rendement (nombre et calibre des tubercules). De plus, des analyses physico-chimiques ont complété ces essais.

Les résultats obtenus montrent que le taux de multiplication global mesuré par variété est semblable dans les deux répétitions et qu'il est représentatif du potentiel de tubérisation des variétés. On distingue ainsi facilement que la variété *Cipira* possède une bonne capacité de tubérisation (15 à 19 tubercules par plant) avec un calibre homogène, quant aux variétés *Spunta* et *Désirée*, elles possèdent une capacité moyenne (de 9 à 11 tubercules par plant) et elles sont caractérisées par des tubercules de grand calibre.

Les analyses statistiques établies révèlent que quel que soit le milieu de culture des plantes, le nombre de tubercules produits par plant est fonction de la variété, mais que l'effet des conditions du milieu tend à maximiser le rendement en optimisant le potentiel génétique de la plante.

## ABSTRACT

The potato minituber production is the classical intermediate stage enabling field use of potato materials with an *in vitro* origin. This production of minitubers may be achieved through various techniques. Most often however they are based upon bedding vitroplantlets or vitroplantlets cuttings in a soilless cultivation.

In this work we tested the influence of two cultures, on the reaction of three varieties potatoes (*Spunta*, *Désirée* & *Cipira*). Where we compared the reaction of the three varieties in the two environments through a series of morphological measures through a part the quality the strength of growth (measurement of length and number of stems, leaves count) through the other part the performance (number and size of tubers).

The results obtained show that the rate of proliferation measured of every variety was similar in both of the tests this is a sign to a productive ability of the tuber of every variety. It is easily distinguished that *Cipira* variety has a good ability of the production of tubers (15-19 tuber per plant) with a uniformity of size of the tubers. But the two others varieties *Spunta* & *Désirée* have an average capacity of production between 9-11 tuber per plant.

Statistical analysis that has been carried out, shows that regardless the place of cultivation, the number of the tubers depends on the variety. The role of the environment contributes, only on increasing the yield, by optimizing well the genetic potential of plant.

## **CHAPITRE1 : INTRODUCTION**

### **1.1.Généralité**

Le FAO dans sa politique de lutte contre, l'insécurité alimentaire, dans le monde place la pomme de terre (*Solanum Tuberosum*) en pole position des plantes cultivées. En Afrique sub-saharienne, avec les autres racines et tubercules (manioc...etc), constituent les plus importantes cultures alimentaires dans les régions d'agricultures de subsistances. La production de ces denrées agricoles, selon le FAO, a dépassé 137000.000 de tonnes en 1998.A l'échelle mondiale, elles viennent aux deuxième rang après les céréales (Bell et all, 2000). La pomme de terre (*Solanum Tuberosum*), est une plante herbacée tubéreuse, ayant pour origine l'Amérique latine. Sur le plan mondiale, sa production se chiffrait à environ 3300.000 de tonnes en 2004(FAO 2007), plaçant ainsi cette dernière au 5<sup>2</sup>eme rang, des plantes cultivées derrière la canne à sucre, le maïs, le blé et le riz ( behati et al. ;2013 ; Dehdar et al. ; 2012), et au 1<sup>2</sup>r rang des racines et tubercules, avec une production annuelle d'env.300.000 de tonnes, ce qui représente à peu près 19.000.000 d'hectares (ha),(FAO 2008).Le gouvernement camerounais dans sa stratégie de lutte contre, justement l'insécurité alimentaire, place, l'agriculture au centre de sa politique de développement, ( avec un PIB de près de 22,9%, Cirrid-2020, media terre V4.0), par l'implantation de nombreux projets et programme, en partenariat avec les ONG. La production et la culture, de la pomme de terre au Cameroun n'en sont pas épargnées. Cela peut se démontrer par ; la distribution des plants et des semences, aux agriculteurs et aux producteurs locaux ; la création d'un catalogue officiel des variétés à cultivées au Cameroun. Malgré ces efforts, de la part des pouvoirs publics, il est fort de constater que, les exploitants agricoles, à base de cultures vivrières, évoluent dans un environnement, qui ne dispose pas toujours de circuits semenciers, capable de mettre à la disposition, des producteurs des semences de bonnes qualités et en quantité suffisante.

### **1.2.CONTEXTE ET JUSTIFICATIF DE L'ETUDE**

La culture de la pomme de terre (*Solanum, Tuberosum*), est prometteuse et offre de nombreux atouts ; d'un point de vue agronomique, sa culture est aisée, son potentiel de rendement est important (en tonne par hectare ),sur le plan nutritionnel, elle se classe parmi, les plantes à tubercule, les plus nutritives avec une teneur énergétique élevée. Sur le plan

commercial, ses tubercules sont très appréciées, par les populations et constitue ainsi une culture de rente pour les nombreux agriculteurs. C'est sûrement à la lumière de tous ces constats, ci-dessus que l'ONU a déclaré, l'année 2008 « Année internationale de la pomme de terre ». Par conséquent, on présume que l'extension de sa culture, débouchera, sur un accroissement de la sécurité alimentaire dans le monde.

### **1.3.PROBLEMATIQUE**

A l'inverse de la production de la pomme de terre de consommation qui connaît un essor remarquable, dans certaines régions du Cameroun ; la région du sud, en général et le département de la Mvila en particulier, ne connaît pas le même succès ; d'une part et d'autre part, à Ebolowa, la pomme de terre est considérée, comme un aliment de luxe, elle très prisée dans les ménages, les marchés locaux en sont dépourvus et la culture de ses tubercules, est encore considérée comme une curiosité, pour les exploitants agricoles. Sur le plan géographique, Ebolowa est situé dans une zone dite de transit, stratégique pour la sous-région CEMAC, offrant ainsi, un marché potentiel, pour les agriculteurs locaux. Enfin, au Cameroun, la pomme de terre est principalement cultivée dans la zone agro-écologique de savane humide d'altitude, où, les conditions de croissance sont favorables (MINPAT 2013). De là, la pomme de terre est transportée, dans les villes à grande agglomérations, où la consommation est élevée (NKWAIN et al ; 2013). Etant donné la nature charnue des tubercules de pomme de terre, la manutention qui est encore rudimentaire et les conditions sous-optimales, dans lesquelles, le transport est effectué, les tubercules sont souvent blessés ; ce qui induit ainsi une augmentation de la détérioration physiologique post-récolte. L'une des façons de limiter ces pertes post-récoltes et dans le souci de remédier aux insuffisances relevées ci-dessus ; est, justement de localiser, les centres de productions, le plus proche possible des zones de consommation et de la zone de transit pour le cas d'Ebolowa. Ce qui réduira considérablement, les pertes liées au transport.

Ebolowa (Ngalan), dont diverses activités agricoles sont déjà pratiquées et répandues, pourrait être un bon centre de production. Pour ce faire, et selon notre stratégie et en fonction des objectifs que nous nous sommes fixés ; il nous a été donné l'opportunité d'évaluer, non seulement, la productivité, mais aussi le rendement, de certaines variétés (trois au total) ; parmi lesquelles la sélection des cultures, les plus appropriées, pourrait s'effectuer ici.

## **1.4.OBJECTIFS**

### **1.4.1.OBJECTIF GENERAL**

L'objectif global de notre travail, est d'évaluer la réponse de trois variétés de pomme de terre (DESIREE sp, SPUNTA sp, CIPIRA sp), en zone de basse altitude et sous fertilisation organique ( fiente de poule) ; pour déterminer le potentiel de productivité et de rente de ces variétés, pour chaque milieu ;de trouver la variété la plus à même capable de s'adapter, aux conditions agro-écologiques, auxquelles elle fait face

### **1.4.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES**

- L'amélioration de la production, de la productivité et du rendement des EFA (exploitants familiale),
- Promouvoir la compétitivité de leurs produits sur le marché ;
- L'exploration et l'exploitation, des opportunités commerciales, feront l'objet de nos objectifs spécifiques.
- La vulgarisation et la sensibilisation, portant sur les résultats de notre recherche ;

Notre travail de recherche est structuré en deux parties ; une partie présente la revue de la littérature, sur la pomme de terre et la fertilisation organique, une autre partie va s'appesantir ; sur les matériels et les méthodes utilisées ; ainsi que l'analyse et l'interprétation des données recueillies en champs.

## CHAPITRE II : REVUE DE LA LITTERATURE

### A. Généralité sur la pomme de terre

#### 1. Description botanique

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) est une plante vivace dicotylédone tubéreuse, herbacée, cultivée pour ses tubercules riches en amidon et possédant des qualités nutritives, originaire d'Amérique du Sud. Elle appartient à la famille des Solanacées, qui sont des plantes à fleurs, et partage le genre *Solanum* avec au moins 2 000 autres espèces, entre autres la tomate, l'aubergine, le tabac, le piment, et le pétunia,

#### 1.1. Classification

La place de la pomme de terre dans le règne végétal est :

**Ordre :** *Solanales*

**Famille :** *Solanaceae*

**Genre :** *Solanum*

**Section :** *Petota*

**Série :** *Tuberosa*

**Espèce :** *Solanum tuberosum* L

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille de solanacées. Le genre *solanum* regroupe environ 2 000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (HAWKES, 1990). Dont les tubercules font l'objet d'un commerce international important. C'est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

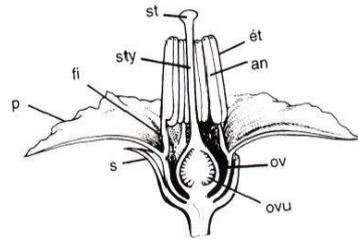
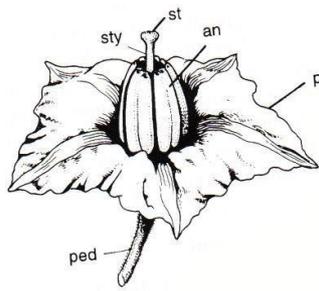
Cette plante à tubercules a subi une évolution que rarement des végétaux connaissent (amélioration et séquençage génétique par le biais de la biotechnologie). Les chiffres de sa consommation directe et de ses différentes transformations dans l'industrie lui prédisent un avenir des plus prometteurs.

s : sépale p: pétale st : stigmate sty : style ét : étamine ov : ovule

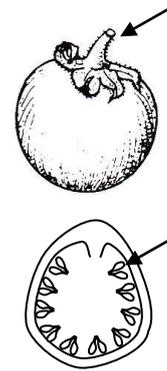
an : anthère

Calice

Graines



La fleur



Le fruit (baie)

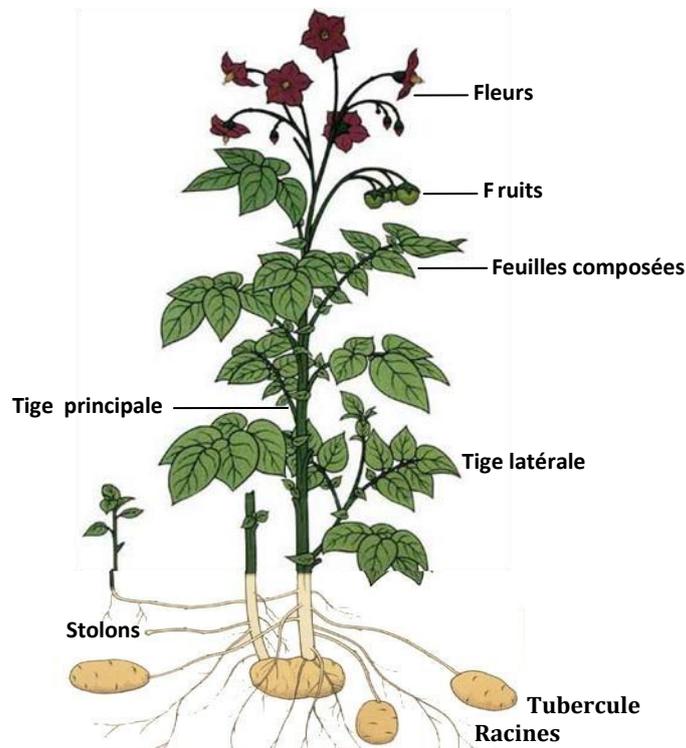


Figure : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre

## 2. Description morphologique

### 2.1. Partie aérienne

Chaque plante est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de port plus ou moins dressé et portant des feuilles composées (ROUSSELLE *et al.*, 1992). Comme les tiges et les feuilles, le fruit contient une quantité significative de solanine, un alcaloïde toxique caractéristique du genre.

Les inflorescences sont des cymes axillaires, les fleurs sont autogames : ne contiennent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

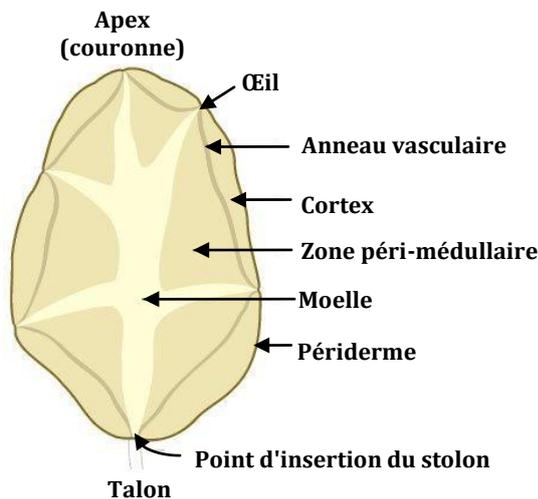
Certaines fleurs sont souvent stériles. La production de fruits est généralement rare parfois nulle. On connaît des variétés de pommes de terre qui fleurissent abondamment mais qui ne fructifient pas (SOLTNER, 1988).

## 2.2. Partie souterraine

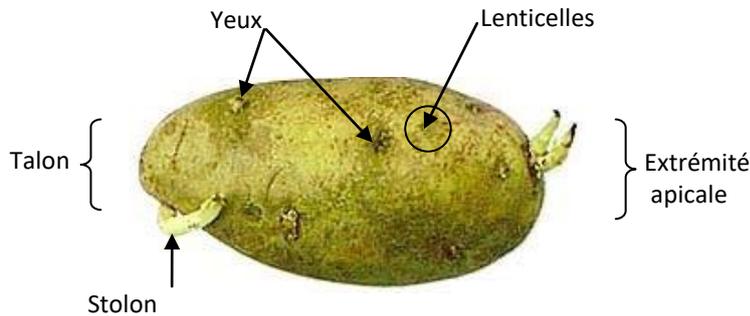
Le système souterrain représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire. L'appareil souterrain comprend le tubercule mère desséché et des tiges souterraines ou stolons (BERNHARDS, 1998).

Le tubercule de pomme de terre n'est pas une portion de racine, c'est une tige souterraine. Comme toutes les tiges, il est constitué d'entre nœuds, courts et et apaisés dans le cas présent, et porte des bourgeons (que l'on appelle les « yeux ») situés dans de petites dépressions. En se développant, les bourgeons donnent les germes et les futures tiges aériennes.

Les racines prennent naissance sur différentes parties : au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons ou encore au niveau des yeux du tubercule.



**Figure 2 : Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre**



**Figure 3 : Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre**

### 2.2.1. Structure du tubercule

#### a) Structure externe

Le tubercule de pomme de terre est une tige souterraine avec des entre-nœuds courts et épais. Il a deux extrémités :

Le talon (ou hile) rattaché à la plante- mère par le stolon.

La couronne (extrémité apicale opposée au talon) où, la plupart des yeux sont concentrés.

Les yeux sont disposés en spirale et leur nombre est fonction de la surface (ou calibre) du tubercule. Chaque œil présente plusieurs bourgeons qui donnent des germes. Ces derniers produisent, après plantation, des tiges (principales et latérales), des stolons et des racines. (BERNHARDS, 1998).

#### b) Structure interne

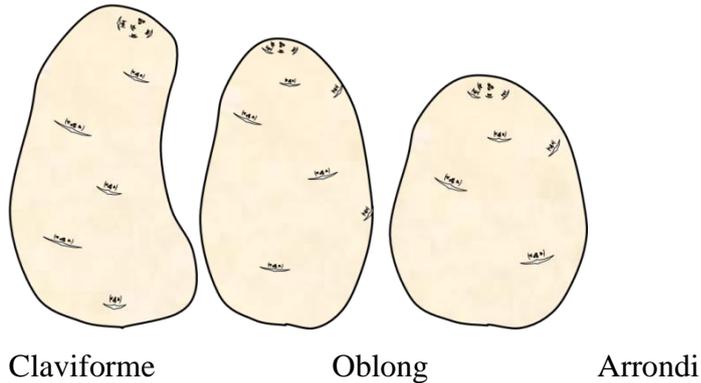
Sur la coupe longitudinale d'un tubercule arrivé à maturité, on observe de l'extérieur vers l'intérieur tout d'abord :

L'épiderme, connu plus communément sous le nom de la peau. La peau du tubercule mûr devient ferme et à peu près imperméable aux produits chimiques, gazeux et liquides. Elle est aussi une bonne protection contre les micro-organismes et la perte d'eau. Les lenticelles assurent la communication entre l'extérieur et l'intérieur du tubercule et jouent un rôle essentiel dans la respiration de cet organe. L'examen au microscope optique montre que les

cellules des parenchymes péri vasculaires sont petites et contiennent de très petits grains d'amidon.

Les cellules du parenchyme cortical sont plus grandes et renferment beaucoup plus de grains d'amidon, de moindre taille que dans la moelle.

Le tissu de revêtement (le péricarde) est la région du tubercule la plus pauvre en grains d'amidon. La zone périmedullaire présente les plus gros grains d'amidon (Bernhards, 1998).



**Figure 4 : Les différentes formes des tubercules de pomme de terre**

### ***3. Les caractéristiques du tubercule***

#### **3.1.La forme**

Les tubercules sont classés en trois grands types :

**Les claviformes** : qui sont plus ou moins en forme de rein, comme la *Ratte*

**Les oblongs** : de forme plus ou moins allongée (un peu comme un kiwi), comme *Ostara* *Bintje Spunta* ou *Béa*

**Les arrondis** : qui sont souvent bosselés; ce sont des variétés surtout destinées à produire de la féculé

#### **3.2.La couleur**

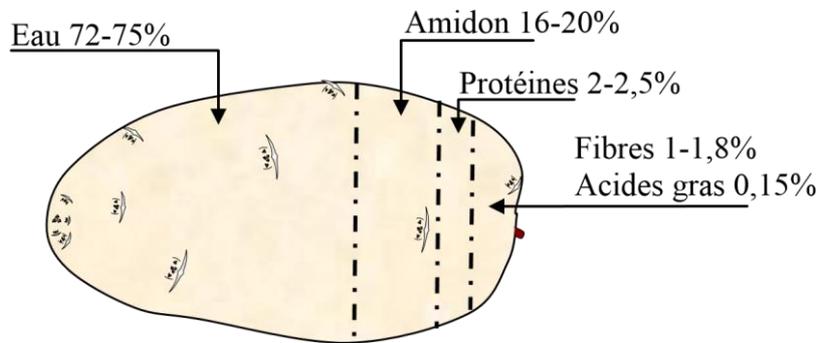
Il faut distinguer deux couleurs ; de la peau et de la chair

**La couleur de la peau** : est généralement jaune, mais peut être rouge, noire, brune ou rosée.

**La couleur de la chair**: elle est blanche, jaune plus ou moins foncée, rose ou violette selon les variétés (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

#### **3.3.Composition chimique du tubercule**

Le tubercule est constitué, principalement, d'eau (environ 75% du poids). Le reste est formé par la matière sèche : acides aminés, protéines, amidon, sucres (saccharose, glucose, fructose), vitamines (C, B1), sels minéraux (K, P, Ca, Mg), acides gras et organiques (citrique, ascorbique).



**Figure 5 : Composition chimique du tubercule de pomme de terre (U.S. National Nutrient Database)**

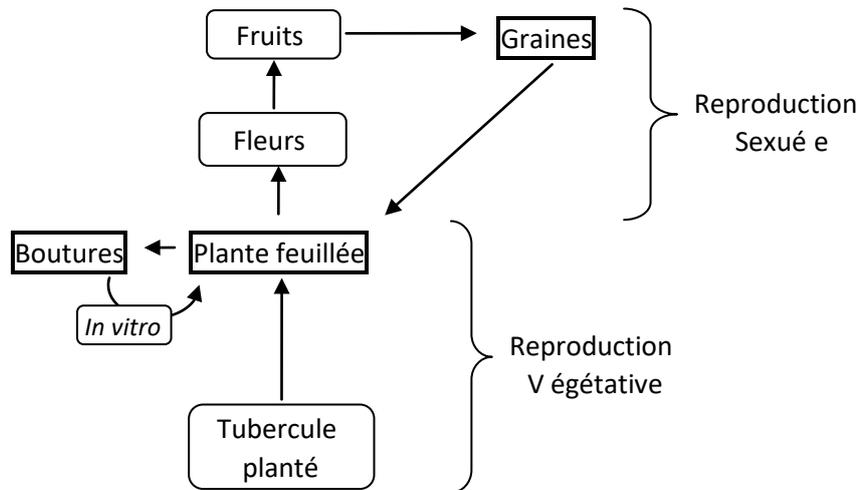
**Tableau 1 : Micronutriments d'une pomme de terre crue, non épluchée, 213g (U.S. National Nutrient Database)**

<b>Minéraux</b>	
Potassium	897 mg
Phosphore	121 mg
Magnésium	49 mg
Fer	1,66 mg
<b>Vitamines</b>	
vitamine C	42 mg
Niacine	2,2 mg
vitamine B6	0,62 mg
Thiamine	0,17 mg

#### **4. Physiologie et multiplication de la pomme de terre**

On peut multiplier la pomme de terre par graines, par boutures ou par tubercules. Le semis (avec graines) ne se pratique que dans le but d'obtenir de nouvelles variétés, la multiplication par boutures se pratique lorsqu'on ne dispose que de quelques tubercules de variétés

méritantes et qu'on désire obtenir, la même année, un grand nombre de nouveaux tubercules, la multiplication la plus courante se fait par tubercules. (VREUGDENHIL *et al.*, 2007)



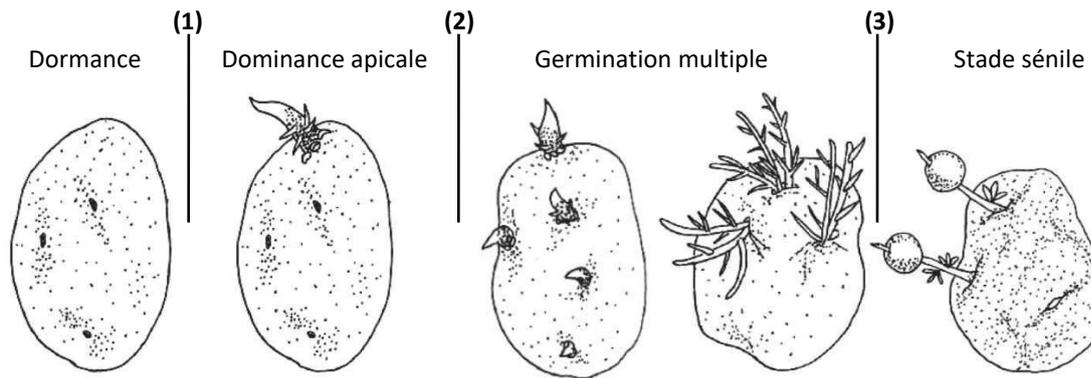
**Figure 6 : Les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre**

#### 4.1. Cycle sexué

Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 centimètres de diamètre, il contient généralement plusieurs dizaines de graines (BERNHARDS, 1998), et peut aller jusqu'à 200 graines (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est l'outil de création variétale.

La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En conditions favorables, quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules (BERNHARDS, 1998).



(1) : formation du tubercule sur la plantemère.

(2) : déclenchement de la germination du tubercule.

(3) : initiation des tubercules-fils.

**Figure 7 : Evolution physiologique du tubercule de pomme de terre**

## 4.2. Cycle végétatif

Le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve, c'est aussi un organe qui sert à la multiplication végétative, cette dernière se déroule en trois étapes : la dormance, la germination et la tubérisation

### 4.2.1. Dormance

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période où le tubercule ne germe pas, quelles que soient les conditions de température, d'éclairage et d'humidité. Il s'agit de la période de dormance, et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage, et surtout de la température. Pour hâter la germination, on peut traiter chimiquement les tubercules de semence ou les exposer alternativement à des températures élevées et basses (CHAUMETON *et al.*, 2006).

### 4.2.2. Germination

Au cours du stockage, une évolution interne du tubercule conduit d'abord à un seul germe qui se développe lentement et dans ce cas c'est toujours le germe issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons : ce phénomène est la dominance apicale. Puis un

petit nombre de germes à croissance rapide se développent. Ensuite un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant une perte progressive de la dominance apicale. Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisent. (BERNHARDS, 1998).

#### **4.2.3. Tubérisation**

Le tubercule est la justification économique de la culture de pomme de terre puisqu'il constitue la partie alimentaire de la plante et en même temps, son organe de propagation le plus fréquent.

Ce phénomène commence d'abord par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. La tubérisation est réalisée dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Outre les processus de multiplication cellulaire, le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit puis s'arrête au cours de la sénescence du feuillage (BERNHARDS, 1998).

## **5. Exigences écologiques de la pomme de terre**

### **5.1. Exigences climatiques**

#### **5.1.1. Température**

Elle influence beaucoup le type de croissance. Les hautes températures stimulent la croissance des tiges; par contre, les basses températures favorisent davantage la croissance du tubercule (ROUSSELLE et *al.*, 1996).

La pomme de terre est très sensible au gel. Le zéro de végétation est compris entre 6 et 8°C. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C le jour et 12°C la nuit. Une température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation.

#### **5.1.2. Lumière**

La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur élevée du jour (14 à 18h). Une photopériode inférieure à 12 h favorise la tubérisation. L'effet du jour long peut être atténué par les basses températures.

**La photopériode :** Driver et Hawkes 1943 remarquent qu'il y a chez la pomme de terre des variétés de jours longs, des variétés de jours courts et des variétés indifférentes.

## **5.2. Exigences édaphique**

### **5.2.1. Structure et texture du sol**

La plupart des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles.

En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule.

### **5.2.2. pH**

Dans les sols légèrement acides (pH = 5,5 à 6), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule (CHAUMETON *et al.*, 2006).

### **5.2.3. Salinité**

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire.

Lorsque la teneur en sel est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce (Anonyme, 1999).

## **6. Maladies et ravageurs**

Comme toutes les cultures, la pomme de terre est soumise à l'attaque de plusieurs maladies et ravageurs occasionnant parfois des dégâts importants.

Les principales maladies et ravageurs de la pomme de terre rencontrés en Algérie sont catalogués comme suit :

### **6.1. Maladies cryptogamiques**

- **Mildiou de la pomme de terre** : l'ennemi juré du tubercule à l'échelle mondiale est dû à une moisissure aquatique, (*Phytophthora infestans*), qui détruit feuilles, tiges et tubercules.
- **Alternariose** : L'alternariose est provoquée par les champignons (*Alternaria solani*) et (*A. alternata*). La maladie provoque surtout des dégâts en climat continental, chaud et sec, mais est accentuée en culture irriguée. Ses symptômes sont :

- Sur feuilles : taches nécrotiques, bien délimitées, de taille variable, situées plutôt sur les feuilles du bas ; présence d'anneaux concentriques sur les taches importantes.
- Sur tubercules : pourritures brunes à noires, très sèches, assez typiques, avec une dépression.
- **Rhizoctone noir** : Il est provoqué par un champignon (*Rhizoctonia solani*), qui se développe à partir des sclérotés noirs fixés sur le tubercule-mère ou présents dans le sol. Ces sclérotés constituent la forme de conservation du champignon. Les tubercules contaminés portent à la surface de petits amas noirs très durs, appelés sclérotés, qui sont très visibles sur les tubercules lavés.
- **Fusariose (la pourriture sèche)** : Elle est provoquée par des champignons du genre *Fusarium* (notamment *Fusarium caeruleum*). Cette maladie peut exceptionnellement être observée dès la récolte mais généralement, elle se manifeste en cours de conservation, provoquant la destruction du tubercule.

Le tubercule et la terre contaminés véhiculent le champignon et sont ses vecteurs de propagation ; grâce à sa forme de conservation, les chlamydospores, le champignon peut aussi se conserver dans les locaux de conservation et sur le matériel.

- **Verticilliose** : deux champignons (*Verticillium albo-atrum* et *Verticillium dahlia*) sont responsables de cette maladie

Les symptômes en végétation s'expriment tardivement : dans un premier temps, il y a jaunissement des feuilles suivi par un flétrissement du feuillage qui se généralise ensuite à l'ensemble de la plante. Les feuilles flétries brunissent, tombent ou restent fixées à la tige qui conserve une couleur verte.

L'inoculum provient du sol, de l'eau d'irrigation ou de ruissellement. L'infection peut se produire par les racines, les blessures et les germes.

## 6.2. Maladies bactériennes

- **Gale commune** : (*Streptomyces scabies*) Les symptômes de la gale commune se manifestent uniquement en surface des tubercules et dépendent de divers facteurs, dont le type de souche de gale commune, la variété et les conditions climatiques.
- **Flétrissement bactérien des solanacées** : Il est causé par un pathogène bactérien. Il provoque de graves pertes dans les régions subtropicales et tempérées.
- **Jambe noire de la pomme de terre** : c'est une infection bactérienne (*Erwinia carotovora*) qui provoque la pourriture des racines dans le sol et durant le stockage.

## 6.3. Maladies virales

Au Cameroun, les virus suivants ont été rapportés sur la pomme de terre (IRAD, 2011).

- ❖ Virus Y (*polyvirus*) ou PVY -Virus X (*potexvirus*) ou PVX
- ❖ Virus de l'enroulement ou PLRV -Virus de la mosaïque de la luzerne AMV

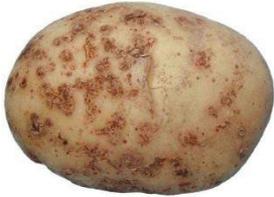
Les principaux symptômes et dégâts des maladies et ravageurs cités ci-dessus, ainsi que leurs moyens de lutte sont décrits dans un tableau des maladies de la pomme de terre (voir l'annexe).

#### **6.4. Insectes et ravageurs**

- Pucerons (*Mysus persicae*, *Aulacortum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*).
- Teigne (*Photmea operculilla*).
- Noctuelles (*Spodoptera littoralis*, *Spodoptera exigna*).
- Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*).
- Nématodes Nématodes Gallicoles (*Meloidoyne spp*).



Mildiou  
(*Phytophthora infestans* )



Gale commune  
(*Streptomyces scabies*)



Virus  
(PLRV ) ou virus d'enroulement des feuilles



Doryphore  
(*Leptinotarsa decemlineata*)



Nématode  
(agents de la pomme de terre)

## 7. Importance de la pomme de terre dans le monde

Quatrième production vivrière mondiale (après le riz, le blé, le maïs) mais première production non céréalière, la pomme de terre s'adapte à des situations très diverses : du cercle polaire à l'équateur en jouant sur les saisons, les variétés, l'altitude, etc.

Elle joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial. C'est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde et la production mondiale a atteint le chiffre record de 329 millions de tonnes en 2009 (FAO, 2010). Dans les pays développés, la consommation de pommes de terre augmente considérablement et représente plus de la moitié de la récolte

mondiale. Comme elle est facile à cultiver et que sa teneur énergétique est élevée, c'est une culture commerciale précieuse pour des millions d'agriculteurs.

Certain l'appelle l'aliment du futur, selon la FAO au cours des vingt prochaines années, la population mondiale devrait croître de plus de 100 millions d'habitants par an, dont plus de 95% dans les pays en développement, où la pression sur la terre et l'eau est déjà très forte. Le défi principal que doit relever la communauté internationale consiste, par conséquent, à garantir la sécurité alimentaire des générations présentes et futures, tout en protégeant la base des ressources naturelles dont nous dépendons tous. La pomme de terre sera un élément important des efforts déployés pour relever ces défis.

**Tableau 2 : Principaux pays producteurs de pommes de terre, (FAOSTAT, 2010)**

<b>Pays</b>	<b>Surface cultivée</b>	<b>Quantités (t)</b>	<b>Rendement (t/ha)</b>
Chine	5 000 000	72 040 000	14,4
Fédération Russe	2 851 660	36 784 200	12,9
Inde	1 600 000	26 280 000	16,4
USA	456 906	20 373 267	44,6
Ukraine	453 300	19 102 000	13,1
Pologne	569 600	11 791 073	20,7
Allemagne	274 961	11 643 769	42,3
Belarus	412 553	8 743 976	21,2
France	345 000	6 271 000	43,2

**Tableau 3 : Production de pommes de terre, par région, (FAOSTAT, 2007).**

	<b>Surface récoltée</b>	<b>Quantité</b>	<b>rendement</b>
<b>(tonnes)</b>	<b>(hectares)</b>	<b>(tonnes)</b>	<b>(tonnes/hectare)</b>
Afrique	1 541 498	16 706 573	10,8
Amérique latine	963 766	15 682 943	16,3
Amérique du Nord	615 878	25 345 305	41,2
Asie et Océanie	8 732 961	137 343 664	15,7
Europe	7 473 628	130 223 960	17,4
<b>MONDE</b>	<b>19 327 731</b>	<b>325 302 445</b>	<b>16,8</b>

**Tableau 4 : Consommation de pommes de terre, par région, (FAOSTAT, 2005).**

<b>Total denrées</b>		
<b>kg/habitant alimentaires (tonnes)</b>		
Afrique	12 571 000	13,9
Amérique latine	11 639 000	20,7
Amérique du Nord	19 824 000	60,0
Asie et Océanie	94 038 800	23,9
Europe	64 902 000	87,8
<b>MONDE</b>	<b>202 974 000</b>	<b>31,3</b>

En Afrique, la pomme de terre est un facteur économique important dans certaines régions agricoles à altitude élevées du fait qu'elle promeut de bons revenus aux producteurs, qui sont dans la plupart des cas de petits exploitants (*Fontem et al, 2004*). Le tableau 5 ressort les pays grands producteurs de pomme de terre en Afrique.

**Tableau 5: les plus grand producteurs de pomme de terre en Afrique (FAO, 2010)**

<b>Pays</b>	<b>Surface cultivée (ha)</b>	<b>Quantité (t)</b>	<b>Rendement (t/ha)</b>
Egypte	105 000	2 600 000	24,8
Malawi	185 000	2 200 000	11,9
Afrique du Sud	58 000	1 972 391	34,0
Algérie	90 000	1 900 000	21,1
Maroc	60 000	1 450 000	24,2
Rwanda	133 000	1 200 000	9,0
Nigeria	270 000	843 000	3,1
Kenya	120 000	800 000	6,7
Ouganda	93 000	650 000	7,0
Angola	120 000	615 000	5,1

#### **8. La filière pomme de terre au cameroun**

Après une période d'expansion dans les années 80, la production de pommes de terre a baissé au début des années 90 pour remonter légèrement et progressivement depuis la dévaluation du franc CFA survenue en 1994. Les estimations faites par le MINADER et capitalisées par FAOSAT (2015) font état de près de 280 000 exploitations occupant environ 70 000 hectares pour une production annuelle estimée à près de 201 000 tonnes en 2012 (AGRISTAT, 2008 et FAOSTAT, 2015). Selon les projections, la production de pommes de terre atteindrait 300 000 tonnes environ d'ici 2015 (DSCE, 2010). La pomme de terre est cultivée dans sept régions du Cameroun (Ouest, Nord-Ouest, Littoral, Adamaoua et Extrême-nord). La pomme de terre est généralement cultivée dans les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest du Cameroun, où l'optimum de température se situe entre 15 et 25°C et l'altitude moyenne est supérieure à 1 200 mètres. La culture dans les régions de l'Adamaoua, de l'extrême-Nord et du Sud-Ouest est effective mais reste limitée car les températures supérieures à 29°C arrêtent la tubérisation. La Menoua et les Bamboutos sont les principaux départements de production de la pomme de terre de l'Ouest, alors que Kumbo dans le Bui et Santa dans la Mezam sont deux grands bassins de production du Nord-Ouest.

La culture de la pomme de terre occupe le deuxième rang parmi les plantes à racines et tubercules, qui sont le pilier de la sécurité alimentaire du pays. En effet, les pommes de terre rentrent dans l'alimentation quotidienne d'environ 5 millions de Camerounais, et l'activité autour de ce sous-secteur représente un potentiel de 300 000 emplois environ. La pomme de terre est la première source de féculents dans les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest, avec en valeur 50 % des parts de marché des racines et tubercules fraîches (FIDA, 2003).

Le volume du marché camerounais est estimé à environ 100 000 tonnes/an, alors qu'environ 130 000 tonnes (soit 65 % de la production en 2012) sont mises sur le marché. Par conséquent, la production couvre bien les besoins. Cependant, cette production est saisonnière avec une offre massive sur une courte période de l'année. La consommation de pomme de terre est donc concentrée voir excessive durant la saison de pic. En dehors de cette période, l'offre se raréfie et les prix deviennent hors de portée de la majorité des consommateurs, créant une impression de déficit de la production par rapport à la demande.

Compte tenu de sa vulnérabilité aux nombreuses maladies présentes dans les bassins de production, du coût relativement élevé pour la conduite d'une exploitation (1,5 à 2 millions FCFA/ha) (Njonga, 2013), des risques élevés de pertes en cas de non-respect des itinéraires techniques, la pomme de terre est le plus souvent cultivée en mono culture sur des petites parcelles (en moyenne 0,25 à 0,5 ha).

Les femmes sont très présentes dans la culture de la pomme de terre et en tirent un revenu monétaire supplémentaire. Les chips sont les principaux produits provenant de la transformation de la pomme de terre présents sur le marché camerounais (dans quelques supermarchés de Douala et Yaoundé), mais ces produits sont essentiellement importés, et en très petits volumes. La production locale reste encore balbutiante, au niveau domestique et est effectuée par quelques petites transformatrices (moins d'une dizaine) localisées dans les deux principaux centres urbains que sont Douala et Yaoundé.

L'intérêt de la pomme de terre en tant que source de revenus alternative s'est développé depuis la crise économique des années 90, suite à la chute des ventes des matières premières (café et cacao) et la libération économique, puis face à une demande de plus en plus croissante dans les centres urbains. L'enjeu pour le Cameroun est d'une part d'améliorer les revenus des ménages ruraux, d'autre part d'assurer un approvisionnement régulier des centres urbains en tubercules locaux, pour réduire la pression des produits alimentaires importés (blé, riz, etc.) sur l'économie nationale

### **8.1. Différentes variétés cultivées au Cameroun**

Dix-huit variétés sont inscrites au catalogue camerounais des espèces et variétés cultivées. Cette inscription est obligatoire pour leur commercialisation. Elle est précédée de deux ans au cours desquels sont évalués les caractères d'utilisation, le rendement, le comportement vis-à-vis des parasites par le service de Contrôle et certification des semences et plants CNCC. Les principales variétés les plus cultivées au Cameroun sont les suivantes : CIPIRA, TUBIRA, DOSA, BAMBUI WONDER, JACOB 2005, DOSA, SPUNTA, DIAMANT, PILE (variété locale) et DESIRE. Les variétés sont déterminées par :

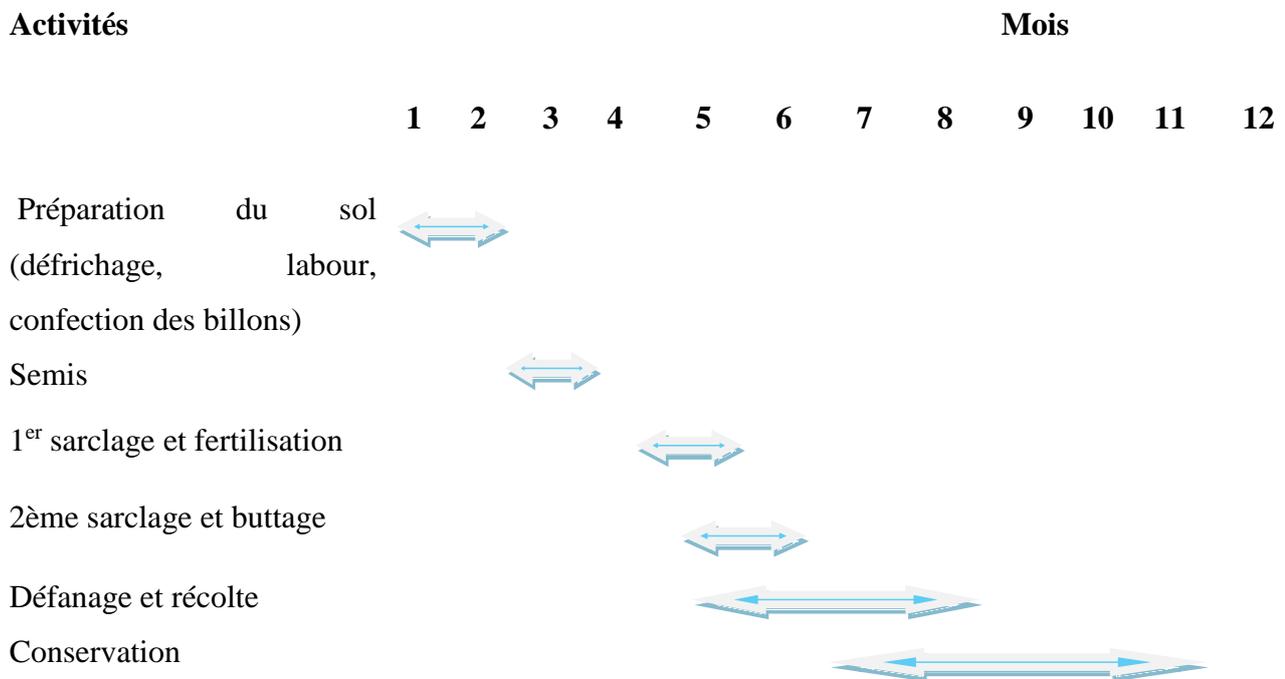
- La forme du tubercule
- La couleur de la peau et de la chair
- La durée de conservation
- La date de mise sur le marché
- La durée de culture

**Tableau 6 : Liste des variétés de pommes de terre autorisées à la production et à la commercialisation au Cameroun**

**Tableau 7: Caractéristiques de quelques différentes variétés cultivées au Cameroun**

## 8.2. Dates de plantation de la pomme de terre

**Tableau 8: Chronogramme des activités de la production de la pomme de terre**



Il en ressort du tableau que les producteurs commencent la campagne agricole dès le mois de janvier en préparant le sol (défrichage, labour, confection des billons), après, le semis se fera à partir du troisième mois, sur les parcelles dès les premières pluies. Ensuite le sarclage et la fertilisation. Le 2<sup>ème</sup> sarclage et buttage commenceront à la fin du mois d'Avril et s'achèveront vers fin Mai. Les récoltes s'en suivront jusqu'en Août en fin la conservation s'étalera sur la période allant de Juin en Décembre

## ***B. La fertilisation***

Pour assurer sa croissance et son développement, la plante sélectionne et prélève les éléments dont elle a besoin dans le milieu environnant : le carbone à partir du dioxyde de carbone atmosphérique, l'oxygène dans l'air et dans le sol et enfin l'eau et les autres éléments nutritifs qu'elle tire principalement à partir du sol.

### **I-Généralités sur les engrais**

**Les engrais** sont des substances organiques ou minérales, souvent utilisées en mélanges, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement et la qualité des cultures. L'action consistant à apporter un engrais s'appelle la **fertilisation**. Les engrais font partie, avec les amendements, des produits fertilisants. La fertilisation se pratique en agriculture, horticulture, sylviculture et lors des activités de jardinage. Les engrais sont utilisés depuis l'Antiquité, où l'on ajoutait au sol, de façon empirique, les phosphates des os, calcinés ou non, l'azote des fumures animales et humaines, le potassium des cendres.

#### **Inscription des indications**

Il y a des normes d'inscription sur les sacs d'engrais ou sur les étiquettes. Les teneurs en éléments nutritifs, la composition chimique et la provenance doivent être marqués obligatoirement et d'une façon normalisée (selon la loi sur les engrais).

Les teneurs sont exprimées en % d'azote (% N), % $P_2O_5$ , %  $K_2O$ , % CaO, % MgO, % $SO_3$ . Les oligo-éléments sont donnés en l'état élémentaire.

Les éléments sont donnés sous forme de 3 nombres qui expriment les teneurs en N P K. Exemple : un sac de 20 10 10 de 100kg correspondant 20% N, 10%  $P_2O_5$  et 10%  $K_2O$ , soit 20kg d'azote, 10kg de phosphore et 10kg de potassium, au total 40kg. Le reste est composé des composés inertes appelés charges (sable fin, argile, etc.) qui complète le poids du sac.

#### **Législation des engrais**

Au Cameroun, les activités liées à l'utilisation, à l'importation, exportation et commercialisation et du contrôle des engrais sont régies par la Loi N° 2003/007 du 10 juillet 2003 régissant les activités du sous-secteur engrais. **Et selon cette loi l'engrais est défini comme « Toute substance ou matière contenant un ou plusieurs éléments nutritifs des**

**plantes reconnus et utilisés comme tels dans le but de favoriser la croissance et la production des plantes ».**

On appelle donc matière fertilisante, tous les produits dont l'emploi est destiné à assurer la nutrition des végétaux et à améliorer les propriétés diverses du sol (engrais+amendements).

Dans certains pays, des taxes et écotaxes visent à encourager la limitation des engrais chimiques et peuvent contribuer à réparer les dégâts environnementaux qu'ils induisent parfois;

Dans certains pays européens, pour lutter contre les pollutions diffuses, le Centre d'analyse stratégique a proposé que soient étudiées les conditions d'une augmentation de la TVA sur les engrais azotés et souhaite qu'ils soient intégrés dans le groupe des substances assujetties à la redevance sur les pollutions diffuses « tout en prévoyant des compensations adéquates pour les agriculteurs » qui limiteront ces pollutions diffuses (via les mesures agro-environnementales par exemple).

## **2-LES TYPES D'ENGRAIS**

Il existe **trois types différents d'engrais** : les **engrais minéraux**, les **engrais organiques** et les **engrais organo-minéraux**.

### **2.1. Engrais organiques**

Les engrais organiques sont généralement d'origine animale ou végétale. Ils peuvent aussi être synthétisés, comme l'urée.

Les premiers sont typiquement des déchets industriels, tels que des déchets d'abattoirs: sang desséché, corne torréfiée, déchets de poissons, boues d'épuration des eaux. Ils sont intéressants pour leur apport en azote à décomposition relativement lente, et pour leur action favorisant la multiplication rapide de la microflore du sol, mais n'enrichissent guère le sol en humus stable.

Les seconds peuvent être des déchets végétaux : résidus verts, compostés ou pas, et ils peuvent être constitués aussi de plantes cultivées spécialement comme engrais vert, ou

préparées dans ce but, comme le purin d'ortie, ou les algues. Ce sont aussi des sous-produits de l'élevage, tels que les fumiers, composés pour la plupart de litière végétale et de déjections; celles-ci ne sont pas des matières animales, mais des végétaux plus ou moins digérés: lisier, fientes, etc.

Le principe de l'*engrais vert* reprend la pratique ancestrale qui consiste à enfouir les *mauvaises herbes*. Elle s'appuie sur une culture intermédiaire ou dérobé, enfouie sur place. Quand il s'agit de légumineuses, telles que le soja ou le haricot, on obtient, en plus, un enrichissement du sol en azote assimilable, car leur système racinaire associe des bactéries, du genre *Rhizobium*, capables de fixer l'azote atmosphérique. Pour rendre cette technique plus efficace, on sème les graines avec la bactérie préalablement associée.

Composition en NPK			
de différents engrais organiques			
<b>Engrais</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Fumier de bœuf	6	1	7
Fumier de vache	4	1	4
Fumier de cheval	6	1	5
Fumier de porc	4	1	5
Fumier de poule	23	10	17
Fumier de mouton	8	1	7
Fumier de lapin	24	5	0,5
Fumier de guano	10	13	2
Plumes	80	0	0
Cendres de bois	0	1	10
Sang desséché	12	1	1
Os	4	20	0
Corne	12	1	0
Farine de poisson	9	12	4
Déchets de peaux	10	0	0
Urée	46	0	0

Composition en NPK			
de différents engrais organiques			
Engrais	N	P	K
Tourteau de ricin	6	0	0
Déchets de peaux	10	0	0

## 2.2. Engrais minéraux

Les engrais minéraux sont des substances d'origine minérale, produites par l'industrie chimique, ou par l'exploitation de gisements naturels de phosphate et de potasse.

L'industrie chimique intervient surtout dans la production des engrais azotés, passant par la synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air, moyennant un apport important d'énergie, fournie par le gaz naturel, principalement le méthane (cette synthèse produit également l'hydrogène). De l'ammoniac sont dérivés l'urée et le nitrate. Elle intervient également dans la fabrication des engrais complexes, qui sont constitués de sels résultant de la réaction d'une base avec un acide. Les engrais composés peuvent être de simples mélanges, parfois réalisés par les distributeurs, coopératives ou négociants. On appelle ces mélanges du bulk blending.

On distingue les engrais simples, ne contenant qu'un seul élément nutritif, et les engrais composés, qui peuvent en contenir deux ou trois. L'appellation des engrais minéraux est normalisée, par la référence à leurs trois composants principaux : **NPK**. Les engrais simples peuvent être azotés, phosphatés ou potassiques. Les engrais binaires sont notés NP ou PK ou NK, les ternaires NPK. Ces lettres sont généralement suivies de chiffres, représentant la proportion respective de ces éléments. Les engrais chimiques produits industriellement contiennent une quantité minimale garantie d'éléments nutritifs, et elle est indiquée sur le sac.

Par exemple, la formule 5-10-5 indique la proportion d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) présente dans l'engrais, soit 5 % de N, 10 % de  $P_2O_5$  et 5 % de  $K_2O$ .

L'apport azoté est exprimé en azote N et est apporté sous forme de nitrate  $NO_3^-$ , d'ammonium  $NH_4^+$  ou d'urée  $CO(NH_2)_2$ . Les contraintes d'entreposage de la forme nitrate incitent les

distributeurs d'engrais à se tourner vers des formes ammoniacales uréiques. Le phosphore est exprimé sous la forme  $P_2O_5$ , mais est apporté sous forme de phosphate de calcium ou d'ammonium. Le potassium est exprimé sous la forme  $K_2O$ , mais est apporté par du chlorure, du nitrate et du sulfate de potassium.

### **2.3. Engrais organo-minéraux**

Les engrais organo-minéraux résultent du mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques. Les matières organiques azotées représentent généralement 25 à 50 % des produits finis. Les autres constituants du fertilisant, sels simples et minéraux, apportant N. P. K. sous des formes appropriées, sont dilués dans les matières organiques.

Noter que la matière organique présente dans certains engrais liquides n'est plus stable une fois celui-ci dilué : elle entre en décomposition sous l'effet des bactéries et la prolifération de celles-ci bouche les canalisations et orifices de sortie. Il n'y a que les engrais minéraux (en incluant les chélates pour les oligo-éléments) qui peuvent être utilisés dans ce cas et autres systèmes apparentés.

### **2.4. Différence entre engrais organiques et minéraux**

La principale différence des engrais minéraux et organiques est la vitesse de libération.

On peut qualifier les engrais organiques d'engrais à libération lente (ou progressive) et les engrais minéraux d'engrais à libération rapide.

Mais au final, on libère les mêmes minéraux dont l'accumulation peut être préjudiciable quel que soit le cas.

Les engrais organiques participent à restaurer la structure du sol et l'engrais minéral l'appauvrit avec l'excès d'utilisation.

Les origines sont différentes

## **3-APPLICATION DES ENGRAIS**

Généralement, les engrais sont incorporés au sol, mais ils peuvent aussi être apportés par l'eau d'irrigation. Cette dernière technique est employée aussi bien pour les cultures en sol, traditionnelles, que hors sol, sur un substrat plus ou moins inerte, tel que terreau, tourbe, laine de roche, perlite, vermiculite, etc. Une autre technique particulière, la culture hydroponique, permet de nourrir les plantes avec ou sans substrat. Les racines se développent dans une solution nutritive, eau plus engrais, qui circule à leur contact. La composition et la concentration de la solution nutritive doivent être constamment réajustées.

Dans certains cas, une partie de la fertilisation peut être réalisée par voie foliaire, par pulvérisation. En effet, les feuilles sont capables d'absorber des engrais, s'ils sont solubles, et si la surface de la feuille reste humide assez longtemps. Cette absorption reste toutefois limitée en quantité. Ce sont donc plutôt les oligo-éléments qui peuvent être ainsi apportés, compte tenu des faibles quantités nécessaires aux plantes.

Sur des sols acides, on peut procéder au chaulage pour augmenter le pH. Cette mesure augmente l'efficacité des engrais en favorisant l'assimilation par les plantes des éléments nutritifs présents dans le sol.

Les engrais doivent être utilisés avec précaution. Il est généralement suggéré

- d'éviter les excès, car au-delà de certains seuils les apports supplémentaires, non seulement n'ont plus aucun intérêt économique, mais de plus, risquent d'être toxiques pour les plantes, particulièrement en oligo-éléments, et de nuire à l'environnement ;
- de maîtriser leurs effets sur l'acidité du sol ;
- de tenir compte des interactions possibles entre les éléments chimiques ;
- de tenir compte des limites imposées par les autres facteurs de production.

### **Engrais de fond**

Ce sont des engrais insolubles placés longtemps à l'avance à la base des tiges, leur action est lente et prolongée. En respect des sciences agronomiques, un engrais phosphaté insoluble devra être issu de roches tendres, broyées très fines, incorporées aux premiers centimètres d'un sol légèrement acide de préférence, ou encore seront totalement évités au profit d'apports réguliers d'engrais organiques générateurs d'humus ou bien utilisés en compléments de ceux-ci. L'expression « engrais de fond » ne signifie nullement que l'engrais doive être enfoui « au

fond » du sol par un labour. C'est une pratique courante pour les engrais phospho-potassiques apportés à l'automne, mais elle n'est pas pour autant justifiée, surtout s'il s'agit d'un labour enfouissant à fond de raie la terre de surface. C'est au contraire dans la zone de surface, zone d'activité biologique intense, que doivent se trouver les engrais, surtout si, étant insolubles, ils doivent être attaqués par l'activité enzymatique des micro-organismes aérobies de la faune du sol et des jeunes racines.

Les nombreux magazines de jardinage conseillant d'enfouir profondément un engrais de fond minéral ou organique commettent une grave erreur agronomique, source de nombreuses déconvenues, poussant à des frais supplémentaires comme le rachat d'autres plants et de divers autres palliatifs non-désirables<sup>6,7</sup>. Il faut également prendre en considération qu'une plante malade est un foyer de contamination possible en pathogènes et produits de traitements indésirables pour tous les alentours.

Il ne faut pas enfouir profondément des matières organiques fraîches ou peu décomposées car elles ne pourront pas évoluer de manière normale. La matière organique se putréfie faute de dioxygène, ce qui entraîne la formation de composés délétères, nauséabonds, mobiles et toxiques pour les plantes et le sol (méthane, phosphine, ammoniac, certains acides organiques, éléments ioniques sous forme réduite...). Un sol intoxiqué ne peut pas nourrir normalement la plante et devient conducteur d'organismes pathogènes, tels certains vers parasites (taupin, ver blanc, ver gris, etc.) s'attaquant aux racines des plantes cultivées. À l'inverse, en épandant un engrais de fond en surface ou dans les 5 premiers centimètres du sol, le tassement et ravinement sont moins probables et la vie du sol (pédofaune) est stimulée. Tous les sols étant par ailleurs riches de tous les éléments nécessaires aux plantes, la stimulation de cette activité biologique, seule capable de mettre à disposition des plantes les réserves du sol, est garante de la bonne fertilisation des plantes dans la majorité des cas.

Au jardin, un engrais de fond peut être apporté à l'automne, après avoir légèrement travaillé le sol pour éliminer l'éventuelle croûte de battance. Cette fumure est constituée de matières organiques qui augmenteront le stock d'humus du sol. Il peut s'agir de matériaux plus ou moins décomposés qu'il faut apporter assez tôt pour qu'ils s'intègrent au sol avant les cultures, en particulier pour les plantes sensibles qui ne supportent pas d'apports juste avant la culture. Les produits non décomposés seront répandus régulièrement en surface où on les laissera plusieurs semaines, voire jusqu'à la fin de l'hiver. Lorsqu'ils seront décomposés, il suffira d'un

griffage de surface pour les incorporer à la couche superficielle de terre. Des façons de printemps, même superficielles, sont à proscrire, notamment pour les cultures pérennes sur rang. Elles détruisent les racines de surface, or le printemps est la période où la plante a le plus besoin de ses racelles surfaciques et mycorhizes associées pour soutenir sa croissance voire sa floraison, racelles et mycorhizes capables et conçues pour prospecter dans la litière elle-même, si une litière (mulch) a été mise à disposition. Avec un arbre tel le bouleau, plus du quart de l'appareil racinaire peut se trouver dans la litière, les premiers centimètres du sol et la litière pouvant totaliser plus de la moitié de la masse des racines. De jeunes épicéas, les résineux étant les plantes parmi les plus micorhizogènes, peuvent avoir plus 60 % de leur masse racinaire dans la litière.

Le meilleur produit brut est le fumier de ferme assaini. D'autres matières organiques non décomposées sont également souhaitables : BRF, pailles, feuilles, épluchures, etc. Les produits trop acides : tourbe, écorces broyées, etc. sont à éviter sur les sols facilement acidifiés, tandis qu'ils sont profitables aux terres calcaires à l'excès. Le meilleur engrais de fond reste le compost, c'est-à-dire un produit mûr. Il est constitué de matières végétales et animales décomposées : fumiers, déchets de cuisine ou du jardin, tailles, tonte, etc. Un compost est bien mûr lorsqu'il forme une masse noirâtre, grumeleuse, dans laquelle on ne reconnaît pas les matériaux d'origine. Dans le commerce, les composts sont vendus comme « amendement organique ».

Le point de départ d'une fumure réaliste et applicable globalement est de connaître les réserves totales du sol en éléments fertilisants, notamment en phosphore et potassium, après analyse chimique du sol. Des carences déguisées, comme c'est le cas généralement, sont corrigibles par un engrais de fond organique tel un compost vert et culture d'engrais verts pour débloquent les éléments qui peuvent en réalité être présents en abondance dans le sol. Certains sols ont d'ailleurs été surfumés en engrais phosphatés, mais nécessitent toujours l'application d'engrais du fait que la rétrogradation du phosphore par les mycorhizes soit réprimé dans ces sols mal cultivés, qui ont ainsi des réserves totales en phosphore pour plusieurs siècles mais que les cultures sont rendues incapables d'utiliser. Une carence vraie, cas rare, nécessite de revoir les pratiques ayant conduit à l'épuisement du sol, et par suite d'apporter un engrais de fond organique enrichi en minéraux, en effet une fumure purement

minérale serait encore plus mal venue sur un sol épuisé qui a surtout besoin d'un réamorçage de son activité biologique, ce que les engrais minéraux sont totalement incapables de faire.

### **Engrais d'entretien**

C'est un engrais dont le but est couvrir les besoins de la plante durant son cycle de vie. Les doses sont légèrement supérieures aux exportations de la plante.

### **Engrais de redressement**

Il a pour but d'apporter à un sol pauvre en élément donné à un niveau nutritif approprié pour obtenir un bon rendement. Les études de sol permettent d'apporter la fumure de redressement. Les doses apportées sont supérieures aux exportations de la plante.

### **Dose**

La dose d'engrais est la quantité d'engrais à apporter pour une certaine surface, ou à un certain nombre de plantes. Idéalement, la quantité apportée devrait être suffisante pour couvrir les besoins des plantes, de façon à garantir le rendement, la qualité, le taux de croissance, voire la beauté, souhaités, sans toutefois les excéder, de façon à limiter le coût de la fertilisation, ainsi que l'impact environnemental. Une dose trop élevée peut aussi endommager une culture. L'excès d'engrais se montre en effet pire que son manque.

Selon les plantes et végétaux, l'apport devra être plus ou moins important et se présenter sous une forme optimale. L'utilisateur de fertilisants se fiera souvent à la notion de dose recommandée. La dose recommandée est la dose d'application suggérée par les instituts de recherche agricoles, publics ou privés, certaines associations ou ONG, ou par les entreprises de commercialisation. Elle va être exprimée en nombre de sacs à utiliser, avec indication des proportions NPK contenues dans un sac, ou directement en quantité de chaque élément à apporter par hectare, ou en quantité à apporter par plante.

Les doses recommandées varient en fonction de la culture, de la variété utilisée, du type de sol, du climat, etc.

## **4-LES D'ENGRAIS minéraux**

### **4.1 Engrais azotés**

Ce sont des substances chimiques qui contiennent l'élément nutritif azoté sous forme assimilable. La forme assimilable est l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$ ) après transformation au sol sous l'action des microorganismes et l'eau.

On distingue comme engrais azoté :

- ❖ **Les Chlorures d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )** : solubles dans l'eau, ils dosent à 26% d'azote. Utilisés en riziculture, culture du palmier à huile et cocotier.
- ❖ **Les engrais nitriques** : nous avons les nitrates de sodium ( $\text{NaNO}_3$ ), nitrates de calcium ( $\text{CaNO}_3$ ), les nitrates de potasse ( $\text{KNO}_3$ ), les ammonitrates qui sont un complexe de nitrates d'ammonium à divers dosages ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) (21%, 26%, 27% 33% 35% d'N)
- ❖ **Les engrais amidés**

L'urée est l'engrais le plus utilisé et le plus concentré. Il libère l'azote nitrique après transformation dans le sol.  $\text{NH}_4\text{-NO}_3^-$ . Il dose à 46% d'N.

### **Les effets résiduels de l'engrais**

Seulement une partie de l'engrais apportée pour la culture est utilisée ou assimilable, une autre partie est mise en réserve au sol, celle-ci est destinée à la culture suivante. Une autre partie est lessivée par les eaux.

### **4.2. Engrais phosphatés**

Alors que les engrais azotés sont très solubles (hygroscopiques), les engrais phosphatés sont souvent insolubles. La quantité totale du phosphate (%) marquée sur le sac n'est pas toujours accessible aux plantes à court et long terme. La libération des doses de phosphate se fait par extraction avec un solvant spécifique. Parmi les engrais phosphatés, on retrouve :

- ❖ **Le superphosphate concentré ou double.** Il dose de 25 à 35% de  $P_2O_5$ .
- ❖ **Le super phosphate triple :** il dose de 38 à 48% de  $P_2O_5$ . C'est un bon engrais car il apporte du soufre et du calcium à la culture.
- ❖ **Le Phosphate bicalcique.** C'est une forme d'engrais non soluble dans l'eau à long terme, il est réservé à la fumure de fond des cultures pérennes. Il dose 38 à 40%  $P_2O_5$
- ❖ **Les scories de phosphoration :** elle se présente comme une poudre noire très dense provenant de la phosphoration des minerais de fer.
- ❖ **Phosphate naturel tendre :** ce sont des phosphates minéraux tendres provenant des roches phosphatées moulues comme l'apatite. Il dose de 60 à 70 % tricalcique, contient du carbonate de chaux et du fluorure de calcium.
- ❖ **Le Phosphal :** ce sont des phosphates d'aluminium calcique du Sénégal très peu soluble dans l'eau, par conséquent utilisés en fumure de fond.
- ❖ Etc.

### **Principes de la fertilisation phosphatée**

Dans les engrais phosphatés, on distingue :

1. Le phosphate soluble dans l'eau : il est facilement utilisable par les plantes, réservé pour les plantes à cycle court
2. Le phosphate soluble dans les acides organiques dilués ; c'est la réserve du sol, utilisé comme fumure de fond, c'est à dire épandre quelques semaines avant plantation des cultures pérennes.
3. Le phosphate soluble dans les acides minéraux concentrés

### **4.3. Engrais potassiques**

- Le chlorure de potasse (KCl): il dose à 60% de  $K_2O$ . Certaines plantes n'aiment pas le chlore comme le tabac et l'avocatier.
- Le sulfate de potasse ( $K_2SO_4$ ) : dose à 50% de  $K_2O$  et 18% de soufre

- Le potenkali : c'est un engrais d'origine allemande obtenu par traitement de la kiésérite (sulfate hydraté naturel de magnésium) et de KCl.

- **Engrais composés** Il existe des engrais composés de mélange et complexe. Les engrais complexes renferment 2 ou 3 éléments majeurs (NPK). Les engrais complets ont plus de 3 éléments majeurs (NPK+MgO +SO<sub>3</sub>).

Les engrais composés de mélange sont obtenus par mélange mécanique des engrais simples. Il faut tenir compte des besoins de la plante, du dosage, du sol des incompatibilités des éléments.

La formule du mélange :  $Pec \times Dec = Pes \times Des$

Pec : poids engrais composé ; Dec : dose engrais composé

Pes : poids engrais simple ; Des : dose engrais simple

Fumures foliaires

La fumure foliaire a pour but de d'intervenir rapidement en cas de carence grave. Elle utilise la propriété qu'ont les feuilles les éléments en solution diluée à travers les stomates. La notice du fabricant doit être respectée

## 5-Les engrais organiques

Les amendements organiques sont des matières fertilisantes destinées principalement les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol. On distingue les engrais organiques suivants :

- **Le Fumier** : c'est un mélange plus ou moins fermenté de litière et de déjections animales. Ce fumier doit être déshydraté jusqu'à 15%

- **Compost** : C'est un mélange plus ou moins fermenté de matière d'origine végétale pouvant contenir des déchets d'origine animale, ou des matières minérales ou des matières inertes ayant subi une fermentation plus ou moins poussée. Le compost urbain nécessite beaucoup d'opérations de tri, tamisage, déferrailage, broyage. Il contient parfois des substances toxiques pour la plante (plomb, arsénie, libidium, etc)

-**Gadoues** : Produits obtenu en tamisant les décharges d'ordures ménagères.

**-Tourbes** : mélange obtenu à partir de la décomposition des végétaux dans les bas-fonds marécageux.

**-Pailles** : Il faut au préalable toujours broyer les pailles avant de les enfouir au sol. Il faut apporter un peu d'azote (5 à 10 kg/t) pour accélérer la décomposition.

**- Engrais vert** : ce sont des plantes en culture dérobée qui donnent dans un cycle court une forte quantité de matières organiques jeunes

**-Déjections animales** : c'est la matière fécale animale utilisée pour fertiliser le sol. Celle-ci doit être utilisée après décomposition.

## **6-Effets de l'application des engrais sur l'environnement et la santé**

La loi sur les engrais en son article 7 stipule que : toute personne physique ou morale, publique ou privée possédant une exploitation agricole et utilisant intensément les engrais est tenu de procéder régulièrement à une évaluation de l'impact des engrais sur l'exploitation et l'environnement.

L'utilisation des engrais entraîne deux types de conséquences qui peuvent comporter des risques sanitaires (atteinte à la santé de l'homme) ou des risques environnementaux (dégâts sur les écosystèmes).

Le risque sanitaire le plus connu est celui relatif à la consommation par le nourrisson d'eau riche en nitrate, résultant de la fertilisation azotée.

Le risque environnemental le plus cité est celui de la pollution de l'eau potable et de l'eutrophisation des eaux, lorsque les engrais, organiques ou minéraux, répandus en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, qui dépend notamment de sa texture, sont entraînés vers la nappe phréatique par infiltration, ou vers les cours d'eau par ruissellement.

Un risque environnemental moins cité, et pourtant très important lui aussi, est la contribution au réchauffement climatique, due aux fortes émissions, après épandage, d'oxydes d'azote, notamment le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), qui est un puissant gaz à effet de serre, à fort potentiel de réchauffement global mais à durée de résidence modéré (de l'ordre de 100 ans).

Plus généralement, les conséquences de l'utilisation des engrais, qui peuvent comporter des risques et qui sont soumises à la critique, sont les suivantes :

- ❖ Effets sur la qualité des sols, leur fertilité, leur structure, l'humus et l'activité biologique ;
- ❖ Effets sur l'érosion ;
- ❖ Effets d'eutrophisation des eaux douces et marines liés au cycle de l'azote et de pollution diffuse induite par la toxicité des nitrates dans l'eau potable ou pour certaines espèces, et par leur caractère eutrophisant et favorisant la turbidité de l'eau ;
- ❖ Effets liés à la dégradation des engrais inutilisés, qui émettent des gaz à effet de serre, oxydes d'azote (protoxyde d'azote  $N_2O$  et  $N_2O_4$ ), dans l'atmosphère<sup>11</sup> ;
- ❖ Effets d'eutrophisation des eaux douces et marines liés au cycle du phosphore (eutrophisation voire Dystrophisation) ;
- ❖ Effets liés aux autres éléments nutritifs : potassium, soufre, magnésium, calcium, oligo-éléments ;
- ❖ Effets liés à la présence de métaux lourds : cadmium, arsenic, fluor, présents dans les engrais minéraux et dans les lisiers de porc ;
- ❖ Effets liés à la présence d'éléments radioactifs (significativement présents dans les phosphates) ;
- ❖ Effets sur les parasites des cultures ;
- ❖ Effets sur la qualité des produits ;
- ❖ Pollution émise par l'industrie de production des engrais chimiques et certains engrais organiques ;
- ❖ Utilisation d'énergie non renouvelable pour leur transport et épandage ;
- ❖ Epuisement des ressources minérales ;
- ❖ Effets indirects sur l'environnement, dont par la mécanisation pour l'agriculture intensive, et les épandages.
- ❖ La sur-utilisation d'engrais chimiques peut conduire à l'acidification des sols en raison d'une diminution de la matière organique dans le sol. L'azote épandu sur les champs en grandes quantités sur les dommages de temps la couche arable, résultant en baisse des rendements. Les sols sableux sont beaucoup plus sujets à l'acidification du sol que sont les sols argileux. Les sols argileux ont une capacité à amortir les effets de la fertilisation chimique excès

### **CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODE**

## **3.1 Présentation du site expérimental.**

### **3.1.1 Localisation de la zone d'étude.**

L'essai a été conduit dans une parcelle pratique située à Ébolowa, chef-lieu de la région du Sud et du département de la Mvila au quartier nommé Ngalan :

- **Géographie**

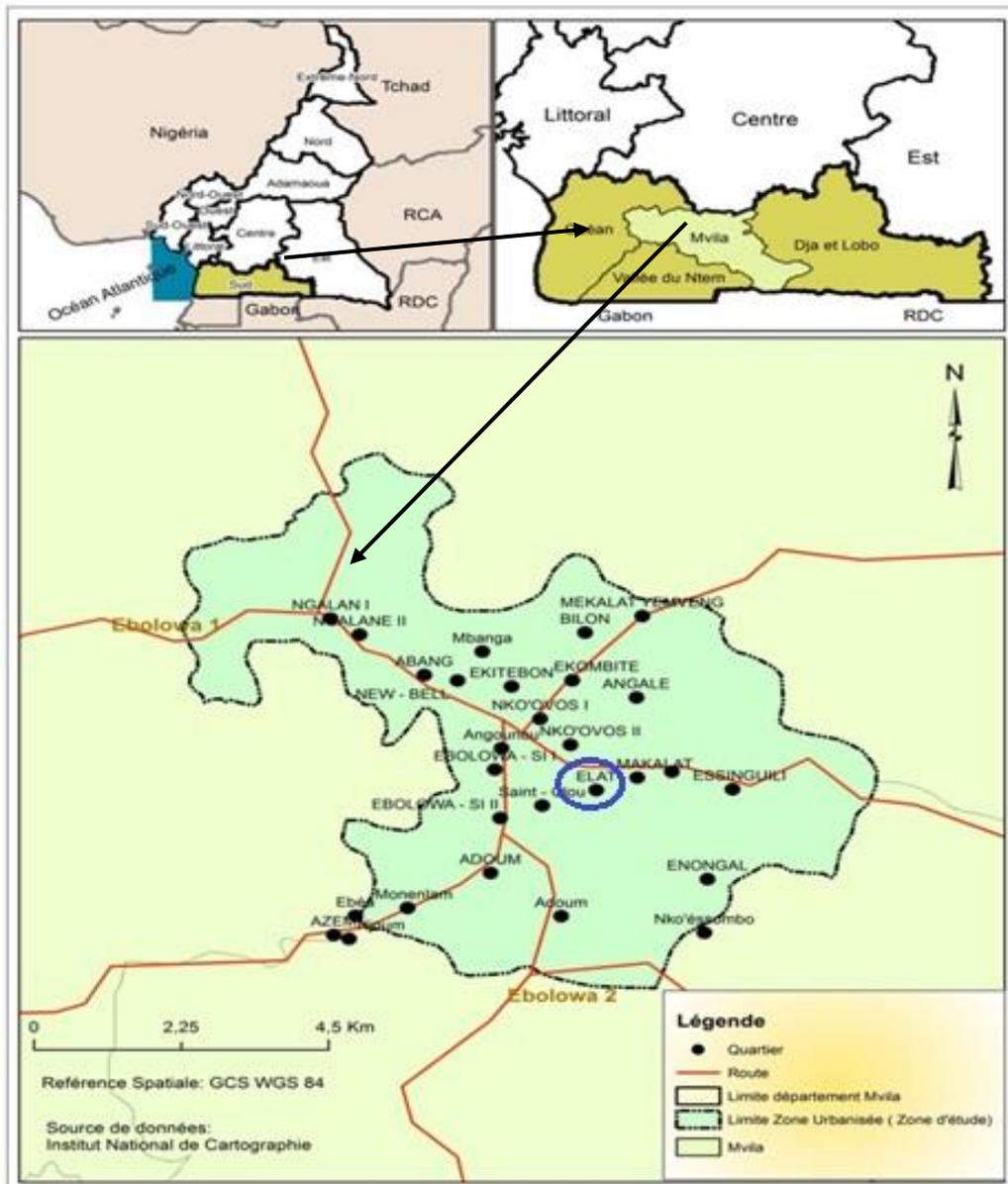
Coordonnées : 2° 54' nord, 11° 09' est

Altitude : Min. 570 m Max. 620 m

Superficie 560 000 ha = 5 600 km<sup>2</sup>

- **Localisation**

**Figure 1: Géolocalisation du site.**



Source : Institut Nationale de la Cartographie

### **3.1.2 Végétation**

La localité d'Ébolowa a une végétation dominée par des formations variant des forêts denses aux jachères. La végétation naturelle est la forêt mixte telle que décrite par Letouzey (1968) avec une coexistence d'éléments de forêt semi décidue et ceux de forêt sempervirente. Les vagues successives d'exploitation ont permis une grande pénétration agricole le long des pistes de débardages, telle que la plupart des espaces sont intégralement recouvertes des plantations cacaoyères, champs et jachères. On retrouve aussi des forêts marécageuses prédominées par les monocotylédones en correspondance du réseau hydrologique (Delbene, 2003).

### **3.1.3 Géologie**

L'altitude moyenne est comprise entre 600 et 700 m. Le relief est caractérisé par une juxtaposition de collines basses à sommet plat et à versants courts, d'altitude moyenne 600 m, de collines moyennes en demi-orange à sommet arrondi et à versants courts, d'altitude moyenne 700 m et de collines hautes à versants escarpés, souvent rocheux, parfois supérieure à 900 m (Delbene, 2003).

### **3.1.4 Climat**

Le climat d'Ébolowa est de type équatorial humide à quatre saisons avec les précipitations moyennes annuelles oscillant entre 1500 et 2000 mm (zone agro écologique à pluviométrie bimodale). La température moyenne annuelle est de 24 °C. L'humidité relative y est élevée variant selon les mois de l'année et les heures de la journée entre 62 et 98 %.

### **3.1.5 Description du sol**

Les sols résultent d'une évolution pédologique continue sous climat humide (Delbene, 2003) durant une longue période de stabilité tectonique (Dubro, 1991). Le sol dominant est ferrallitique rouge ou jaune, acide et fortement désaturé, caractérisé par les altérites<sup>1</sup> très profondes, un niveau induré plus ou moins épais et un niveau argileux et meuble constitué essentiellement de kaolinite associée à l'hématite et à la goethite (Anonyme, 2005).

### **3.1.6 Hydrographie**

Le régime hydrologique des cours d'eau est intimement lié au rythme pluviométrique. Ainsi observe-t-on les crues entre octobre et novembre et les étiages entre janvier et février (Delbene, 2003). Situé en pleine zone équatoriale, Ébolowa est exclusivement une zone forestière.

---

<sup>1</sup> Une altérite est une formation géologique (généralement meuble) superficielle, formée in situ, résultant de l'altération physico-chimique de roches antérieures sans transformations pédologiques notables.

### 3.1.7 Le relief

Le relief est vallonné. Il est constitué par une alternance de plaines, de vallées encaissées telles que Lambda et des plateaux. L'altitude varie de 10 m dans la plaine à environ 700 à 800 m dans la zone Nord-Est et Nord.

## 3.2. Matériels et méthode

### 3.2.1. Matériel

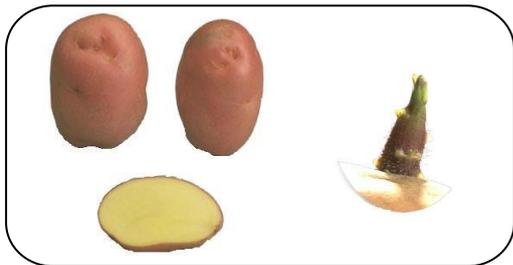
#### a) Matériel végétal

L'objectif global de notre travail, est d'évaluer la réponse de trois variétés de pomme de terre (Désirée sp, SPUNTA sp, CIPIRA sp), sous fertilisation organique (fiente de poule) ; pour déterminer le potentiel de productivité et de rente de ces variétés, pour chaque milieu ; de trouver la variété la plus à même de s'adapter, aux conditions agro-écologiques, auxquelles elle fait face.

L'étude a été menée sur trois variétés de pommes de terre : *Spunta* et *Désirée* et *cipira* qui sont très inscrites dans le catalogue des variétés cultivées au Cameroun, cette étude est sûrement la première sur notre site d'étude. Les plants utilisés sont issues des tubercules obtenues dans les marchés locaux.

### Caractères descriptifs des variétés

#### i. Variété *Désirée*



**Figure 9 : Photo de la variété Désirée entière, en coupe et le germe.**

**Origine génétique :** Urgenta X Depesche

**Obtenteur(s) :** BV de ZPC (Pays-Bas)

**Année d'inscription au catalogue national :** Année 2010

- Le plant de cette variété est court à moyen et semi dressé, avec une tige épaisse et vigoureuse.
- Les nœuds et entre-nœuds sont de couleur rouge pourpre.
- Les feuilles ont une couleur vert gris mat. Elles sont moyennement longues et rigides,
- Les nervures médianes et les pétioles sont entièrement rouges pourpres sauf, les surfaces inférieures qui sont vertes.
- Les fleurs sont nombreuses avec des grandes corolles roses, les pédoncules longs et rougeâtres.
- La forme des tubercules est oblongue, moyenne à grosse. Sa peau est rouge, lisse avec des yeux superficiels à mi profonds, et une chair jaune pâle.
- Repos végétatif long.
- Le germe est d'une forme cylindrique et fortement pigmentée par contre l'apex est légèrement pigmenté (NIVAA, 2000 *in* DJEBIRI, 2005).
- Forte résistance à la sécheresse et bonne résistance au virus Y et à la gale poudreuse. Sensible au nématode à kyste de la pomme de terre et aux déformations sur les sols lourds. Modérément sensible aux virus de la panachure et de la mosaïque bénigne.

**Tableau 10 : Descriptions de la variété Désirée.**

<b>Caractéristiques des tubercules</b>	<b>Description botanique</b>
Souplesse de la peau : Moyenne	Maturité : Demi-tardive
Forme du tubercule : Oblongue	Hauteur des plants : Importante
Profondeur des yeux : Assez profonde	Fréquence des baies : Nombreuses
Couleur de la peau : Rouge	Couleur de la fleur : Rougeviolacé
Couleur de la chair : Jaune	Couleur de la base du germe : Rose

## ii. Variété *Spunta*



**Figure 10 : Photo de la variété Spunta entière, en coupe et le germe.**

**Origine génétique :** Béa X U.S.D.A. 96-56

**Obtenteur(s) :** J. Oldenburger (Pays-Bas)

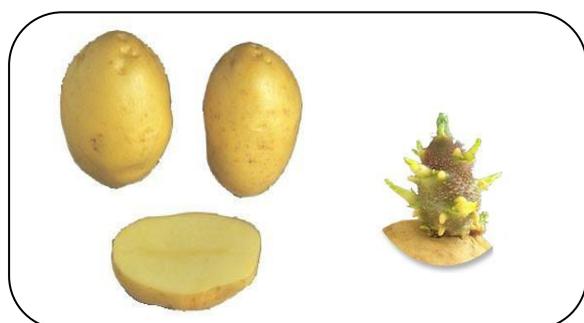
**Année d'inscription au catalogue national :** 1988

- La variété *Spunta* est essentiellement destinée à la consommation à maturité demi-précoce. - C'est une variété à proportion très forte de gros tubercule oblong allongé, régulier, des yeux très superficiels, peau jaune, chair jaune.
- Les germes sont violets, coniques à pilosité moyenne.
- Plante de taille haute, port dressé, type rameux,
- Feuilles : vert franc, peu divisée, mi ouverte ; foliole moyenne, ovale arrondie, - Repos végétatif moyen.
- Floraison assez abondante, de couleur blanche partiellement pigmentée. Les tests ont montré une bonne résistance au mildiou du feuillage. (HINGROT, 1990 in AISSA, 2005).

**Tableau 13 : Descriptions de la variété Spunta.**

<b>Caractéristiques des tubercules</b>	<b>Description botanique</b>
Souplesse de la peau : Moyenne	Maturité : Semi-précoce
Forme du tubercule : Oblongue - allongée	Hauteur des plants : Moyenne
Profondeur des yeux : Peu profonde	Fréquence des baies : Absentes
Couleur de la peau : Jaune	Couleur de la fleur : Blanche
Couleur de la chair : Jaune clair	Couleur de la base du germe : Violet

**iii. Variété Cipira**



**Figure 11 : Photo de la variété Cipira entière, en coupe et le germe.**

**Origine génétique** : H 83011-3 X Superior

**Obtenteur(s)** : Suwon, Gangneung (Corée du Sud)

**Année d’inscription au catalogue national** : / (Année 2000)

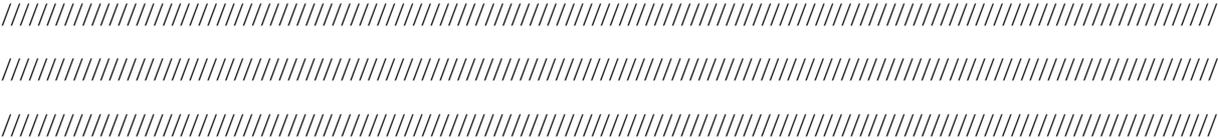
- Les plantes de cette variété ont une taille haute, port dressé et vigoureux - Feuille à couleur vert foncé ; foliole large.
- Tubercules : sont arrondis de taille moyenne, avec des yeux peu profonds et une peau jaune et lisse, chair jaune pâle.
- Floraison : Assez abondante.
- Fleur : Rouge-violette.
- Repos végétatif court (90-120 jours).

Maturité précoce avec un cycle végétatif court, et de forts rendements (entre 33-35 t/ha), bonne résistance au virus Y et PLRV.

**Tableau 11 : Descriptions de la variété Cipira.**

<b>Caractéristiques des tubercules</b>	<b>Description botanique</b>
Souplesse de la peau : Moyenne	Maturité : Précoce
Forme du tubercule : Arrondie	Hauteur des plants : Faible
Profondeur des yeux : Modérée	Couleur de la fleur : Rouge-violette
Couleur de la peau : Jaune pâle	Couleur de la base du germe : Rose
Fréquence des baies : Absentes	

**b) Matériels de terrain et de laboratoire**



**3.2.2.Methodes**

*a. Dispositif expérimental*

L’expérience sur les sites constituera en la mise en place d’un dispositif expérimentale en blocs complètement randomisés, séparés de 0,5 m avec six répétitions et deux traitements : T0 = Témoin absolu (non fertilisé), T1 = apport en engrais organique. La parcelle élémentaire (unité expérimentale UE) sera un carré de 1 m soit une surface de 2 m<sup>2</sup>, les UE comprendrons chacune des lignes de semis, écartement 20 x 30. Après tirage avec remise, nous disposerons les UE ainsi qu’il suit :

## **b. Milieu de culture utilisé**

Nous avons utilisé deux milieux de culture :

### **i. Le milieu de culture avec apport en engrais organique**

Le choix d'amender ces parcelles, nous permettra justement de mieux apprécier l'apport d'un fertilisant organique sur nos différentes variétés

La répartition des doses d'engrais s'est faite de la même pour chaque variété dans chaque parcelle.

### **ii. Le milieu de culture sans apport en engrais organique**

Ici les parcelles sont sans apport en fertilisant et seront considérées comme parcelle témoin. De même la distribution des variétés sur les parcelles est aléatoire et l'essai est répétée plusieurs fois

## **c. Évaluation des caractéristiques physico-chimiques du sol**

### **i. Porosité.**

On entend par porosité, la fraction de l'unité de volume du sol en place qui n'est pas occupée par la matière solide. On divise cette porosité en macroporosité et microporosité. La macroporosité correspond aux plus gros pores, ceux qui seront utilisés pour la circulation de l'eau et de l'air. La microporosité correspond au volume des pores les plus fins qui seront utilisés pour le stockage de l'eau. Autrement dit la porosité, c'est-à-dire le volume des vides, exprimé en pourcentage du volume total (BAIZE, 2000).

#### **Principe :**

Pour mesurer la porosité totale, on prélève, sans la tasser, un volume connu de substrat, que l'on pèse après séchage à l'étuve à 105°C. On en déduit la densité apparente<sup>1</sup> du sol sec de la densité réelle<sup>2</sup>, on divise résultat sur le volume du cylindre le tout multiplier par 100.

$$\text{Porosité} = \frac{\text{Densité apparente} - \text{densité réelle}}{\text{Volume du cylindre}} \times 100$$

### **ii. Capacité de rétention en eau**

---

<sup>1</sup> Densité apparente : c'est le rapport de la masse sèche d'un échantillon de sol à son volume à l'état humide non remanié. Elle est mesurée par séchage à 105°C d'un volume connu de terre, prélevé au moyen d'un cylindre métallique (méthode de Burger).

<sup>2</sup> Densité réelle : c'est le rapport entre la masse volumique des constituants solides du sol, vides exclus, et la masse volumique de l'eau

La rétention d'eau dans un sol correspond à la quantité d'eau qu'un sol fin et sec peut retenir. Pour quantifier cette capacité, plusieurs manières s'offrent à nous. La plus simple est la méthode Bouyoucos, cette méthode possède toutefois l'avantage d'être d'un maniement simple et rapide. L'échantillon est humidifié pendant 12 heures par ascension capillaire dans un filtre de Bichner à verre fritté, sur 1cm d'épaisseur, puis on utilise le filtre pour éliminer l'eau dans les pores. La différence entre le poids humide et le poids sec (après séchage à 105 C°) permet de connaître la capacité de rétention en eau en (%) du poids sec.

$$\text{Capacité de rétention en eau (\%)} = \frac{\text{Poids humide} - \text{Poids sec}}{\text{Poids humide}} \times 100$$

### **iii. Conductivité électrique du sol (CE)**

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol. Elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance (inverse de la résistance électrique, ohm) d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions, porteurs de charges électriques, augmentent (BAIZE, 2000).

En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée en mmho.cm<sup>-1</sup> ou dS.m<sup>-1</sup> (mmho = millimho, S = Siemens) ou bien en mS.cm<sup>-1</sup> à une température de 25 °C.

#### **Principe :**

Pour extraire les sels solubles et apprécier la salinité du sol, il y a une méthode qui consiste à faire des extractions aqueuses de rapports sol/eau (m/v) fixes pour obtenir des fortes dilutions (sol/eau de 1/5 ou 1/10, le rapport 1/5 est le plus souvent utilisé) ; ce rapport sol/eau restant donc constant quelle que soit la nature de l'échantillon et, notamment, sa granulométrie. La conductivité électrique de ces extraits dilués est spécifiée en ajoutant le rapport sol/eau comme indice à l'abréviation CE, par ex. CE<sub>1/5</sub>.

La conductivité électrique est mesurée par conductivimètre exprimée en mmhos/cm et corrigée à une température 25 °C, cette méthode est plus rapide et plus précise.

### **iv. Capacité d'échange cationique (CEC)**

La capacité totale d'échange (**T**) ou « capacité d'échange de cations » (C.E.C.) est la quantité maximale de cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol (habituellement 100 g) est capable de retenir. Cette mesure représente le total des charges négatives du sol disponibles pour la fixation de cations métalliques ou d'ions H<sup>+</sup> (SOLTNER, 2000). Autrement dit, la capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol est la quantité totale de

cations (ions<sup>+</sup>) que ce sol peut adsorber sur son complexe et échanger avec la solution environnante dans des conditions de pH bien définies.

**Principe :**

La capacité d'échange cationique (C.E.C) a été déterminée par la méthode GILLMAN, qui consiste à déplacer les cations et les anions échangeables et à saturer les sites d'échange par un électrolyte non tamponné ; chlorure de calcium 0.1 mol L<sup>-1</sup> et ceci au pH du sol.

**v. Carbone organique**

Le dosage du carbone permet de déterminer d'une part la teneur en carbone dans le sol et d'autre part la teneur en matière organique.

**Principe :**

Le carbone organique (CO) est dosé par la méthode WALKLEY et BLACK, dont le C.O est oxydé par voie humide par du bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en milieu sulfurique. Le bichromate doit être en excès, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. L'excès de bichromates de potassium est titré par une solution de sel de Mohr en présence de diphénylamine dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert. (AUBERT, 1978).

La teneur en carbone organique est exprimée en % (g en % de terre fine séchée à l'air). Pour passer du taux de carbone aux taux de MO totale, on utilise le coefficient multiplicateur 1,72

$$MO (\%) = C (\%) \times 1,72$$

**vi. Dosage de l'Azote total**

L'azote total d'un sol constitue « la réserve » globale d'azote contenue dans l'humus, réserve dont la rapidité de mobilisation (par minéralisation) est très variable suivant le type d'humus (mull, mor, moder). La teneur en azote total est un bon indice de fertilité, à condition d'être interprétée en fonction du rapport C/N.

L'azote total d'un sol réunit des formes organiques (plus de 95% de l'azote total) et minérales : NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (l'azote ammoniacale, forme transitoire, retenue sur le complexe) et NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (l'azote nitrique, principale source d'azote pour les plantes ; facilement lixivié).

**Principe :**

Dans le procédé de KJELDAHL la matière organique azotée de l'échantillon est minéralisée par l'acide sulfurique concentré, à chaud. Le carbone et l'hydrogène se dégagent à l'état de dioxyde de carbone (gaz) et d'eau, l'azote transformé en ammoniacque est fixé par

l'acide sulfurique à l'état de sulfate d'ammoniaque. Cette première phase s'appelle la digestion

Matière organique + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> ↑ + H<sub>2</sub>O

L'ion NH<sub>4</sub> est ensuite déplacé par l'hydroxyde de sodium et entraîné à la vapeur d'eau puis fixé par l'acide borique à l'état de borate, lui-même dosé par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Cette phase s'appelle la distillation.

### **vii. Le rapport C/N**

Connaitre le rapport carbone sur azote C/N est nécessaire, car il nous renseigne sur les composants de la matière organique, le type d'humus (issu de la décomposition de la matière organique) ainsi que sur l'intensité de l'activité biologique au sein d'un sol,

Le rapport C/N a été déterminé à partir du dosage de l'azote total par la méthode KJELDAL, et la détermination du carbone par la méthode WALKLEY BLAK.

### **viii. Dosage du phosphore assimilable**

La définition du phosphore « assimilable » ou bio disponible est relativement facile dans son concept. C'est l'ensemble du phosphore d'un système sol-solution qui peut rejoindre la solution sous forme d'ions phosphate pendant un temps compatible avec les possibilités de prélèvement du végétal en croissance. Les différentes formes d'anions métabolisés par les végétaux se présentent sous les formes : (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) ; les uns dissous dans la solution du sol, d'autres plus ou moins fortement adsorbés sur les surfaces externes des minéraux argileux et sur les surfaces sortantes des oxyhydroxydes de fer et/ou d'aluminium, et susceptibles d'être rapidement mobilisables vers la solution.

#### **Principe :**

Le phosphore est extrait du sol par agitation avec une solution d'oxalate d'ammonium dont le pH doit être égal à 7. Le phosphore qui se dissout par cette opération correspond au phosphore assimilable par la plante. Ce phosphore est mesuré après filtration par une méthode colorimétrique : On forme le complexe phosphore - Molybdate d'ammonium qui devient bleu par réduction. L'intensité de la couleur bleue, qui correspond à la quantité de phosphore, est comparée avec celle d'une gamme étalon.

### **ix. pH (potentiel Hydrogène)**

La mesure du pH de la solution du sol rend compte de la concentration en ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> du liquide. Ces ions sont en équilibre avec ceux présents à l'état fixé sur les argiles et la matière organique formant le complexe absorbant.

Le pH d'une solution varie de 0 à 14 ; l'acidité (de 0 à 7), la neutralité (égale à 7) ou l'alcalinité (de 7 à 14) d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>

(noté  $H^+$  pour simplifier). De manière à faciliter cette expression, on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions  $H^+$  :  $pH = -\log [H_3O^+]$

### **Mesure du pH**

La mesure du pH s'accomplit par la lecture directe sur pH-mètre, d'une suspension formée de 10g de sol dissous à l'aide d'un agitateur pendant 30mn dans 25ml d'eau distillée. (Le rapport sol/eau=1/2,5), après l'agitation et avant la lecture du résultat, il faut laisser la solution au repos durant 5mn.

#### ***d. Mise en place et conduite de l'expérimentation***

##### **i. Entretien et soins apportés**

Ce sont les opérations qui ont lieu durant toute la durée de la plantation et qui permettent d'apporter aux jeunes plantes les soins appropriés pour leur développement.

Nous avons : les entretiens culturels, le traitement phytosanitaire, l'irrigation et la fertilisation.

##### **ii. Défeuillage**

Le défeuillage des plantes (le fait d'arracher les feuilles) est une technique pratiquée à la main et à l'aide d'un scalpel et seulement sur les plantes ayant un apport en fertilisant. Elle consiste à éliminer les feuilles les plus proches de la base et d'enfoncer la plante encore plus bas dans le sol, ce qui favorise l'émission des racines et l'apparition de nouveaux stolons et donc de tubercules et réduire les risques d'asphyxie de la plante au niveau du collet lors du grossissement des tubercules.

##### **iii. Tuteurage**

Au fur et à mesure de leur croissance, les plants seront régulièrement tuteurer afin d'éviter toute rupture des ramifications qui affectent le rendement. L'opération est réalisée avec un réseau de fils. Lorsque la plante atteint le réseau de fils en hauteur, il faut faire passer la partie apicale directement par-dessus deux rangées de fils, ce qui permet de ne pas abîmer la plante et de ne pas obstruer le passage de la sève.

##### **iv. Traitement phytosanitaire**

Afin de protéger les jeunes plants contre d'éventuelles attaques et/ou maladies, deux traitements préventifs sont réalisés, ce qui permet de lutter contre les principales maladies et insectes nuisibles à la pomme de terre.

Au niveau du premier traitement, un fongicide est utilisé pour protéger les plants de pommes de terre contre les différentes maladies cryptogamiques tel que le Mildiou, l'Oïdium, etc. Ce produit fongicide est appliqué 15 jours après plantation.

Concernant le deuxième traitement contre les insectes, il est réalisé quelques jours après le premier. C'est un insecticide polyvalent efficace pour la destruction d'une très large gamme d'insectes.

Les fongicides et insecticides sont appliqués directement sur les plantes. Les traitements sont effectués à l'aide d'un pulvérisateur manuel.

En plus des traitements par les produits chimiques, des méthodes de lutte biologique (attrape mouches et voile sur les entrées d'air, etc.) sont utilisés pour éliminer de nombreuses populations d'insectes volants (mouches, guêpes, mites, etc.).

#### **e. Choix des dates de prélèvements**

Les plants de pommes de terre ont un comportement physiologique souvent différent des uns des autres en plein champ. Le cycle de développement des plants est très court soit 80 à 100 jours au maximum. Ce cycle peut être défini selon les conditions génétiques et environnementales. Il y a plusieurs étapes importantes dans le cycle de développement de la pomme de terre. Ces stades sont énumérés de façon détaillée ci-dessous (observations sur site):

- Le développement de nouvelles feuilles et extension du système racinaire (15 à 20 jours);
- La formation des tubercules et l'émergence de l'inflorescence (30 à 50 jours);
- La floraison et le développement des tubercules (50 à 70 jours);
- Le développement des fruits et la poursuite du développement des tubercules (70 à 90 jours);
- La sénescence des feuilles et l'arrêt du développement des tubercules (85 à 100 jours).

Suivant ces observations sur les différentes phases de développement, nous avons été contraints de faire des prélèvements pour les mesures retenues sur intervalle de 15 à 25 jours

#### ***f. Paramètres phénologiques mesurés***

Afin de réduire les risques d'erreur et d'arriver à une grande fiabilité dans les essais, nous avons opté pour deux essais dont les dates d'application (de plantation) sont respectivement Novembre et Mars. Nous avons relevé 10 observations pour chaque variété et pour chaque milieu de culture sur un total de 120 plantes :  $[(10 \times 3) \times 2] \times 2 = 120$ .

Les mesures effectuées sont d'ordre morphologique. Elles ont été effectuées sur les mêmes plants. Elles ont commencé dès les premiers jours de plantation et ont été prolongées jusqu'à la fin du cycle végétatif où les plantes commencent à se faner.

Différentes variables expérimentales sont prises en compte : la longueur et le nombre de tiges, le nombre de feuilles, et après la récolte la deuxième partie des mesures qui concernent le rendement (nombre et calibre des tubercules) et le poids frais de la partie aérienne

#### **i. Croissance en hauteur**

Le plant de pommes de terre peut présenter deux types de tiges ; aérienne et souterraine. Nous nous intéressons aux tiges aériennes servant de relais entre les racines et les feuilles pour l'échange de substances chimiques et qui donnent à la plante cet aspect de port plus ou moins érigé. Sur chaque plant retenu, on a mesuré la longueur de la tige (la hauteur de la plante) à l'aide du mètre ruban, depuis le ras du sol jusqu'à l'apex, puis la moyenne de toutes les hauteurs a été calculée pour chaque variété.

#### **ii. Nombre de tiges par plant**

Nos plantes germées à partir de boutures n'ont qu'une seule tige *principale* érigée, servant de support au reste de la plante. De cette tige ramifient des tiges latérales au nombre variable.

Le nombre de tiges latérales par plant nous permet d'avoir une idée sur la qualité de la croissance de la plante et de sa morphologie, l'importance et l'abondance du nombre des tiges permettant aux plants de bien s'alimenter en eau et en sels minéraux (CHAUMETON., et *al* 2006).

Dans le comptage des tiges, on a pris en compte les deux types de tiges, principales et latérales.

#### **iii. Nombre de feuilles par plant**

Les feuilles de la pomme de terre sont disposées en spirale sur la tige, et elles sont composées, c'est-à-dire constituées d'une nervure centrale (rachis) et de plusieurs folioles. L'estimation du nombre de feuilles est un bon indicateur des capacités assimilatrices de la plante et de sa production en biomasse (FISCHESSER et *al.*, 1996).

Le comptage du nombre de feuilles a été effectué durant toute l'expérimentation sur les mêmes plants utilisés pour les autres mesures, à des intervalles déterminés. Le nombre des feuilles mentionné dans les tableaux est le nombre total des folioles par plante.

#### **iv. Poids de la biomasse aérienne et des tubercules**

La méthode par pesée est plus précise que les autres méthodes de mesure. Elle nous permet d'évaluer la biomasse verte produite par chaque variété et qui sera un paramètre de comparaison avec la tubérisation, deux processus physiologiques antagonistes (Joseph., et *al* 1959).

Pour l'appréciation de cette masse végétative, il convient en premier lieu de séparer la partie aérienne de la partie racinaire en coupant les tiges, avec un ciseau au niveau du collet au ras

du sol, de façon à prélever toute la partie végétative. Ensuite, on réalise la pesée avec une balance de précision.

Ensuite nous devons calculer la moyenne des pesées réalisées. Ce poids moyen pourra être reporté aux variétés et aux milieux de culture.

#### **v. Nombre de tubercules par plant**

Le rendement chez la pomme de terre dépend fortement du nombre de tubercules par plant, du poids et du calibre des tubercules qui sont des caractères intéressants pour le choix des semences. Il s'agit ici de compter le nombre de tubercules par plant, et de les classer suivant les différents calibres.

La norme expérimentale des catégories de calibrage proposée dans cette étude ne tient pas compte de la dimension des tubercules. Donc le choix est porté sur le poids :

Par exemple, pour la même dimension de calibre : 20~35mm, le poids d'un tubercule de forme arrondie (*Cipira*) est largement inférieur à celui d'un tubercule de forme allongée (*Spunta*)

#### **g. Analyse statistique**

Les données obtenues pour chaque paramètre ont été interprétées statistiquement au moyen de l'analyse de la variance (ANOVA). Cette méthode permet de comparer les moyennes des différentes variétés dans les deux milieux.

L'analyse est effectuée à l'aide de logiciel STATITCF (Version 6). Les résultats obtenus sont ensuite représentés sous forme de graphiques.



## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

### *1. Résultats des analyses physico-chimiques de la fiente de poule utilisée*

Une partie des résultats d'analyses physico-chimiques de la fiente de poule utilisée comme fertilisant organique, de culture dans cette expérimentation ont été prélevés et requilibrés dans les documents mis à notre disposition par les instituts universitaires.

**Tableau 11 : Résultats des analyses physico-chimiques de la tourbe utilisée.**

Paramètre		Résultats d'analyses
Porosité (%)		85
Rétention en eau (%)		78
CE dS/m		0,27
CEC meq/100g de substrat		75,42
pH		5,4
Matière organique (%)		84
Azote total (%)		2,2
C/N		22
Cations meq/100g de sol	Ca <sup>++</sup>	5,17
	Mg <sup>++</sup>	3,65
	K <sup>+</sup>	1,82
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)		2,5
Carbone total (%)		48,2

En se référant au tableau 11, nous remarquons que la fiente de poule présente : un bon taux de porosité, de l'ordre de 85 % et une capacité de rétention en eau de 78 % ; ce qui lui confère une rétention de 78g d'eau par 100g de tourbe, et donc une très bonne capacité de rétention.

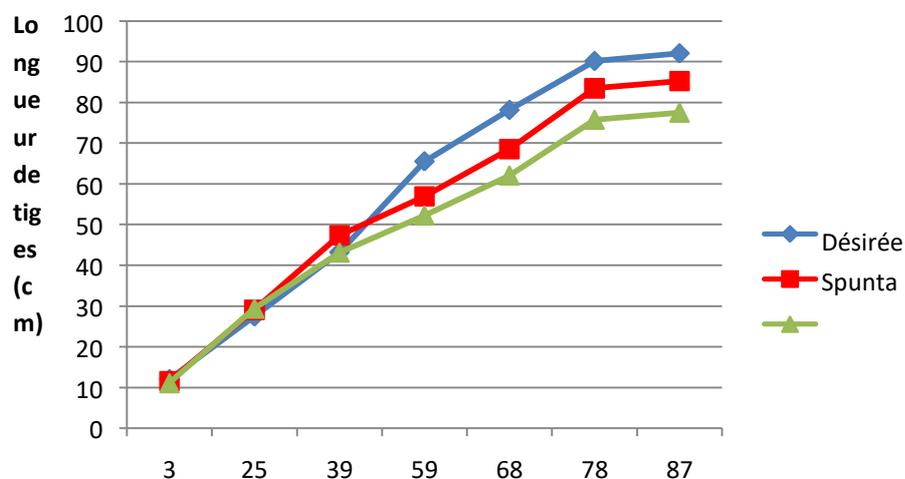
La valeur de la CEC est avoisinante à 75,5 meq/100g. En général, la CEC des sols dépend de la teneur en matière organique et du type d'argile (FAO, 1990). Dans notre cas, c'est le taux de matière organique qui conditionne les valeurs de la CEC, sachant que le substrat utilisé est très riche en matière organique avec un taux de 84% ce qui a augmenté cette valeur. Elle présente donc un bon réservoir de nutriments.

Les résultats d'analyse du pH montrent que celui-ci est de 5,4 soit légèrement acide. C'est une valeur comprise dans l'intervalle toléré par la pomme de terre (5,3 à 6,2) ; ce qui est favorable à un bon rendement.

Le rapport C/N présente une valeur qui indique une bonne minéralisation de la matière organique et une disponibilité en azote pour la plante.

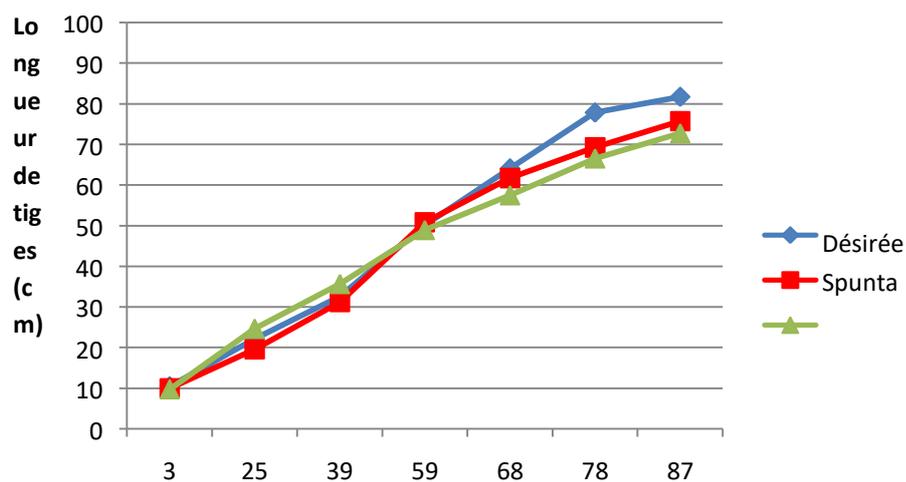
## 2. Croissance en hauteur

L'évolution de la hauteur des plantes a été appréciée à travers la hauteur moyenne des plantes durant tout le cycle de culture pour chaque variété et les figures 23 et 24 nous montrent cette évolution :



### Nombre de jours après plantation

**Figure 12 : Évolution de la hauteur moyenne des variétés en fonction du temps avec fertilisant.**



### Nombre de jours après plantation

Figure 13 : Évolution de la hauteur moyenne des variétés en fonction du temps sans fertilisant.

Tableau 12 : Moyenne de la longueur finale des tiges.

Variété	Milieu	Moyenne de la longueur finale des tiges
<i>Désirée</i>	Avec fertilisant	92
	Sans fertilisant	81,7
<i>Spunta</i>	Avec fertilisant	86
	Sans fertilisant	75,7
<i>Cipira</i>	Avec fertilisant	78
	Sans fertilisant	72,5

La hauteur des plantes, dans chaque milieu, est mesurée à des intervalles en nombre de jours.

On peut constater que la longueur initiale des plantes est presque la même chez les différentes variétés et dans les deux milieux de culture. Après quelques jours on commence à voir une même allure avec une légère différence entre les variétés, ce rythme s'accroît au fur et à mesure des jours, pour marquer progressivement un palier supérieur. En fin de culture cette différence va être plus significative et différente pour chaque variété.

En général, les meilleures longueurs des tiges sont observées dans le milieu fertilisé quelle que soit la variété utilisée, avec une légère supériorité pour la variété *Désirée* avec 92 cm par rapport à *Spunta* et *Cipira* avec respectivement 86 et 78 cm. Les résultats obtenus en substrat révèlent que les deux variétés *Spunta* et *Cipira* ont une croissance semblable, avec une hauteur moyenne respectivement de 75 et 72 cm. Par ailleurs, la variété *Désirée* a enregistré 81 cm ce qui est nettement plus élevée comparativement aux deux autres variétés.

**Tableau 13 : Analyse de la variance de la longueur des tiges en fonction de la variété du milieu et du temps.**

Variable dépendante : Hauteur de tiges					
Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Variété	4532	2	2266	119	0,000*
Milieu	221 <sup>E2</sup>	1	221 <sup>E2</sup>	1156	0,000*
Temps	479 <sup>E3</sup>	6	798 <sup>E2</sup>	4180	0,000*
Variété $\square$ Milieu	1003	2	502	26	,000*
Variété $\square$ Temps	5209	12	434	23	0,000*
Milieu $\square$ Temps	4890	6	815	43	0,000*
Variété $\square$ Milieu $\square$ Temps	1252	12	104	5	,000*

Les résultats de l'analyse de variance sur le paramètre longueur des tiges chez les trois variétés dans les deux milieux sont présentés dans le tableau 13. Ces résultats révèlent que les trois variétés de pommes de terre ont montré des différences significatives de longueurs des tiges, en fonction des variétés, du temps et du milieu, pris individuellement et en interaction deux à deux et en interaction entre les trois facteurs (variété  $\square$  milieu  $\square$  temps).

### 3. Nombre de tiges par plant

**Tableau 14 : Nombre de tiges par plant.**

		Nombre de Semaines après plantation					
		S 1	S 3	S 5	S 7	S 9	S 10
Variété	Milieu	Nombre de tiges par plant					
<i>Désirée</i>	Avec fertilisant	1	2,05	3,35	4,85	4,85	4,85
	Sans fertilisant	1	1,8	3,5	4,15	4,15	4,15
<i>Spunta</i>	Avec fertilisant	1	1,65	2,6	3,85	3,95	3,95
	Sans fertilisant	1	1,45	2,5	3,2	3,5	3,5
<i>Cipira</i>	Avec fertilisant	1	1	2,3	3,45	3,45	3,45
	Sans fertilisant	1	1,6	2,35	3,15	3,15	3,15

Le nombre initial des tiges est égal à 1 pour toutes les variétés. Cela est dû à leur provenance d'une bouture. Ensuite les plants vont se développer, grandir et produire des tiges, et à partir de la 9<sup>ème</sup> semaine, le nombre de tiges commencera à se stabiliser, d'après le tableau 22, nous constatons que la variété *Désirée* a produit plus de tiges que les autres variétés dans les deux milieux. Ce nombre a été en moyenne, de 4 tiges/plant (4,85 tiges/plant en avec fertilisant et 4,15 tiges/plant pour le milieu sans fertilisant). Sans différence significative entre les deux autres variétés (*Spunta* et *Cipira*), le nombre a été un peu plus de 3 tiges/plant. On a remarqué aussi que le nombre de tiges a augmenté pour toutes les variétés, mais cette augmentation n'est pas différente d'un milieu à l'autre.

**Tableau 15 : Analyse de la variance du nombre des tiges en fonction de la variété du milieu et du temps.**

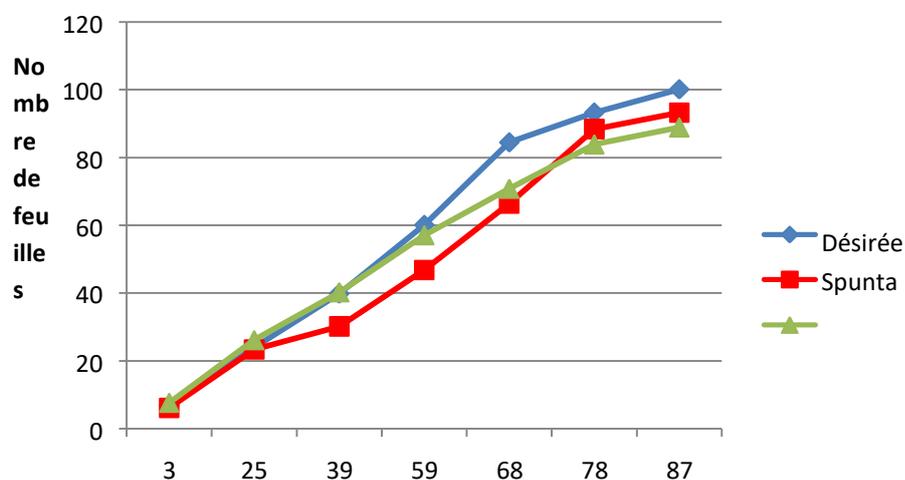
Variable dépendante : Nombre de tiges					
Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Variété	128	2	64	140,8	0,000*
Milieu	16	1	15,7	34,7	,000*
Temps	1050	6	174,9	385,1	0,000*
Variété $\square$ Milieu	4	2	2,1	4,7	,009*
Variété $\square$ Temps	28	12	2,4	5,2	,000*
Milieu $\square$ Temps	14	6	2,4	5,3	,000*
Variété $\square$ Milieu $\square$	4	12	0,3	0,7	0,718

Temps					
-------	--	--	--	--	--

L'analyse de la variance n'a pas mis en évidence un effet significatif de l'interaction entre les trois facteurs (variété  $\square$  milieu  $\square$  temps) sur le nombre de tiges. Par contre, ce nombre varie en fonction des trois facteurs pris individuellement et en interaction deux à deux.

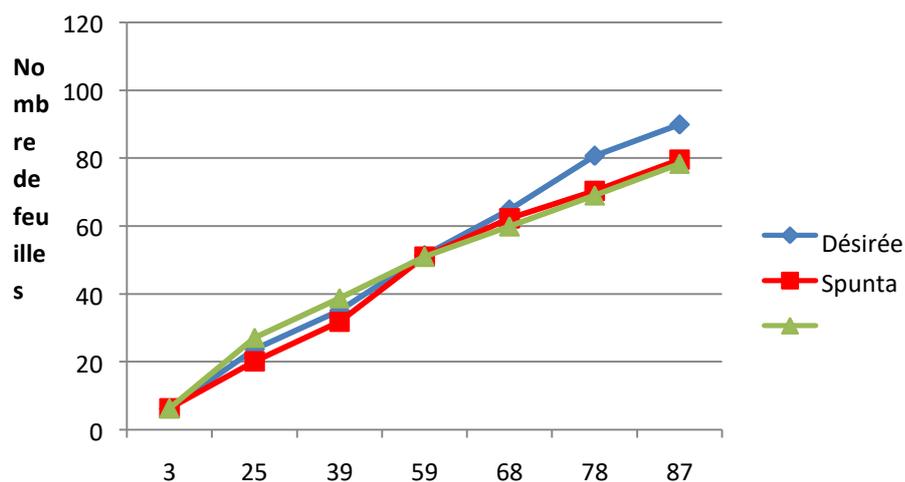
#### 4. Nombre de feuilles

Chaque intervalle-jours, le nombre de feuilles entre les derniers comptages et les précédents est noté. Les résultats des comptages du nombre de feuilles par variété dans les différents milieux de culture nous ont permis de tracer les graphiques 14 et 15 ci-dessous :



#### Nombre de jours après plantation

**Figure 11 : Évolution du nombre moyen de feuilles des variétés en fonction du temps en milieu fertilisé.**



### Nombre de jours après plantation

Figure 12 : Évolution du nombre moyen de feuilles des variétés en fonction du temps sans fertilisant.

Tableau 16 : Moyenne du nombre final de feuilles par plante.

Variété	Milieu	Nombre final de feuilles
<i>Désirée</i>	Avec fertilisant	100
	Sans fertilisant	89,9
<i>Spunta</i>	Avec fertilisant	93
	Sans fertilisant	79,6

	fertilisant	
<i>cipira</i>	Avec fertilisant	90
	Sans fertilisant	78,4

Ce qu'on constate d'après les graphes 14 et 15 et le tableau 16, c'est que le nombre de feuilles enregistré après 39 jours est en moyenne supérieur chez *cipira* ce qui marque la bonne reprise après repiquage. Après cette date, on remarque une augmentation importante de formation de feuilles pour les deux variétés (*Désirée* et *Spunta*) qui se rattrapent et reprennent le dessus, et ce après 78 jours. Le nombre de feuilles augmente encore et atteint au dernier relevé (87<sup>ème</sup> jours) son maximum pour les trois variétés, avec une nette supériorité chez la variété *Désirée*. On peut voir au cours du temps que le nombre moyen et la vitesse de prolifération des feuilles sont en général supérieurs dans le milieu fertilisé que celui sans fertilisant. Nos trois variétés : *Désirée*, *Spunta* et *cipira* culminent respectivement avec 100, 93 et 90 feuilles en milieu fertilisé. Pour ce qui est du sans fertilisation, les résultats sont de 89 feuilles pour *Désirée*, avec une légère différence entre *Spunta* et *Cipira* qui ont respectivement 79 et 78 feuilles.

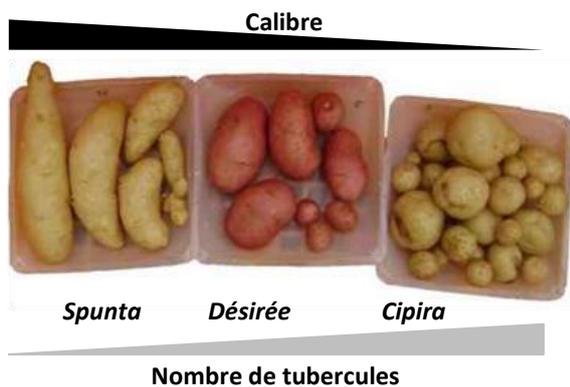
**Tableau 17 : Analyse de la variance du nombre de feuilles en fonction de la variété du milieu et du temps.**

Variable dépendante : Nombre de feuilles					
Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Variété	6891,	2	3445,	87,	0,000
Milieu	7955,	1	7955,	201,	0,000
Temps	648 <sup>E3</sup>	6	108 <sup>E3</sup>	2730,	0,000
Variété □ Milieu	1356,	2	678,	17,	,000
Variété □ Temps	4729,	12	394,	10,	0,000
Milieu □ Temps	103 <sup>E2</sup>	6	1722,	44,	0,000

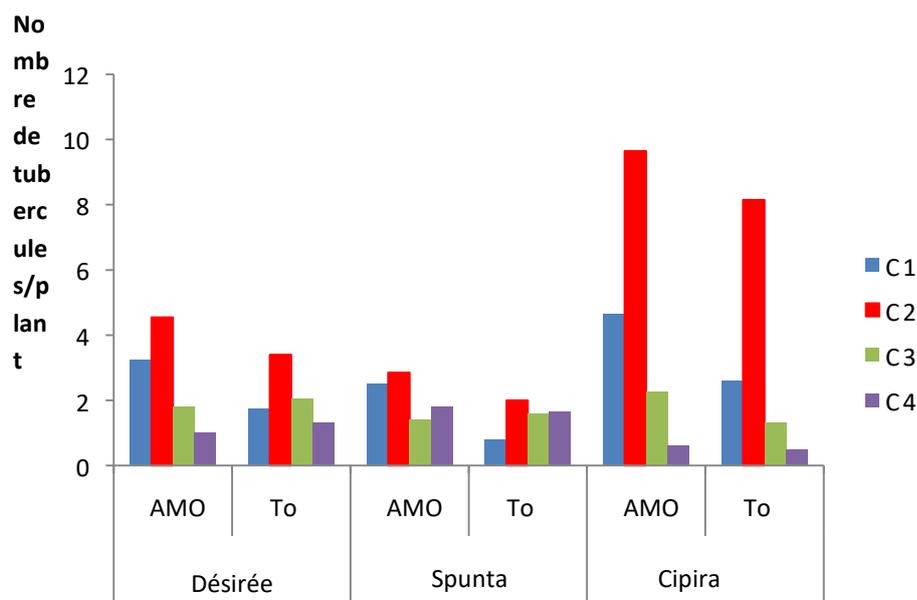
Variété	□	Milieu	□	3014,	12	251,	6,	,000
Temps								

L'analyse de la variance montre des effets très hautement significatifs pour l'effet variété, temps et milieu, et même l'interaction entre ces facteurs a une incidence significative sur le nombre de feuilles.

#### ***5. Nombre et calibre des tubercules***



**Photo 4 : Photo illustrant le nombre et le calibre des tubercules obtenus par plant pour les trois variétés.**



**Figure 13 : Répartition du nombre et du calibre des tubercules par plant sur les deux milieux de culture.**

**Légende :**

C<sub>1</sub> : Calibre 1~5g      AMO : Milieu avec fertilisant

C<sub>2</sub> : Calibre 5~30g      To : Milieu sans fertilisant

C<sub>3</sub> : Calibre 30~50g

C<sub>4</sub> : Calibre >50g

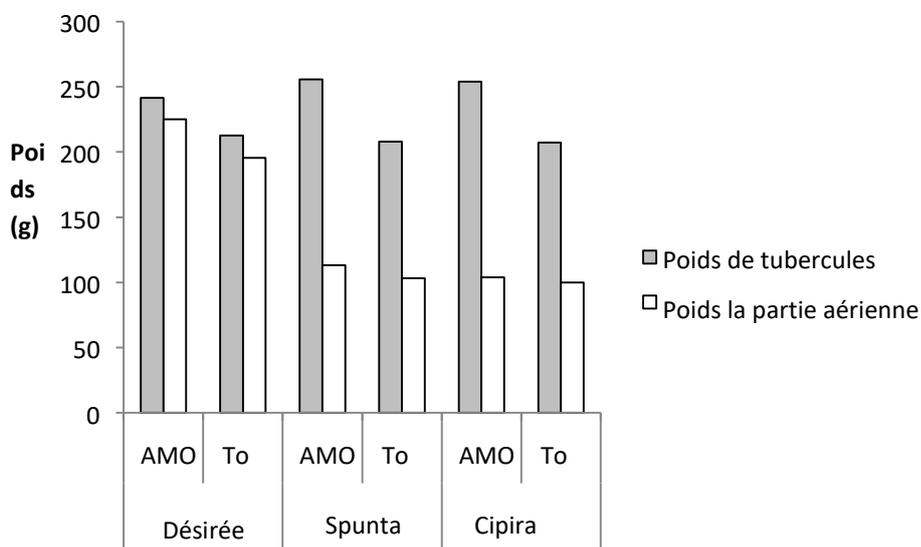
Les notations à la récolte nous ont permis d'évaluer le rendement et les proportions de chaque calibre. Dans l'histogramme ci-dessus, figurent les calibres des tubercules et également leur nombre. Les résultats du dénombrement des tubercules formés lors des récoltes successives des trois variétés (dans les deux milieux de culture) montrent que cipira, a produit plus de tubercules pour les deux milieux de culture. On note une nette différence par rapport aux deux autres variétés, ce nombre peut atteindre parfois 17 tubercules/plant. Il est à noter par ailleurs que d'après l'histogramme, Cipira a enregistré un rendement important avec un grand nombre de tubercules de calibre C<sub>2</sub> (calibre compris entre 5~30g) ce qui correspond au calibre souhaité pour les semences de la G<sub>0</sub>.

**Tableau 18 : Analyse de la variance du nombre de tubercules en fonction de la variété et du milieu.**

Variable dépendante : Nombre de tubercules						
Source de variation	de	Somme des carrés	des	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
			ddl			
Variété		1202,	2	601,0	60,57	0,000
Milieu		282,	1	282,1	28,43	4 , 97 <sup>E-7</sup>
Variété $\square$ Milieu		36,	2	18,0	1,82	0,16

L'analyse de la variance a révélé l'existence d'un effet variété, milieu très hautement significatif. Par contre, aucun effet significatif n'est noté pour l'interaction simultanée des deux facteurs (variétés  $\square$  milieu) sur le nombre de tubercules.

#### 6. Poids de la biomasse aérienne et des tubercules



**Figure 14 : Poids de la biomasse fraîche produite par plant.**

Afin de quantifier et d'évaluer le rendement en biomasse fraîche produite pour chaque plant, des pesées ont été réalisées sur deux paramètres : poids de la partie aérienne (biomasse végétale herbacée) et poids de l'ensemble des tubercules produits par plant.

Nous constatons à partir de la figure 18 que pour toutes les variétés, le poids total des tubercules est supérieur au poids frais de la partie aérienne. L'examen des résultats met encore en évidence le faible rendement en poids de toutes les variétés cultivées en milieu sans fertilisant par rapport à celles cultivées en milieu avec fertilisant qui pourrait être un indicateur limitateur de la poursuite des cultures sans fertilisant. Ceci aurait un impact certain sur le rendement des plants.

En comparant le rapport pondéral matière fraîche-tubercules/matière fraîche-partie aérienne des trois variétés (tableau 19), on constate que les deux variétés *Cipira* et *Spunta* ont produit une biomasse fraîche de tubercules égale au double de la partie aérienne. Soit une faible quantité de masse végétative tout en donnant le plus important rendement en poids de tubercules ; tandis que *Désirée* a un rapport nettement plus faible comparativement aux deux autres variétés.

Là encore quelle que soit la variété ce rapport est plus important en milieu fertile qu'en milieu sans fertilisant. En somme, le rendement paraît obéir surtout aux normes variétales.

**Tableau 19 : Quantité de biomasses fraîches produites par plant.**

Variété	Milieu	Poids de tubercules (g)	Poids la partie aérienne (g)	Rapport pondéral tubercules / partie aérienne
<b>Désirée</b>	fertilisant	241,4	225,1	1,07
	Sans fertilisant	212,6	195,3	1,08
<b>Spunta</b>	fertilisant	255,7	113,1	2,26
	Sans fertilisant	208,4	103	2,02
<b>Cipira</b>	fertilisant	253	103,2	2,45
	Sans fertilisant	207,1	98	2,11

### 7. Étude des corrélations

Le tableau présente les coefficients de corrélation entre les différents paramètres et les aspects physiologiques de croissance et du développement des variétés testées.

L'étude des corrélations nous montre l'existence d'une corrélation positive entre le temps et les paramètres étudiés ( $r = 0,95$  pour le nombre de feuilles,  $r = 0,94$  pour la hauteur de tiges,  $r = 0,73$  pour le nombre de tiges). Les plants auraient tendance à croître et produire plus de feuilles et de tiges en fonction du temps.

Le paramètre « nombre de feuilles » a présenté une corrélation positive avec le nombre de tiges ( $r = 0,96$ ) et a même montré une très forte corrélation avec la hauteur des tiges ( $r = 0,75$ ). Il en est de même pour le nombre de tiges qui est très hautement corrélé avec la longueur des tiges ( $r = 0,79$ ) ; donc la prolifération des feuilles augmente quand le nombre et la hauteur des tiges augmente.

Comme l'indique le tableau 19, la lecture de la matrice de corrélation suggère qu'il y a une corrélation négative entre les différents facteurs et les variables explicatives, avec des coefficients de corrélation sensiblement faibles. En d'autres termes le changement du milieu fertilisé vers le milieu sans fertilisation, entraîne une diminution dans les valeurs des paramètres mesurées, à savoir : le nombre de feuilles et de tiges, ainsi que la longueur des tiges. De même, la comparaison entre les variétés productives (*Cipiraet Spunta*) et la variété la moins productive (*Désirée*) produit les mêmes effets.

**Tableau 19 : Matrice des corrélations entre les différents paramètres mesurés et facteurs.**

Variable	Variété	Milieu	Temps	Nbr de F	Htr T	Nbr T
Variété	1,00					
Milieu	0,00	1,00				
Temps	0,00	0,00	1,00			
Nombre de feuilles	-0,09	-0,11	0,95	1,00		
Hauteur de tiges	-0,09	-0,20	0,94	0,96	1,00	
Nombre de tiges	-0,28	-0,10	0,73	0,75	0,79	1,00

**Nbr de F** : Nombre de feuilles. **Htr T** : Hauteur des tiges. **Nbr T** : Nombre des tiges.

## 8. Discussion générale

### 8.1. Comportement variétal

A la lumière des deux expérimentations menées au site de NGALAN sur la conduite des différentes variétés de pommes de terre, des différences de comportement ont pu être observées entre variétés dans les deux milieux de culture :

### 8.1.1. Longueur et nombre des tiges

L'effet d'un milieu de culture résulte de l'ensemble des interactions des différents éléments qui le composent. Certains d'entre eux stimulent les processus du développement, d'autres par contre ont peu d'influence. Ainsi pendant les phases de développement, MADEC et PERENNEC (*in* ROUSSELLE, 1996) ont émis l'hypothèse que la vigueur de croissance n'est pas nécessairement un caractère variétal comme cela est couramment admis (PERLA, 1999), mais peut résulter aussi de certaines conditions du milieu. Ainsi lors de nos essais on a pu observer que l'une des réponses des plants de pomme de terre au milieu de culture a été l'élongation importante des tiges et leurs nombres (cas en milieu fertilisé). Les résultats des analyses statistiques le confirment et montrent l'existence d'une différence significative pour ces deux paramètres (longueur et nombre de tiges) et ce en fonction du milieu.

Il est important de noter que les variétés qui ont donné de bons rendements (*Cipiraet Spunta*) ont des tiges courtes. En effet, plus les tiges sont courtes, moins la plante dépense d'énergie pour acheminer les nutriments de la partie souterraine vers la partie apicale. L'énergie résiduelle peut ainsi être utilisée à d'autres fins telles que la croissance de la plante ou des tubercules qui sont les organes des réserves énergétiques et de régénération de cette plante.

### 8.1.2. Nombre de feuilles

La tolérance d'une plante à un nouveau milieu peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à croître et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes cultivées dans un milieu classique (FISCHESSER, *et al.*, 1996).

Ainsi, la réaction des tubercules de pommes de terre au milieu de culture se manifeste lors des premières étapes de reprise par l'augmentation du nombre de feuilles. Cette augmentation varie en fonction du milieu de prolifération expérimenté. D'où le nombre important de feuilles enregistré en milieu milieu fertilisé, qui peut s'expliquer par la grande efficacité du milieu (sol équilibrée).

Si l'on admet de plus, que les feuilles ont un rôle important dans les échanges gazeux et la production de la matière organique, grâce à la photosynthèse. Les résultats que nous avons obtenus pour la majorité des paramètres, en particulier le nombre de feuilles et le rendement, ont montré que la variété *Cipira* à moins de feuilles avec une production importante. Ceci pourrait s'expliquer par un comportement variétal lié au patrimoine génétique.

### 8.1.3. Nombre et calibre des tubercules

En utilisant certaines clés de détermination de la vigueur générale (longueur et nombre des tiges ainsi que le nombre de feuilles), nous sommes parvenus à constater que la variété *Désirée* a présenté les meilleurs résultats.

Cependant, le rendement d'une plante de pommes de terre ne correspond pas à la quantité de feuilles et de tiges. Les caractères de la vigueur générale indiquent seulement le potentiel de la plante. Les tubercules indiquent mieux la quantité d'énergie produite et donc le rendement final.

Une confrontation du nombre des tubercules enregistrés avec le calibre des tubercules formés met en évidence les faits suivants :

- ***Cipira***: donne un rendement très élevé, avec une forte proportion de tubercules de calibre C<sub>2</sub> (5~30g) ;
- ***Spunta***: donne un rendement inférieur aux autres variétés. Le nombre de tubercules produits par plant est plus faible avec comme corollaire une production de tubercules à gros calibre ;
- ***Désirée*** : tubérise relativement fort (plus que *Spunta*) avec comme conséquence des calibres un peu plus faibles par rapport à *Spunta*.

D'après JOSEPH *et al* (1959), la valeur optimum d'une culture de pommes de terre dépend du niveau et de la structure du rendement (grosseur et nombre de tubercules). La moyenne du rendement en tubercules notée dans les deux milieux de culture montre que les variétés cultivées sans fertilisant, produisent moins de tubercules en générale, mais avec des calibres plus importants. L'analyse des résultats révèle des calibres en C<sub>3</sub> et en C<sub>4</sub> plus importants sans apport par rapport à l'apport en engrais organique. On peut expliquer ce phénomène par le manque de nutriment dans la culture en milieu neutre où les plants sont en compétition que dans le milieu fertilisé. Ils produisent moins de stolons ; et par conséquent, moins de stolons/plant ce qui donnera moins de tubercules à calibres plus importants. La culture en milieu sans fertilisant est donc favorable à la production de tubercules de grand calibre C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> phénomène à éviter pour une production des semences.

## 8.2. Milieu de culture

La plante, comme tout organisme vivant, est influencée durant toute sa vie par les conditions climatiques et édaphiques du milieu. Ces conditions vont lui assurer soit un environnement favorable à la croissance et au développement, soit la soumettre à des facteurs de stress abiotiques ou biotiques qui vont perturber son métabolisme et provoquer des anomalies.

Comment concevoir de nouveaux systèmes de production alors que les enjeux dans lesquels se trouvent engagés l'agriculture se multiplient, et se diversifient sur des finalités souvent difficiles à concilier ?

C'est à ces questions que le recours à la fertilisation organique, pour la production de pommes de terre a été envisagé comme alternative dans les zones à conditions édaphiques difficile. Les objectifs espérés ont été une augmentation du rendement et un accroissement des garanties de bonne qualité sanitaire de la production.

Nous avons constaté que le milieu fertilisé permettait d'obtenir jusqu'à 17 tubercules en moyenne par plant pour la variété *Cipira* alors qu'elle ne produisait que 12,6 sur substrat. Pour les deux autres variétés la différence en nombre de tubercules entre les deux milieux est en général de 3 tubercules. Mais on a constaté que la culture en milieu sans fertilisant, favorisait l'obtention d'un nombre réduit de tubercules, mais avec de gros calibres ce qui est un avantage pour la productivité des tubercules.

La méthode en milieu fertilisant évalué dans ce travail comporte comme avantages :

- un accroissement sensible du nombre de tubercules produits par plant ;
- l'obtention, en proportion satisfaisante, de tubercules possédant un calibre permettant une utilisation aisée en plein champ (moins de calibre C<sub>4</sub> : Calibre > 50g) ;
- l'obtention de tubercules dont les qualités sanitaires sont excellentes ;

### **8.3. Recommandations variétales**

Au cours des dernières années, on a pu constater que parmi les facteurs limitant l'augmentation de la production de pommes de terre au Cameroun sans contredire le manque d'approvisionnement en semences. Nous savons tous que les caractéristiques recherchées chez une variété ; sont une productivité élevée, une adaptabilité supérieure aux diverses conditions de culture, une tolérance, voire une résistance aux maladies du sol et une disponibilité en semences chaque année.

Les résultats du présent travail nous ont permis de faire le point sur les potentialités qu'offre la nouvelle variété *Cipira*

Un des premiers critères pour la sélection d'une variété est sans aucun doute la possibilité d'obtenir facilement des semences en quantité et en qualité suffisantes. Ce critère et d'autres caractéristiques révélées lors des premiers essais en plein champ, se retrouvent chez cette variété.

La comparaison des résultats obtenus avec cette variété en terme de rendement et sa consommation modérée par rapport aux deux autres variétés (*Spunta* et *Désirée*), ainsi que sa période de dormance très courte qui ne dépasse pas deux mois, nous permettent de

recommander vivement la diffusion et la vulgarisation de sa production, dans cette zone agro-écologique, ensuite les autres variétés.

---

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

### Conclusion

Compte tenu de l'intérêt de la culture, de pommes de terre, dans les projets engagés par les autorités nationales et qui ont pour but l'autosuffisance en ce produit, l'amélioration de l'offre nationale en semences, afin d'éviter aux cultivateurs d'être confronté au problème d'approvisionnement en semences et en produits de qualités, qui est devenu une des principales préoccupations des organismes producteurs et des centres de recherche qui travaillent sur cette filière ; et enfin la réduction des pertes post-récolte ; il a été de notre intérêt de mener notre recherche en suivant l'évolution physiologique de trois variétés de pommes de terre à savoir : *Spunta*, *Désirée* et *Cipira* dans deux milieux de culture ; à travers une série de mesures d'ordre morphologique (mesure de la longueur et nombre des tiges, dénombrement des feuilles, des tubercules , analyses de matières fraîches sur différentes parties des plant, etc.).

En entreprenant les essais décrits ci-dessus, notre propos était de réunir des observations aussi précises et objectives que possible sur l'évolution de la culture de la pomme de terre au cours de la végétation et plus particulièrement sur son rendement. Or l'un des objectifs principaux, était de parfaire nos connaissances sur le comportement physiologique de ces variétés dans le but d'augmenter les rendements, et d'améliorer les protocoles de production des semences et des tubercules

Les résultats obtenus lors de notre expérimentation nous permettent d'en tirer les remarques suivantes :

Les caractères morphologiques ; la longueur et le nombre de tiges ainsi que le nombre de feuilles n'évoluent pas régulièrement au cours du cycle de développement. Certaines variétés sont plus rapides et vigoureuses dans leurs développements, ce qui est le cas avec la variété *Désirée* qui favorise davantage le développement de la partie aérienne

Quant au rendement final, nous distinguons que la variété *cipira*, présente le nombre le plus important de tubercules avec un très fort nombre de tubercules de calibre C<sub>2</sub> (Calibre : 5~30g) destinés essentiellement à la semence de G<sub>0</sub>.

Pendant que les deux autres variétés ( *spunta* et *desiree*) présente, des tubercules à gros calibre, destiné à la consommation et à la commercialisation

- ❖ Les résultats nous permettent d'affirmer qu'il n'y a pas une relation entre la vigueur de la plante et le rendement en tubercules ;
- ❖ L'appréciation du comportement variétal dans les deux milieux montre que l'effet croissance et rendement était relativement favorable en milieu avec fertilisant. En milieu sans fertilisant, par contre, ces deux caractères n'étaient pas visibles ;

- ❖ L'estimation des exportations (absorptions) en éléments nutritifs des variétés, montre qu'il y a des différences dans les besoins en éléments nutritifs. Ainsi, nous notons que la variété

*Désirée* a absorbé plus d'éléments nutritifs par rapport aux autres variétés ;

- ❖ Enfin, et après l'étude de divers facteurs, nous concluons que le rendement en tubercules est expliqué par l'influence majeure du caractère variétal sur l'effet du milieu, mais l'effet des conditions du milieu tend à maximiser le rendement en optimisant le potentiel génétique de la plante.
- ❖ L'analyse des résultats des différents milieux d'expérimentation devrait maintenant permettre de définir les critères sélectifs à prendre en compte et les variétés de sélection à privilégier en fonction du milieu de culture.
- ❖ À la lumière de ces résultats obtenus et suite aux remarques que nous avons faites au cours des essais réalisés, nous considérons que notre étude, comme toute autre, ne peut être que partielle et qu'elle nécessite absolument d'être complétée par d'autres recherches.

Les perspectives de notre étude visent à contribuer à l'enrichissement des recherches sur l'amélioration des techniques de production de semences de pommes de terre. Comme complément à la présente étude, les points suivants nous semblent assez pertinents :

- ❖ Nécessité de pratiquer le test de résistance des variétés aux différentes maladies ;
- ❖ Nécessité d'aller vers la biotechnologie pour la création de variétés typiquement camerounaise, adaptées à toutes nos conditions agro-écologiques ;

Les problèmes de nutrition s'avérant très difficiles à appréhender, du fait de la différence du comportement variétal et des conditions des milieux. Il y'a nécessité d'élaborer une solution nutritive adaptée pour permettre au technicien de mieux connaître le niveau nutritionnel de ces variétés afin d'atteindre des rendements élevés et réguliers.

- ❖ Nécessité de généraliser l'étude aux autres variétés.
- ❖ Nécessité de compléter les travaux agronomiques par des travaux technologiques quantitatifs et qualitatifs tels que la teneur en amidon pour mieux exploiter les aptitudes culinaires et industrielles de différentes variétés

## **BIBLIOGRAPHIE**

### **Références bibliographiques**

- Samuel Engel, Traité de la nature, de la culture et de l'utilité des pommes de terre par un ami des hommes, chez Antoine Chapuis, Lausanne, 1771, 80 p.
- Antoine Augustin Parmentier,, Examen chimique des pommes de terre: dans lequel on traite des parties constituantes du bled, Didot le jeune, Paris, 1773, 248 p.
- Antoine Augustin Parmentier, Traité sur la culture et les usages des pommes de terre, de la patate, et du topinambour, Barrois l'aîné, Paris, 1789, 389 p.
- Anselme Payen et Alphone Chevallier, Traité de la pomme de terre, sa culture, ses divers emplois dans les préparations alimentaires, les arts économiques, la fabrication du sirop, des l'eau-de-vie, de la potasse, etc., Thomine, Paris, 1826, 80 p.
- Ernest Roze, Histoire de la pomme de terre: traitée aux points de vue historique, biologique, pathologique, cultural et utilitaire, J. Rothschild, Lausanne, 1898, 464 p.
- Lucien Dupouy,, Pour bien cultiver, conserver et utiliser la pomme de terre, Rustica, Ed. de Montsouris, Paris, 1946 , 62 p.
- Jean Feytaud,, La pomme de terre, Presses universitaires de France, coll. Que sais-je ?, Paris, 1949, 127 p
- Lucienne Desnoues, Toute la pomme de terre, Mercure de France, Paris, 1978, 302 p.
- **(en)** Redcliffe N. Salaman, The History and Social Influence of the Potato, Cambridge University Press, 2<sup>e</sup> édition, 1985, 768 p. ( ISBN 0521316235)
- Wolfgang Radtke et Walter Rieckmann, Maladies et ravageurs de la pomme de terre, Th. Mann - Gelsenkirchen-Buer, 1991, 168 p. ( ISBN 3-7862-0090-4)
- Patrick Pierre Sabatier, La pomme de terre, c'est aussi un produit diététique, Robert Laffont, 1993, 275 p. ( ISBN 2-221-07631-1)
- Joël Robuchon, Le meilleur et le plus simple de la pomme de terre, Robert Laffont, 1994, 250 p. ( ISBN 2-253-08159-0)
- Collectif, La culture de la pomme de terre de conservation, ITCF, Paris, 1995, 63 p. ( ISBN 2-86492-224-X )
- Collectif, La pomme de terre de Christophe Colomb à McCain, PackEdit, 1995, 64 p.
- Patrick Rousselle, Yvon Robert, Jean-Claude Crosnier, La pomme de terre - Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations, INRA éditions - ITPT - ITCF, coll. « Mieux comprendre », Paris, 1996, 640 p. ( ISBN 2-7380-0676-0)
- Jean-Paul Thorez, La pomme de terre, illustrations de Fabien Seignobos, Actes Sud, coll. « Chroniques du potager », Arles, 2000, 136 p. ( ISBN 2-7427-2869-4)
- Jean-Paul Thorez, Pomme de terre, photographies d'Isabelle Rozenbaum, Hachette / Le Chêne, Grenoble, 2003, 192 p. ( ISBN 2-8427-7437-X )

- Éclairage sur un trésor enfoui - Année internationale de la pomme de terre 2008 - Compte rendu de fin d'année,  
FAO, 2009, 144 p. ( ISBN 9252061428)
  - Collectif, Maladies, ravageurs et désordres de la pomme de terre, guide d'identification et fiches descriptives,  
Arvalis / FNPPPT / GNIS, Paris, 2008, 192 p. ( ISBN 2-86492-920-8)
  - Sophie Le Doré, Ce que nous devons savoir sur la pomme de terre, Plon, Paris, 2008, 196 p. ( ISBN 2-259-20816-9)
  - Jean-Pierre Williot - Marc de Ferrière Le Vayer, Saga de la pomme de terre, Cercle d'Art, Paris, 2008, 160 p.  
( ISBN 2-7022-0868-7)
  - Collectif, La pomme de terre, histoire et recettes gourmandes, Glénat, Grenoble, 2009, 160 p. ( ISBN 2-7234-7319-4)
- 
- Anonymous (2012). Elaboration of a strategy to integrate training on adaptation to climate change within the educational system of Cameroon.
  - Behjati, S., Choukan, R., Hassanabadi, H., & Delkhosh, B. (2013). The evaluation of Yield and Effective Characteristics on Yield of Promising Potato Clones. *Annals of Biological Research*, 4(7): 81-84.
  - Bohl, H. W. & Johnson, B. S. (2010). Commercial Potato production in North America: The Potato Association of America Handbook, Second Revision of American potato Journal Supplement Volume 57 and USA Handbook 267 by the Extension Section of the Potato Association of America.
  - Dehdar, B., Asadi, A., Jahani, Y., & Ghasemi, K. (2012). The Effect of Planting and Harvesting dates on Yield and Vegetative Growth of two Potato Cultivars in Ardabil Region. *International Journal of Agronomy and Plant production*, 3(s): 675-678.
  - FAO. (2008). The Potato; International Year of the Potato, New Light on the Hidden Treasure, Fiat; Paris.
  - Foncho, P. A. F. (1982). The situation of the Potato crop in Cameroon and in the world. Netherlands Potato consultative Institute.
  - Hooker, W. J. (1981). *Compendium of Potato Diseases*. United States of America: American Phytopathological Society.
  - Horton, D. (1987). Potatoes: Production, Marketing and programs for developing countries. Westview Press. Boulder, Colorado.

- Khan, M. S., Jan, N., Uillah, I., Younas, M. & Ullah, H. (2007). Evaluation of various Methods of Fertilizer Application in Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Sarhad Journal of Agriculture*, 23(4): 889-894.
- Limunga, B. C. T. (2014). Spatial distribution and seasonal variation of snails infesting banana and the efficacy of some agrochemicals in their control. Unpublished master's thesis, University of Buea, Cameroon.
- MINEPAT (2013). Regional Economic Report: South West.
- Ngachie, V. (1992). A General Assessment of Soil Resources and Soil Fertility Constraints in Cameroon on the basis of FAO-UNESCO Soil map analysis. *Tropicultue*, 10 (2): 61-63.
- Nkwain, J. S., Ayissi, M. J. P., & Numfor, A. F. (1993). Technical information sheets for major food crops of Cameroon.
- Sawyer, L. R. (1987). La Pomme de Terre Bulletins d'Information Technique 1 a 19. Lima-Perou: Centre International de la Pomme de Terre (CIP).
- Anonyme., 2007. *Synthèse des bilans 2000/2006 de l'institut technique des cultures maraîchères et industrielles*. Ed. ITCMI. Pp.3
- CNCC., 1995. Arrêté n°250 fixant le règlement technique spécifique relatif à la production, au contrôle et à la certification des plants de pomme de terre. Ed.14p. [7]. Denis baize. *Guide des analyses en pédologie*. 2<sup>e</sup> édition INRA 2000 255p
- Fischesser, B., Dupuis-Tate, M.F., 1996. *Le guide illustré de l'écologie*. Ed. La Martinière, 319 p
- FAO., Compte rendu de fin d'année (*Année internationale de la pomme de terre 2008*). 148p
- Harchouche T, 1999, *L'étude du comportement physiologique de la pomme de terre de semence pendant la conservation et le stockage en système traditionnel et moderne*. Mémoire de Magister, INA. Pp. 05-28.
- INPV., 2011. *Bulletin d'informations phytosanitaires* (www.inpv.edu.dz)
- ITCMI., 2005. *La culture de pomme de terre situation et perspectives*. Ed. ITCMI. 26p.
- ITCMI., 1994. *Guide pratique du plant de pomme de terre*. Ed. ITCMI. 26p.
- Perla Hamon. 1999. *Diversité génétique des plantes tropicales cultivées*. 388 p
- Roger Prat., 2007. *Expérimentation en biologie et physiologie végétales*. 320 p.
- Rousselle P., Robert Y., Crosnier J.C, 1996. *La pomme de terre*, INRA Paris.
- Chaumeton H., Jutier S., Fragnaud C., 2006. *La culture des pommes de terre*. 93 p



# ***ANNEXES***

## Liste des annexes

Symptômes, dégâts et moyens de lutte contre les principaux ravageurs et maladies de la pomme de terre.

### ANNEXE n°1 : Maladies Cryptogamiques de la pomme de terre

Maladie	Symptomes et degats	Moyens de lutte
<b>Maladies Cryptogamiques</b>		
<b>Mildiou</b>	<b>feuillage:</b> apparition de taches jaunâtres qui brunissent rapidement. sur la face inférieure des feuilles apparaît un duvet fin, blanc, grisâtre qui disperse les spores. Les tiges atteintes noircissent. la plante peut être détruite en quelques jours. <b>tubercule:</b> taches diffuses brunâtres sur l'épiderme. La chair présente des zones à texture granuleuse de couleur brun-rouille. des pourritures secondaires s'installent par la suite.	<b>methodes culturales:</b> éviter les excès d'azote, éliminer les plants malades, éliminer les adventices qui constituent un foyer de contamination, détruire les fanes afin d'éliminer le foyer d'infection primaire, utiliser des semences saines et effectuer un bon buttage. <b>methodes chimiques:</b> lutte préventive avec des produits organo-cupriques et les produits organiques de synthèse: mancozebe, carbatene-propinebe etc.
<b>Alternariose</b>	<b>feuillage:</b> taches arrondies, brunes à noires, montrant des cercles concentriques. des taches chancreuses peuvent se manifester sur tige. <b>tubercule:</b> la maladie se manifeste à la surface sous forme de plaques brunes légèrement déprimées.	<b>methode culturale:</b> brûler toutes les fanes des cultures de la famille des solanacées afin de diminuer l'inoculum primaire, pratiquer une rotation culturale. <b>methode chimique:</b> traitement préventif avec fongicides immédiatement après une pluie.
<b>Rhizoctone noire</b>	<b>tige:</b> apparition de plusieurs petits tubercules aériens de couleur violacées. nécrose des racines et pourriture du collet. <b>tubercule:</b> formation de sclérotés noirs, de forme irrégulière. le periderme se trouvant en dessous des sclérotés n'est pas affecté.	<b>methodes culturales:</b> utiliser des semences saines, rotation culturale, apport de matière organique. <b>traitement chimique:</b> traiter les semences avec des fongicides systémiques tels que thiabendazol, carboxine...etc.
<b>Verticilliose</b>	<b>feuillage:</b> flétrissement des folioles qui n'atteint qu'un seul côté de la plante. plus tard, la plante se fane. sur la tige on note une coloration brune du système vasculaire. <b>tubercule:</b> tubercules de petite taille, flasques et ridés, présentant à la coupe un anneau brun sous l'épiderme.	brûler les débris végétaux avant la culture, utilisation de plants sains, rotation des cultures, variétés résistantes, éviter la salinité du sol et de l'eau d'irrigation, traiter contre les nématodes.
<b>Fusariose</b>	<b>feuillage:</b> flétrissement des feuilles en gardant leur couleur verte. brunissement des vaisseaux conducteurs au niveau de tige d'où le nom "maladie du fil". <b>tubercule:</b> la maladie se manifeste par des taches brunes légèrement déprimées, bientôt entourées par des ridés concentriques, portant des coussinets blanchâtres.	déstruction des tubercules malades, rotation culturale longue, utilisation de semences saines, variétés résistantes, désinfection des locaux de conservation. nb: il n'existe pas de traitement chimique

## ANNEXE n°2 : Maladies Bacteriennes de la pomme de terre

Maladie	Symptomes et degats	Moyens de lutte
<b>Maladies Bacteriennes</b>		
<b>Jambe noire</b>	<p><b>feuillage:</b> enrroulement typique du sommet, puis jaunissement generalise. a la base de la tige (collet) se developpe une lesion noire, jusqu'au tubercule mere.</p> <p><b>tubercule:</b> tissu mou de couleur brunatre, puis pourriture totale du tubercule.</p>	<p>utilisation de semences indemnes de la maladie, elimination des plants attaquées, rotation culturale, eviter l'excès d'eau, plantation peu profonde.</p>
<b>Galle commune</b>	<p><b>tubercule:</b> presence de pustules a la surface et parfois en profondeur du tubercule.</p>	<p>emploi de plants sains, varietes résistantes, rotation culturale, eviter le chaulage, maintien d'une humidite du sol relativement elevee.</p>



### ANNEXE n°3 : Maladies virales de la pomme de terre

Maladie	Symptomes et degats	Moyens de lutte
<b>Maladies virales</b>		
<b>Virus Y: PVY</b>	Marbrure ou mosaïque nécrosante sur feuilles	Utilisation de semences saines
<b>Virus X: PVX</b>	Mosaïque rigoureuse sur feuilles	Eliminer les foyers d'infection primaire
<b>Virus de la luzerne</b>	Mosaïque calico: jaune brillant en forme de tâcheture	Agir contre les vecteurs (pucerons notamment)

### ANNEXE n°4 : Insectes et Ravageurs de la pomme de terre

Maladie	Symptomes et degats	Moyens de lutte
<b>Insectes et Ravageurs</b>		
<b>Pucerons</b>	Vecteurs de maladies virales	Défanage avant la période du vol des pucerons, éviter que la période de levée coïncide avec celle du vol des pucerons, planter à haute densité, traiter avec des aphicides systémiques à base d'endosulfan et de parathion.
<b>Teigne</b>	<b>Feuillage:</b> Les larves vivent en mineuse au niveau des feuilles, généralement les plus basses et les plus larges. Quand les attaques sont importantes, la plante flétrit et meurt. <b>Tubercule:</b> Les larves creusent des galeries à l'intérieur du tubercule. Ces galeries constituent des portes d'entrée de champignons et bactéries et augmentent le risque de pourriture.	<b>Méthodes culturales:</b> Utilisation de semences saines, rotation culturales, bien couvrir les tubercules au moment de buttage, maintenir une humidité du sol suffisante, ne pas laisser les tubercules dans le champs après récolte, brûlure de fanes (porteur des oeufs et de chenilles), ne pas couvrir les caisses avec les fanes après récolte. <b>Lutte chimique:</b> Utilisation d'insecticides, en alternant les produits systémiques avec ceux de contact. Utiliser les produits à base de methomyl, azimphos methyl et metamidiphos etc...
<b>Noctuelles</b>	<b>Sur feuilles:</b> les jeunes chenilles dévorent le parenchyme des feuilles. Il ne reste que l'épiderme desséché. Quand l'attaque est avancée, la culture semble grillée. <b>Sur tubercule:</b> les attaques de chenilles laissent des galeries qui évoluent en pourriture.	Traitement au début de l'infestation avec des insecticides de contact à base de méthamidophos, méthomyl, chlopyriphos et de parathion.
<b>Nématodes à galles (plus fréquents)</b>	les <b>racines</b> infectées présentent des noeuds ou des galles. Les <b>tubercules</b> présentent des galles et se déforment perdant ainsi leur qualité commerciale.	Variétés résistantes Désinfection du sol avec des nématicides Travaux du sol adéquats

**ANNEXE n°5 :**  
**Synthèse des résultats obtenus.**

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Dé sir ée M O	1	5	19	41	60	84	95	101	14	33	53	75	91	107	109	1	2	4	6	6
	2	7	23	37	55	76	88	95	12	27	42	71	86	93	95	1	2	4	6	6
	3	7	24	39	60	81	96	104	10,5	25	39	79	84	95	97	1	3	3	5	5
	4	6	21	43	65	89	101	107	11	25,5	39	75	97	88	90	1	3	4	6	6
	5	6	19	38	55	80	85	93	11	26	40	63	76	85	87	1	2	4	5	5
	6	5	18	41	61	85	97	103	12	29	44	74	89	97	98	1	2	4	5	5
	7	7	23	32	47	67	75	82	11,5	27	41	71	88	95	98	1	2	3	4	4
	8	8	29	31	42	59	68	78	10,5	25	38	72	87	80	83	1	1	2	4	4
	9	7	26	29	40	57	67	75	13,5	28	49	66	76	91	93	1	2	2	4	4
	10	6	23	43	67	93	105	108	11	26	39	60	70	83	84	1	1	3	4	4
	11	7	25	37	52	73	83	90	11,5	26	40	61	74	89	91	1	3	5	6	6
	12	9	30	39	61	87	93	102	11	23	40	63,5	75	87	89	1	2	4	5	5
	13	6	21	40	63	90	97	105	13	27	42	59	69	86	88	1	2	3	4	4
	14	7	26	49	77	103	107	114	14	34	57	71	88	113	113	1	2	5	6	6
	15	5	28	41	64	91	101	109	12	26	43	63	75	91,5	93	1	2	3	4	4
	16	6	19	37	58	82	89	97	12	27	40	55,5	64	84	87	1	3	3	5	5
	17	8	27	47	74	107	109	111	13	30	46	58	68	86	88	1	1	3	4	4
	18	6	21	44	67	97	104	107	12,5	29	45	57	63,5	85	87	1	2	2	4	4
	19	10	29	42	64	91	101	109	11,5	28	43	57	70	81	83	1	3	3	5	5
	20	9	27	46	69	96	103	111	12	26,5	44	59	72,5	87	88	1	1	3	5	5

	n° plant	Nombre de feuilles/plant						Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Sp unt a M O	1	7	25	33	52	75	97	104	14	31	53	62	73	87	89	1	2	3	4	4
	2	5	28	37	51	71	95	103	13	32	54	65	78	90	92	1	1	2	4	4
	3	6	23	29	57	83	107	113	12	29	50	60	72	93	98	1	2	3	4	4
	4	5	21	28	55	73	98	101	11	29	51,5	64	68	85	87	1	1	2	3	3
	5	6	21	27	41	55	74	79	12	29,5	49	58	70	79	80	1	2	3	5	5
	6	7	24	31	43	62	83	86	12	31	55	64	74	83	85	1	2	3	4	4
	7	5	18	25	36	53	71	75	11	29,5	48	57	69	85	85	1	3	4	5	5
	8	7	22	29	45	68	93	97	10,5	31	55	67,5	78	85	87	1	1	2	4	4
	9	7	27	37	53	81	101	105	13,5	29,5	47	54	65	81	82	1	1	3	3	4
	10	6	29	35	51	67	89	95	11	28	43	55	66	83	84	1	1	2	3	3
	11	7	29	38	53	57	75	81	10	27	44	53	63	80	83	1	2	2	3	3
	12	6	21	29	39	62	83	87	13	30	47,5	57	67	85	87	1	2	2	4	4
	13	5	20	23	38	56	73	78	11	29	41,5	49	61	77	80	1	2	3	4	4
	14	5	19	25	39	63	85	91	10,5	28	44	53	68	85	88	1	2	3	4	5
	15	5	16	23	36	62	87	93	10	25	39	47	59	74	78	1	1	2	3	3
	16	6	24	29	45	68	93	97	9	26	41	53	66	83	83	1	1	2	4	4
	17	8	25	31	53	70	91	92	14	31	48	57	71	86	87	1	2	3	5	5
	18	6	25	32	52	69	95	98	11	29	43	51	70	83	85	1	2	3	4	4
	19	7	21	27	45	61	83	87	11,5	28	45	55	68	81	83	1	2	2	3	3
	20	6	28	35	51	71	94	102	11	29	49	58	65	85	87	1	1	3	4	4

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Cipira MO	1	10	29	35	54	72	96	101	10	27	38	45	57	69	71	1	1	3	4	4
	2	9	27	31	48	63	86	97	14	32	47	53	63	76	77	1	1	2	3	3
	3	6	25	31	49	61	87	85	12	30	39	50	61	75	78	1	1	2	4	4
	4	5	22	28	43	54	76	83	11	29	43	53	62	74	75	1	1	3	4	4
	5	6	25	33	51	69	93	103	10	25	38	55	59	71	73	1	1	3	4	4
	6	7	23	29	49	60	80	87	11	29	49	54	66	81	83	1	1	2	3	3
	7	7	23	25	39	53	71	79	12	31	52	57	68	83	85	1	1	2	3	3
	8	8	25	27	43	54	76	81	12	32	47	51	60	72	74	1	1	2	3	3
	9	7	21	27	45	57	78	84	13,5	33	50	54	61	75	77	1	1	2	3	3
	10	5	29	37	60	76	107	115	12	31,5	44	53	58	71	73	1	1	2	3	3
	11	6	27	30	47	58	84	90	10	27	39	49	60,5	76	77	1	1	2	3	3
	12	5	29	31	50	61	87	95	10	29	47	55	70	87	88	1	1	2	3	3
	13	7	24	29	42	56	76	82	9	28	40	47	59	71	73	1	1	2	4	4
	14	7	25	28	45	59	80	89	10,5	33	47	57	67	82	83	1	1	3	4	4
	15	5	21	24	39	52	70	75	10	30	41	53	62	74	77	1	1	2	3	3
	16	9	26	26	41	54	73	79	9	24	39	51	65	78	80	1	1	3	4	4
	17	8	19	23	42	53	72	83	12	29	41	54	59	73	75	1	1	3	5	5
	18	6	27	32	53	71	95	103	12	31	42,5	53	61	75	77	1	1	2	3	3
	19	7	29	35	57	75	101	109	11	29	39,5	50	58	72	73	1	1	2	3	3
	20	5	27	29	50	65	89	76	11	28	40	51	65	80	81	1	1	2	3	3
Dé sir ée To		Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
	n° plant	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
	1	7	23	31	44	58	71	83	9	20	29	40	53	65	75	1	2	4	5	5
	2	7	19	27	50	60	76	90	7	17	23	45,5	57	71	81	1	3	5	5	5
	3	6	27	40	51	64	82	89	12	25	37	47	59	76	83	1	3	5	5	5
	4	7	25	37	54	71	89	100	11	23	34	50	65,5	83	91	1	2	5	5	5
	5	6	22	33	47	59	74	83	10	21	31	43	53,5	68	76	1	1	3	3	3
	6	6	20	34	44	61	78	88	10	19	31,5	44	60	73	82	1	2	4	4	4
	7	9	21	31	49	62	75	86	9,5	20,5	30	46	59	73	79	1	2	3	4	4
	8	4	26	36	48	60	73	88	11	24	33	44,5	57	71	80	1	1	2	3	3
	9	6	25	32	46	59	69	81	10	22	29,5	44	55	67	75	1	1	2	3	3
	10	4	25	37	44	57	75	83	11	24	33,5	43	53	69	77	1	2	4	4	4
	11	5	29	44	42	54	73	80	13	27	41	40	51	65	73	1	1	2	3	3
	12	7	21	34	53	67	85	101	10	19,5	31	48	63	79	90	1	1	3	3	3
13	7	25	39	50	64	79	95	11	23,5	35	45	60	74	85	1	2	3	4	4	
14	9	22	34	54	66	83	100	10,5	22	33	49	61,5	79	88	1	3	6	6	6	

<b>15</b>	4	23	33	46	60	73	87	10	21,5	31,5	42	56	69	78	1	1	2	4	4
<b>16</b>	6	22	31	47	62	81	97	9,5	21	28,5	43	58	77	87	1	1	2	3	3
<b>17</b>	6	26	37	49	59	75	84	11	24	36	46	58	70	79	1	1	3	4	4
<b>18</b>	5	29	41	45	57	74	83	12	26	38	42,5	55,5	69	77	1	3	5	6	6
<b>19</b>	8	21	33	53	70	87	103	10	20	31	50	65	81	91	1	2	3	4	4
<b>20</b>	6	24	37	51	65	81	97	11	23,5	35	49	62	78	87	1	2	4	5	5

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Sp unt a To	1	6	23	35	49	57	64	75	12	21	33,5	45	53	60	71	1	2	3	3	4
	2	5	18	28	47	58	70	77	7	16	27	43	55	63,5	73	1	1	4	3	4
	3	7	23	32	50	63	71	85	11	22	31	49	60	67	79	1	2	2	3	4
	4	7	20	31	45	57	62	74	9	19	29	42,5	53	59	72	1	1	2	2	3
	5	6	22	35	49	62	70	81	10	20,5	34	48	59,5	67	78	1	1	2	3	4
	6	5	23	37	44	56	64	74	11	21	35	43,5	54	60,5	71	1	2	2	3	3
	7	7	23	34	48	59	68	79	11	23	35,5	47	57	65	76,5	1	1	2	3	3
	8	8	19	30	43	60	69	83	10	19,5	29,5	42	56,5	66	78	1	1	2	3	4
	9	6	17	31	45	57	67	80	9	18	30	43	55	63	75	1	2	3	4	4
	10	5	22	29	50	61	65	75	9	17	29,5	48,5	59	64	71	1	1	2	3	3
	11	5	20	27	46	54	65	78	7	15	24	43,5	52	62,5	75	1	1	4	5	5
	12	6	19	30	47	56	61	79	8,5	17	30	45	53	59	74	1	2	3	3	3
	13	7	2	29	51	63	72	86	9	19	29	48	60	69	82	1	1	3	4	4
	14	8	25	38	55	68	76	90	11	24	37	51,5	64	75	83	1	2	3	4	4
	15	4	23	35	47	57	61	75	11	21	33,5	44	53	58,5	71	1	1	2	3	3
	16	9	21	30	50	59	70	81	10,5	19,5	29,5	47	59	66	78	1	2	3	3	3
	17	6	22	32	51	64	75	93	11	21	34	49,5	63	72	88	1	2	2	3	3
	18	7	23	35	49	63	68	81	12	22	34	47	58,5	65	76	1	1	2	3	3
	19	8	20	31	46	55	64	71	11	19	30	43	54	60	70	1	1	2	3	3
	20	5	18	28	48	57	65	74	10	17	28,5	46,5	55,5	63	73	1	2	2	3	3

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
cipira To	1	6	24	34	43	53	63	74	11	22	31	39,5	49,5	57	68	1	2	2	3	3
	2	8	30	40	46	55	65	75	11,5	25	35	43	50	61	70	1	1	2	2	2
	3	5	29	39	50	60	67	83	10	26	37,5	46	55	63	76	1	1	2	3	3
	4	7	27	37	48	53	59	73	12	24,5	33	41	48,5	57,5	69	1	2	3	4	4
	5	7	31	46	55	61	63	83	9	29	43	50	57	61,5	75	1	2	3	4	4
	6	6	24	37	50	55	61	74	9,5	21	34	43,2	50	60	68	1	2	3	3	3
	7	5	27	40	47	57	70	79	11	24,5	35,5	43	52	63	73,5	1	2	2	3	3
	8	5	30	42	49	57	66	80	9,5	26	38	45	53	59,5	75	1	1	2	3	3
	9	7	25	35	47	58	65	77	8	23	33	43,5	53	60	72	1	2	3	4	4
	10	5	21	33	39	53	61	73	9	22	32	38	47,5	58	68	1	2	3	4	4
	11	8	29	43	50	58	68	75	10,5	28	39	46	54	63	72	1	2	3	4	4
	12	6	30	37	47	55	69	74	11	25	34	43	51	65	71	1	2	2	4	4

<b>13</b>	6	31	41	51	62	70	82	9	29	39,5	50	58	64,5	79	1	1	2	3	3
<b>14</b>	7	23	38	47	57	73	88	12	21	33,5	43,5	54	66	80	1	1	2	2	2
<b>15</b>	7	23	37	46	53	61	73	7	22	35	43	49	57,5	68	1	1	2	3	3
<b>16</b>	8	27	43	51	60	70	81	8	25	39	47	55,5	63	75	1	2	2	3	3
<b>17</b>	5	31	44	57	67	78	93	11	29	40	51	63	71,5	85	1	1	2	2	2
<b>18</b>	5	30	40	49	57	66	80	9	27	37	44	52	61,5	73	1	2	2	3	3
<b>19</b>	7	24	34	43	53	62	73	6	21,5	31	39	49	57	67	1	2	3	4	4
<b>20</b>	6	27	36	44	54	64	77	11	23	33	40	49,5	61	70	1	1	2	2	2

	nombre de tubercules/plant					Poids g	Poids partie aérienne frais
	1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme		
<b>Dé sir ée M O</b>	5	5	1	2	13	269	277
	1	5	3	1	10	280	229
	2	4	2	0	8	128	235
	5	3	2	0	10	188	222
	2	3	2	1	8	217	212
	3	8	2	0	13	191	233
	3	1	4	0	8	176	236
	1	5	3	1	10	280	200
	0	4	2	0	6	275	232
	6	5	2	2	15	284	203
	4	5	2	2	13	273	224
	0	3	0	2	5	179	220
	5	9	3	0	17	352	212
	5	5	1	2	13	269	287
	5	5	1	1	12	218	225
	5	6	2	2	15	300	214
	2	3	1	2	8	224	216
	3	2	0	1	6	187	212
5	5	1	1	12	273	200	
3	5	2	0	10	265	214	

		nombre de tubercules/plant					Poids partie aérienne frais	
Sp unt a M O		1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme	Poids g	
		8	5	2	1	16	168	118,5
		1	3	1	1	6	167	121,08
		3	3	1	3	10	319	124
		3	1	1	3	8	202	117
		1	5	2	1	9	241	106
		3	3	1	1	8	273	112
		2	2	1	2	7	222	112,5
		3	3	1	2	9	216	114
		3	4	1	3	11	318	107,8
		3	4	2	3	12	345	111,7
		0	4	3	1	8	268	110,48
		2	0	2	2	6	311	113,71
		0	1	1	1	3	200	105,4
		4	0	1	2	7	282	116,88
		4	4	0	4	12	305	103,76
		0	5	2	1	8	267	113
		3	1	2	1	7	219	117,23
		1	4	3	1	9	273	113
		2	3	0	2	7	287	110,03
	4	2	1	1	8	232	114,26	
		nombre de tubercules/plant					Poids partie aérienne frais	
cipira  MO		1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme	Poids g	
		1	6	2	1	10	233	96
		1	5	4	1	11	302	103
		6	13	3	1	23	329	104,7
		3	6	1	1	11	206	100,5
		5	12	1	0	18	228	102
		4	17	1	0	22	298	110
		2	6	5	0	13	264	113
		2	7	2	1	12	199	98,4
		1	8	2	0	11	201	102,4
		13	11	2	0	26	329	98
		3	7	3	1	14	298	104
		9	4	4	1	18	217	119
		4	17	1	0	22	186	102
		3	9	3	1	16	279	113
		4	12	2	1	19	198	104
		7	13	1	0	21	231	107

	13	11	2	0	26	327	98
	1	6	2	1	10	233	104
	6	13	3	1	23	332	95
	5	10	1	1	17	189	104
	<b>nombre de tubercules/plant</b>						<b>Poids partie</b>
	<b>1-5g</b>	<b>5-30g</b>	<b>30-50g</b>	<b>&gt;50g</b>	<b>Somme</b>	<b>Poids g</b>	<b>aérienne frais</b>
<b>Dé sir ée To</b>	1	3	2	0	6	204	184
	0	5	2	1	8	215	193
	1	2	3	1	7	109	200
	2	3	4	2	11	323	221
	1	2	1	1	5	137	183
	3	3	2	1	9	197	189
	2	4	2	1	9	201	194
	0	3	5	3	11	434	164,8
	3	2	3	1	9	208	184
	1	3	1	2	7	217	190
	1	4	1	3	9	287	180,4
	3	5	1	0	9	107	221
	2	3	2	0	7	116	194
	1	6	0	1	8	153	212
	2	5	0	1	8	139	183,4
	6	3	1	2	12	217	213
	2	4	1	1	8	162	184,7
	0	2	3	1	6	208	177
	0	1	5	1	7	268	225
	4	5	2	3	14	351	214

		nombre de tubercules/plant					Poids partie aérienne frais	
Sp unt a To	1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme	Poids g		
	0	2	2	3	7	330	98	
	1	2	1	2	6	217	97	
	2	3	1	1	7	155	108	
	0	1	1	2	4	203	96,5	
	0	1	2	3	6	316	104	
	1	3	1	2	7	231	95,4	
	1	3	1	1	6	155	107	
	0	3	1	0	4	79	109,8	
	0	2	1	0	3	65	102,4	
	0	2	2	3	7	330	95,1	
	0	1	3	3	7	353	99,3	
	2	2	2	1	7	178	100	
	0	3	1	2	6	231	112	
	1	0	1	2	4	189	115,4	
	2	0	4	2	8	208	98,4	
	0	3	2	2	7	268	103	
	1	1	2	2	6	240	124,5	
	1	3	3	0	7	153	103	
	2	3	0	0	5	42	93,8	
2	2	1	2	7	217	97,4		
		nombre de tubercules/plant					Poids partie aérienne frais	
Cip ira To	1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme	Poids g		
	2	7	0	1	10	173,31	93,7	
	3	6	1	0	10	133,98	97	
	2	8	1	1	12	222,64	106	
	1	9	1	0	11	180,97	94	
	3	5	1	0	9	117,65	101,4	
	2	9	1	0	12	181,97	92,7	
	4	7	2	0	13	184,31	105	
	2	6	1	1	10	189,98	106	
	2	5	2	1	10	206,65	100,4	
	2	9	0	0	11	148,97	93,8	
	3	7	1	1	12	207,31	100	
	4	6	3	1	14	257,98	97,4	
	4	9	2	0	15	216,97	104	
	3	10	1	2	16	313,3	112	
	3	9	1	0	13	182,97	93	
1	12	0	0	13	196,96	101		

3	10	2	0	15	232,3	114
3	7	3	1	14	273,31	99,4
3	10	2	0	15	232,3	92,4
2	12	1	1	16	287,96	96,5

**Annexe6: Diagramme ombrothermique selon Bagnouls et Gausson d'Ébolowa entre 1967-2003.**

