

UNIVERSITE NATIONALE DU RWANDA

**COURS
DE
CULTURES VIVRIERES**

LA CULTURE DE LA POMME DE TERRE AU RWANDA

Par

WILFRID JOSEPH

Professeur à la Faculté d'Agronomie



**Premier Tirage
Avril 1982**

A Marie Lourdes, Patrick, Marie Line
et Dominique qui une fois encore
ont été privés de leur époux et de
leur père durant de nombreuses heures.

Avertissement

Cet ouvrage fait partie d'une collection destinée à l'enseignement des Cultures Vivrières à la Faculté d'Agronomie de l'Université Nationale du Rwanda. Il est avant tout un outil de travail destiné aux Etudiants de Première Année d'Ingéniorat, ainsi n'a-t-il pas la prétention de répondre totalement aux exigences des spécialistes ou chercheurs qui espèrent y retrouver des connaissances nouvelles. Néanmoins il a été conçu et rédigé pour être utilisé au niveau le plus élevé.

Le plan adopté respecte un certain ordre chronologique suivant lequel les problèmes se posent à l'analyse du phytotechnicien intéressé à la culture de la pomme de terre. Certaines réserves sont à signaler : l'étude ne s'est pas bornée uniquement à la phytotechnie de la pomme de terre au Rwanda; en dépit du titre, j'ai jugé indispensable d'offrir aux Etudiants un tour d'horizon des approches et conclusions de divers centres de recherches, de spécialistes ou même de certains praticiens.

En outre l'accent est porté principalement sur le flétrissement bactérien causé par Pseudomonas Solanacearum E.F. Smith; ceci est dû à des travaux que j'ai conduits pendant plus de cinq ans sur cette maladie qui limite largement l'expansion de la culture de la pomme de terre au Pays. Par ailleurs certains points n'ont été développés que grâce à une bibliographie abondante disponible sur le sujet traité; les Etudiants retiendront les références faites aux essais entrepris par le Projet National d'Amélioration de la Pomme de Terre (PNAP) compilés dans 2 rapports faisant état des activités de recherche du Projet.

Ce travail est certainement loin d'être parfait; aussi serais-je profondément reconnaissant envers tous ceux qui voudront bien me faire part de leurs observations et de leurs critiques en vue d'améliorer les autres tomes traitant des autres cultures vivrières du Rwanda.

WILFRID JOSEPH
PROFESSEUR DE PHYTOTECNIE
FACULTE D'AGRONOMIE
UNIVERSITE NATIONALE DU RWANDA

Avril 1982.

1. Historique, importance et usage de la pomme de terre.

1.1. Historique de la pomme de terre dans le monde et au Rwanda

La pomme de terre est originaire des Andes probablement du Pérou ou de la Bolivie où plusieurs espèces sauvages de Solanum ont été trouvées. La pomme de terre aurait franchi l'isthme tropical de l'Amérique Centrale pour se répandre au Mexique et aux U.S.A. par les soins de l'homme. L'introduction au Mexique aurait été assurée par les Espagnols car au début de la colonisation de ce pays la pomme de terre n'y était pas encore connue.

La pomme de terre a été introduite en Europe entre 1580-1585 par deux voies: en Angleterre, des variétés à tubercules jaunâtres et fleurs violacées par DRAKE et des variétés à tubercules rougeâtres et fleurs complètement violettes pour le reste de l'Europe. D'Espagne elle fut amenée en Italie, en France et en Allemagne. Philippe de Sivry, alors Gouverneur du Hainault reçut en 1585 par un employé du Vatican quelques tubercules qu'il expédia au botaniste Charles de l'Ecluse et en 1658 la plante était cultivée au Jardin Royal de France comme plante ornementale. Elle n'a pas tardé en France à remplacer le blé là où ce dernier donnait des rendements faibles mais son expansion a été surtout l'oeuvre de PARMENTIER qui publia en 1772-1773 2 mémoires dans lesquels il fit ressortir l'importance de la pomme de terre. Elle ne fut pourtant pas acceptée facilement: les premiers tubercules étaient amers et avaient un goût désagréable et la pomme de terre était considérée comme une nourriture de misérables, un aliment de famine. Il est hors de doute que c'est la menace constante des famines en particulier celle de 1771 et la recherche d'une plante capable de suppléer au blé qui ont poussé les européens après 200 ans d'introduction à accepter la pomme de terre.

Au Rwanda, la pomme de terre serait introduite vers 1904 par des missionnaires allemands venus d'Ouganda établis dans les paroisses de RWAZA puis de RAMBURA, de ZAZA, de SAVE et de KABGAYI. La pomme de terre fut victime de certains tabous (Poats, 1981) et il fallait se cacher pour en manger. D'après ce même auteur l'introduction officielle de la pomme de terre au pays eut lieu en 1930 par les administrateurs

belges qui ont pris la relève des Allemands. Les fortes précipitations de 1941, le mildiou et d'autres maladies décimèrent les plantations et d'autres introductions de variétés (Gashara, Annette, Kuger etc...) eurent lieu en 1942 pour assurer la relève de la culture.

1.2. Importance de la pomme de terre.

1.2.1. La pomme de terre dans le monde.

La production mondiale de pomme de terre, en dépit des divers déboires qu'elle a connus (le mildiou, le doryphore, etc.) n'a cessé de progresser; elle est le quatrième produit alimentaire mondial après le riz, le blé et le maïs. Déjà en 1975, la production dépassait largement 30×10^6 tonnes pour 22×10^6 d'hectares emblavées. Les grands pays producteurs sont l'U.R.S.S., la Pologne, l'Allemagne, de l'Ouest et de l'Est, les U.S.A., la France et la Chine. Le tableau I illustre l'évolution de la production mondiale de 1880 à 1950.

Tableau I: Production de la pomme de terre en 10^6 tonnes.

Régions ou pays	1880-1900	1900-1920	1920-1940	1940-1950
Europe occidentale	21,4	23,7	29,3	30,5
Europe du Nord	2	4	5,3	6,3
Europe du Sud	2,5	4,3	9,2	8,6
Europe Centrale	41	49	101,5	81
Union Soviétique	18,8	24,7	50	125
Amérique du Nord (U.S.A. et Canada)	6,6	12,4	11,8	11,8
Reste de l'Amérique du Nord	-	-	2,7	5
Japon	1	5	2,8	2,6
Reste de l'Asie	-	-	5,9	6
Afrique	-	-	0,3	0,7
Océanie	-	-	0,4	0,6

1.2.2. Situation et perspectives de la pomme de terre.

Au Rwanda et dans la plupart des pays africains, exception faite de ceux de l'Afrique du Nord et de l'Afrique du Sud, la pomme de terre est cultivée dans le but de satisfaire principalement les marchés locaux. Poats(1980) conduisant une enquête sur la consommation de la pomme de terre au Rwanda arriva à la conclusion qu'il est vraiment difficile de rencontrer quelqu'un qui ne l'a mangée aucune fois. Le tableau II tiré de l'enquête de Poats présente la consommation moyenne au Rwanda par région et par commune étudiée.

Tableau II: Consommation de la Pomme de Terre par Région et Commune.

Régions	Kgs/pers/an Moyen./ Région	Commune (Nombre d'enquêtes faites)	Kgs/ Pers./ an	Rang (Kgs./an)	Kgs/pers./an pour quelques groupes socio-économiques
L'Est		Gikoro (10)	31	5 - 47	Cultive 0-1 fois/an/cultive 19 / 43 2 fois/an
	26	Rutonde (10)	20	14 - 33	-
Zone Urbaine	153	Nyarugenge (Kigali)(12)	117	75 - 204	Militaire/Non militaire 126 (8) 89 (3)
	153,44	Kigombe (7) (Ruhengeri)	216	104 - 320	Producteur/Non producteur 320 (2) 174 (4)
Plateau Central		Musambira(10)	15	0 - 48	Grand Produc./Petit Produc. 48 (1) / 12 (9)
	23	Kigoma (10)	34	18 - 69	Cultive 0-1 fois/an/cultive 24 (3) / 38 (7) 2-3 fois/an
		Mugusa (10)	21	0 - 70	Producteur/non Producteur 35 (4) 12 (6)
Crête Zaire Nil	125	Kivu (10)	171	44 - 341	COTITU / Non COTITU 267 (5) / 75 (5)
		Kivumu (10)	78	15 - 167	Producteur/Non producteur 83 (9) 35 (1)
A côté de de la crête Zaire Nil		Kibilira(10)	19	8-36	Salarié/Non salarié 34 (5) / 12 (5)
		Giciye (12)	49	3 - 428	Producteur/Non producteur 428 (1) / 12 (5)

Tableau II (suite): Consommation de la pomme de terre par région et commune.

Régions	Kgs/Pers./ an Moyen./ Région	Commune (Nombre d'enquêtes faites)	Kgs/ Pers. an	Rang (Kgs/an)	Kgs/Pers./an pour quelques groupes Socio-économiques
Zone des volcans		Kanama (9)	191	59 - 500	Producteur/Non producteur 226 (7) / 66 (2)
		Kidaho (7)	133	34 - 331	Grand Producteur/Petit prod. 218 (3) / 107 (4)
Zone des Volcans: Kinigi	261	Kinigi: -Gihora (9)	328	154 - 624	Tous sont de grands pro- ducteurs
		- Nyabitare (6)	313	50 - 385	Tous sont de grands pro- ducteurs
		- Kabwenda (8)	376	206 - 551	Tous sont de grands pro- ducteurs
		- Bisate(4)	420	213 - 667	Tous sont de grands pro- ducteurs
A côté des volcans	72	Nyakinama(10)	89	17 - 191	Salarié/Non salarié 107 (4) 83 (6)
		Nkumba (4)	28	25 - 30	Tous sont de petits produc- teurs à côté de la route en bas de la zone de pro- duction.

Selon le Ministère du Plan (1979) la production nationale, évaluée en milliers de tonnes devait suivre le rythme suivant: 1972: 115, 1976: 140, 1981:180, néanmoins le rapport annuel du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage fixa la production de 1978 à 218.703 T. Il en résulte donc que les objectifs de 1981 étaient déjà réalisés en 1978 (voir Tableau III). Si l'on considère qu'au cours de l'année 1980 le prix du kilogramme de pomme de terre sur le marché de Butare atteignit 16 Frw on comprend aisément l'engouement des cultivateurs et plus particulièrement ceux des régions de haute altitude pour s'adonner à cette culture. En effet, suivant le Programme National pour l'Amélioration de la Pomme de Terre (PNAP, 1980) plus de 120.000 familles pour les préfectures de Gisenyi, Ruhengeri, Byumba, Kibuye et Gikongoro pratiquent cette culture.

Tableau III : Evolution de la production de pomme
de terre au Rwanda.

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Superficie (ha)	18.000	21.170	13.776	19.286	20.011	22.676	25.708	28.806	32.169	29.456
Production (tonnes)	126.000	148.190	131.432	140.116	109.621	149.745	169.766	177.250	218.703	214.917
Rendement moyen t/ha	7.00	7.00	7.00	7.26	5.48	6.60	6.60	6.00	6.80	7.20

Sources : Rapports du Minagri 1979.

Les productions annuelles de pomme de terre ont augmenté ces 30 dernières années de plus de 200.000 tonnes et la création du PNAP devait accentuer cette tendance. Financé par l'Agence de Coopération et de Développement (AGCD, Belgique), le Centre International de la Pomme de Terre (CIP) et le Gouvernement Rwandais, cet organisme doit "encourager et accélérer les progrès de la recherche, de la production des semences, de la formation sur les techniques améliorées de production et de vulgarisation en milieu rural".

La rentabilité de la culture surtout dans les centres urbains, sa consommation de plus en plus répandue expliquent largement le fait qu'elle soit cultivée dans presque toutes les préfectures du pays même à des altitudes où la bactériose la rendent très vulnérable. Le tableau IV illustre cette constatation.

Tableau IV : Superficies, Production et Rendement de la Pomme de terre par préfecture (1979).

Préfectures	Superficie (Ha)	Production (t)	Rendement (t/ha)
Kigali	550	3.750	6,8
Gitarama	449	2.053	4,50
Butare	318	1.586	5,00
Gikongoro	5.433	28.466	5,4
Cyangugu	547	3.450	6,3
Kibuye	2.920	25.849	9,1
Gisenyi	7.205	55.743	7,7
Ruhengeri	8.833	69.697	7,8
Byumba	2.355	18.675	7,9
Kibungo	1.146	5.648	4,9
Total	19.756	214.917	7,20

Source : Rapport du Minagri 1979.

Les superficies emblavées situent la pomme de terre au 8ème rang des cultures vivrières après le bananier, le haricot, le sorgho, le petit pois, le maïs, la patate douce et le manioc.

Dans le but de réduire les pertes dues à la bactériose causée par Pseudomonas Solanacearum E.F. Smith, le Minagri tout en poursuivant d'autres objectifs a décidé la régionalisation de la culture de la pomme de terre en la confinant dans les régions de haute altitude dont les sols manifestent des propriétés physico-chimiques qui les rendent plus aptes à l'agriculture vivrière qu'aux plantes économiques ou industrielles. Cette mesure préventive se justifie car l'estimation des rendements, en tenant compte de l'altitude varie respectivement de 3000, 4500 et 8000 Kgs à l'hectare pour les zones de 1500, 1750 et 2000 mètres. Le rendement national est faible comparativement au rendement mondial qui se situe à 13,3 tonnes. Suivant le PMAP (1980), les facteurs limitant l'augmentation du rendement sont les suivants :

- a) manque de variétés bien adaptées aux sols rwandais et aux basses altitudes
- b) utilisation de mauvaises techniques culturales
- c) les maladies et les insectes
- d) manque de formation des agronomes et des cultivateurs
- e) mauvaises conditions de conservation de la pomme de terre de consommation et de semences
- f) manque de semences de qualité.

1.2.3. Valeur nutritive de la pomme de terre.

La valeur nutritive de la pomme de terre, comparée aux autres plantes tuberculeuses, est remarquable comme le montre le tableau V.

Tableau V : Composition approximative de quelques tubercules et fruits amyliacés avec référence aux céréales.

Espèces	% d'eau	% de glucides		% de protéines	
		a	b	a	b
Patate douce	70	27	90	1,3	4,3
Igname	72	24	86	2,4	8,6
Malanga	65	31	88	2,0	5,7
Pomme de terre	78	19	86	2,0	9,0
Banane-plantain	63	34	92	1,6	4,3
Riz blanc	13	80	92	6,2	7,1
Grain de maïs	13	69	80	9,5	10,9

a: poids frais b: poids secs

Sources : Messaien 1974.

Les protéines de la pomme de terre sont mieux équilibrées et beaucoup plus digestibles que celles des autres tubercules. La pomme de terre peut produire plus de calories et de protéines que toutes les autres cultures par unité de temps, de surface et d'eau (CIP, Profile 1979). Elle constitue en outre une source importante de vitamines et de sels minéraux. Des six principales vitamines, quatre se retrouvent en bonnes quantités dans la pomme de terre : vitamine C et les 3 vitamines B: niacin (10%), thiamine (9%) et riboflavine (2,5%). Concernant la vitamine C, une consommation de 100g de pomme de terre peut fournir jusqu'à 30% de notre besoin journalier (Poats, 1980).

Les substances minérales contenues dans la pomme de terre représentent 1 % et renferment du fer et du magnésium. Les graisses constituent 0,2 %. La valeur alimentaire d'un cultivar de pomme de terre dépend du taux d'un alcaloïde (Solanine) qu'il contient. Selon Schuplan la quantité normale varie entre 3 à 7 mg %; si cette quantité atteint 20 à 40 mg les tubercules deviennent amers, sentent mauvais, impropres à l'alimentation humaine et animale.

1.3. Usages de la pomme de terre.

La pomme de terre est utilisée non seulement dans l'alimentation humaine et animale mais aussi dans l'industrie où elle représente une source importante de féculé et d'alcools.

1.3.1. La pomme de terre, dans l'alimentation humaine

De toutes les plantes cultivées, la pomme de terre, à surfaces égales, fournit la plus grande quantité de substances alimentaires. Elle est consommée sous forme de purée, de frites, de "chips", de compotes, de salades etc.,.

1.3.2. La pomme de terre, dans l'alimentation du bétail.

La pomme de terre, n'est pas limitée seulement à l'alimentation humaine mais elle joue, dans les pays développés, un rôle important dans l'élevage particulièrement porcin. A ce titre, les allemands ont créé un certain nombre de variétés de qualité médiocre pour la consommation humaine mais convenant assez bien au bétail. Perpillon établit une certaine corrélation entre l'expansion de la culture de la pomme de terre et le développement de l'élevage du porc: abstraction faite de l'URSS, les plus grands producteurs

de pomme de terre sont aussi en Europe les plus grands éleveurs de porcs comme le confirme le tableau VI.

Tableau VI : Production de pomme de terre et estimation en têtes de l'élevage porcin chez certains pays européens.

Pays	Pommes de terre en millions de tonnes	Porcs en millions de tonnes
Allemagne	35	17,6
France	12	7,1
Iles Britanniques	10,7	4
Belgique et Pays Bas	5,7	3,4
Danemark	1,8	3,2
Suède	1,7	1,3

1.3.3. La pomme de terre dans l'industrie

A. Source de féculé.

La féculé est une poudre blanche, formée de grains très fins, analogues à ceux de l'amidon. Les étapes de sa fabrication, à partir de la pomme de terre sont les suivantes :

1. Lavage et épierrage
2. rapage → bouillie de tubercule
3. tamisage → lait de féculé + pulpe
4. séparation de la féculé → féculé + H₂O
5. séchage de la féculé → féculé sèche
6. broyage de la féculé → petits morceaux de féculé
7. blutage de la féculé → féculé très fine.

1 tonne de pomme de terre fournit environ 150 Kgs de féculé et 20 à 30 % de pulpes sèches qui constituent un excellent aliment pour le bétail.

Dans plusieurs pays et notamment en France, le féculerie figure parmi les industries les plus prospères. La fécule sert à la fabrication de la pâte à papier; soumise à l'action de certains acides et suivant la durée de la réaction elle donne de la dextrine ou du glucose. La dextrine sert à fabriquer des sauces, des farines alimentaires pour enfants et veaux et des colles. Le glucose industriel est employé dans la brasserie, la confiserie pour remplacer le sucre et à l'enrichissement des provendes industrielles destinées à l'alimentation du bétail et à la confection des aliments mélassés.

B. Production d'alcool.

De la pomme de terre on extrait aussi de l'alcool. Les 3/4 de la production d'alcools industriels allemands dérivent de la pomme de terre. La Pologne et la Tchécoslovaquie sont aussi de grands producteurs d'alcools industriels à partir de la pomme de terre. L'URSS s'en sert pour la fabrication de la Vodka.

1 tonne de pomme de terre fournit 112 l d'alcool éthylique, 170 Kgs d'amidon, 80 Kgs de glucose, 15-17 Kgs de caoutchouc synthétique.

2. Description botanique et physiologie de la pomme de terre.

2.1. Description botanique

La pomme de terre cultivée, Solanum tuberosum L appartient à la famille des Solancées. Dans son habitat naturel on retrouve d'autres Solanum tubérifères possédant divers degrés de polyploïdie. Parmi les plus importants citons: A. Solanum phureja L (2 n = 24) cultivé en Colombie entre 1000 et 2000 m d'altitude possède des gènes de résistance à la bactériose. A partir de clones de S.phureja, des croisements furent effectués avec S.tuberosum par Sequeira et Rowe (1969). Ces chercheurs ont réussi à mettre au point des clones résistants au flétrissement bactérien et au "late-blight". Des essais se poursuivent dans beaucoup de régions tropicales, c'est ainsi que la variété Caxamarca a été mise au point en 1975 au Pérou. La résistance du S.phureja est contrôlée par au moins 10 gènes, son utilisation comme source de résistance est longue et fort coûteuse à réaliser.

- B. Solanum commersonii L, triploïde, cultivé en Uruguay
- C. Solanum andigenum L, tétraploïde ($4n = 48$) cultivé entre 2000 à 3500 m d'altitude au Pérou
- D. Solanum demissum L, hexaploïde ($6n = 72$) spontané au Mexique où il est utilisé par des croisements avec S.tuberosum pour la résistance au mildiou.

Le S.tuberosum est une plante annuelle érigée, la tige principale est ramifiée en tiges secondaires légèrement ailées et les feuilles analogues à celles de la tomate mais moins découpées. Cette tige principale se termine par une foliole. Les fleurs sont composées et portent de longs pédoncules. Les pétales peuvent être de couleur blanche, rose ou pourpre. La fleur a 5 anthères et un pistil pourvu d'un long style; elle donne naissance à des baies charnues, noirâtres ou violacées de 1,5 cm de diamètre renfermant 50 ou 100 graines. Les tubercules sont de forme ovoïde ou cylindrique, à peau blanche, jaune, rose ou violette ainsi que la chair; ils proviennent du renflement de l'extrémité des racines souterraines ou stolons. Les "yeux" sont arrangés tout autour du tubercule suivant la forme d'une spirale et peuvent émettre chacun au moins 3 bourgeons. L'intérieur du tubercule montre des lignes assez bien différenciées et conduisent aux "yeux"; tout autour de ces zones se trouve le parenchyme cortical où est accumulé l'amidon.

2.2. Physiologie de la tuberisation.

La station de l'INRA à Landernau a formulé une théorie pour expliquer la physiologie de la tubérisation de la pomme de terre (Messaien 1975). Elle n'envisage cependant que les températures comprises entre 4 et 20° C. Un tubercule récolté ne peut pas être semé immédiatement: il est en dormance. La durée de cet état varie avec la variété, la température et l'hygrométrie et les conditions de conservation. Si les tubercules sont entreposés dans un local où la température avoisine 4° C ils resteront plus longtemps en dormance mais à 12-13° C ils émettent assez vite des germes après quelques semaines de repos. On dit alors que le tubercule rentre en "incubation" laquelle se fera encore plus rapidement si la température est de 20° C.

Suivant certains auteurs le feuillage produit une hormone de tubérisation s'il est soumis à des longueurs de jours inférieures à un seuil critique et à des températures inférieures à 20° C. Pour la variété Ackersegen assez bien connue au pays, la longueur du jour serait de 16 heures.

Madec et Perennec (1962) ont illustré les relations entre l'induction de la tubérisation et la croissance de la pomme de terre. Ils ont, en effet, assimilé la plante entière à une éprouvette graduée et la substance de tubérisation à un liquide que l'on y verserait (figure 1).

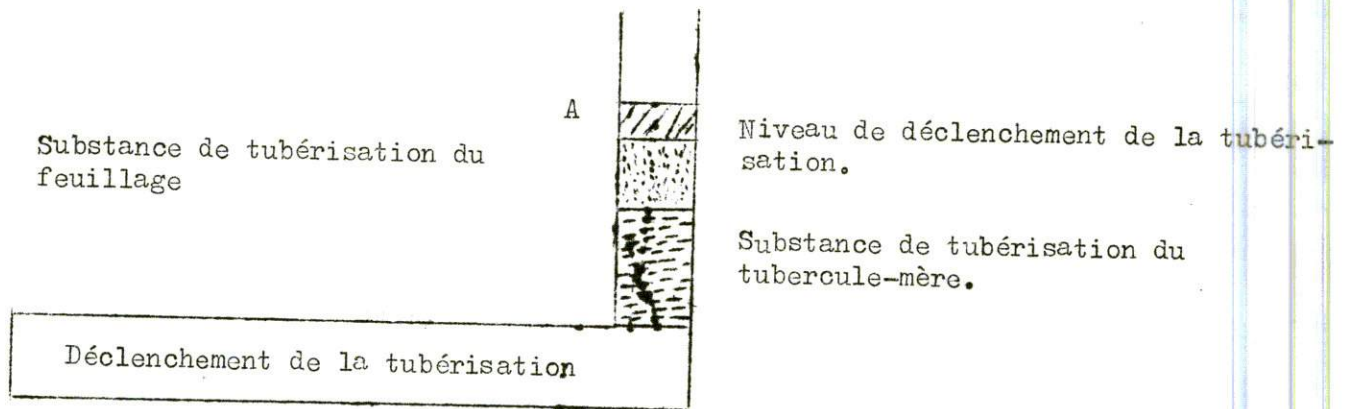


Fig. 1. Mécanisme de déclenchement de la tubérisation.

En dessous de A, il y a seulement croissance de la plante, ceci se produit en jours trop longs pour certaines variétés ou lorsque la température de nuit est trop élevée.

Le niveau A atteint, la tubérisation est alors déclenchée mais peut s'arrêter si le niveau B à son tour n'est pas apparu (figure 2).

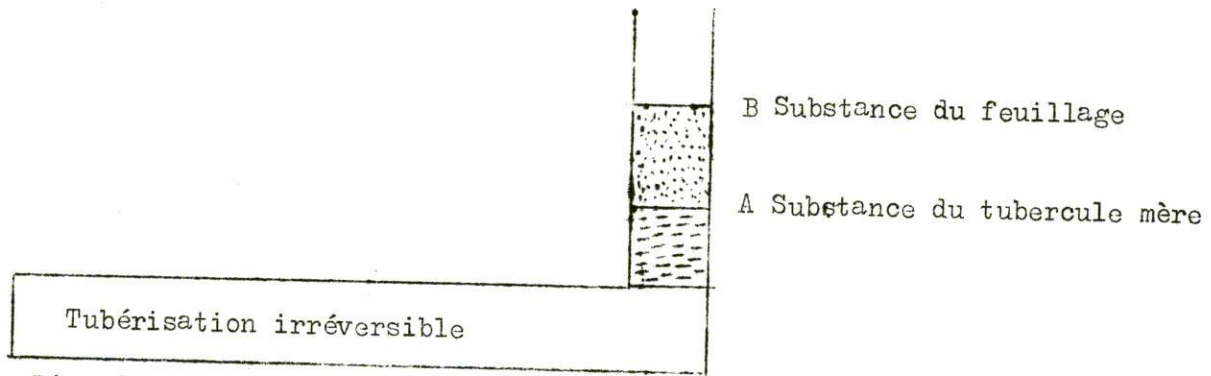


Fig. 2. Tubérisation irréversible.

Pour que la tubérisation soit irréversible, il faut que la plante du point A puisse passer au point B. Il y a opposition entre la croissance de la plante et la tubérisation. Ce stade ne sera atteint que si les conditions du milieu sont favorables en particulier: jour court et température basse. Ces conditions du milieu peuvent favoriser l'un ou l'autre des phénomènes physiologiques entraînant parfois un arrêt de la croissance et la poursuite de la tubérisation. On est alors porté à appliquer de fortes doses de fumures minérales notamment azotées mais la situation ne change pas et le rendement final s'en ressent largement.

Le cas le plus favorable est de voir croissance et tubérisation se poursuivre simultanément (figure 3). Outre les conditions ci-dessus définies (jour court et température basse) il faut que les semences utilisées aient été bien conservées et soient bien germées car dans le cas d'une forte incubation les tubercules donnent naissance à des plantes chétives, tubérisant précocement et en faible quantité ou même ne formeront que des stolons donnant de nouveaux tubercules sans produire de pousses feuillées. Ce phénomène est connu sous le nom de boulage (figure 4).

Fig. 3:

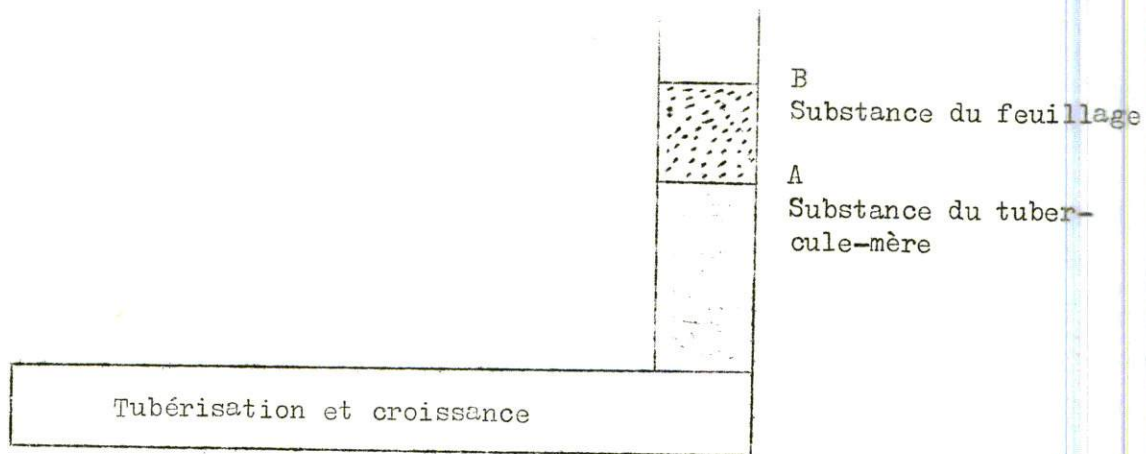
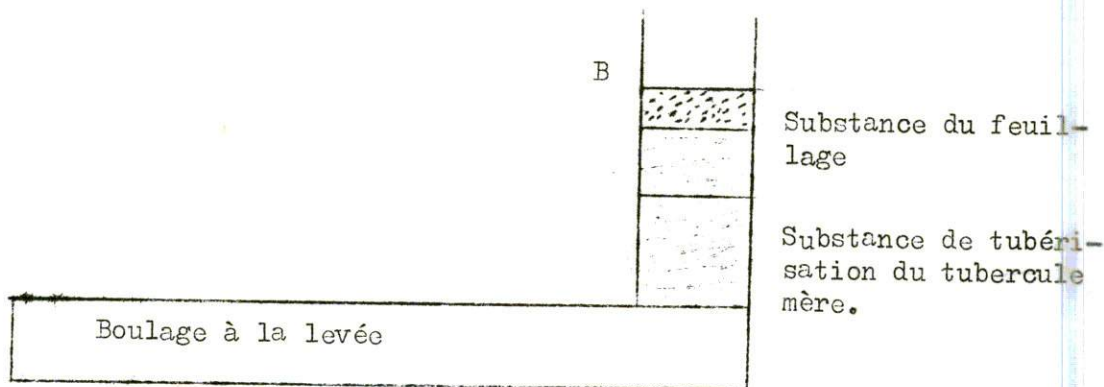


Fig. 4:



Il arrive aussi que la plante grandit plus vite qu'elle n'élabore la substance de tubérisation; entre A et B il n'y aurait donc rien. On assiste alors à une production de tubercules "en chapelets".

Nous pouvons résumer l'ensemble de ces relations de la manière suivante :

	Tubérisation	Croissance	Température basse-jours courts - tubercules - mère incubée - Influence de la sensibilité variétale
B			
	Tubérisation réversible	+ Croissance	Température favorable-jours longs - tubercule mère peu incubée
A			
	Pas de tubérisation	Croissance	température élevée - jours très longs - tubercule mère insuffisamment incubée - influence de la sensibilité variétale à la photopériode

L'âge physiologique de la semence peut exercer une influence sur le rendement; cette influence varie cependant avec les variétés cultivées. Les essais effectués par le PNAP, (1981) ont permis de constater que les semences normales sont les meilleures pour les 2 saisons de culture et qu'en période de sécheresse les semences séniles ne sont pas bonnes.

3. Sélection et multiplication de la pomme de terre.

Un programme de sélection de la pomme de terre peut poursuivre, à l'instar des autres plantes tuberculeuses, les objectifs suivants :

- 1) Amélioration de la productivité par unité de parcelle et de temps à la fois en culture pure et en culture associée.
- 2) Résistance aux maladies et aux insectes d'incidence économique importante.
- 3) Résistance à la sécheresse et au froid.
- 4) Amélioration de la qualité: forme du tubercule, couleur de la peau et de la chair, propriétés organoleptiques
- 5) Grande adaptation à une gamme d'environnements.
- 6) Facilités de stockage.

3.1. Sélection conservatrice

La réussite d'une culture de pomme de terre dépend largement du matériel de plantation en l'occurrence des semences ou "plançons". Généralement cette sélection se porte sur l'état phytosanitaire des plants et englobe les étapes suivantes:

- a) contrôle hebdomadaire de la levée jusqu'au jaunissement du feuillage
- b) environ 6 semaines après la plantation les poquets non levés doivent être identifiés par un piquet
- c) arrachage des plants malades en prenant soin de ne pas contaminer

les plants sains; aussi est-il recommandé d'effectuer cette opération à l'aide d'un sac en plastique ou de tout autre contenant assez hermétique. Si le feuillage est trop abondant on peut tout simplement couper la base de la tige et laisser les tubercules dans le sol exception faite dans le cas de la bactériose car il s'est avéré qu'il y a possibilités de contamination plant à plant d'où sont prélevés les plants malades.

d) A la récolte, séparez les tubercules des plants sains de ceux issus de plants malades. La récolte se fera en 2 temps: d'abord les plants sains puis les plants malades afin d'éviter toute possibilité de contamination.

c) Lors de l'emmagasiner, les tubercules choisis comme semences et possédant des yeux pourris ou aqueux doivent être écartés. Un deuxième contrôle sera effectué 3 mois après.

Il est superflu de souligner que les entrepôts doivent être assez propres et au besoin désinfectés.

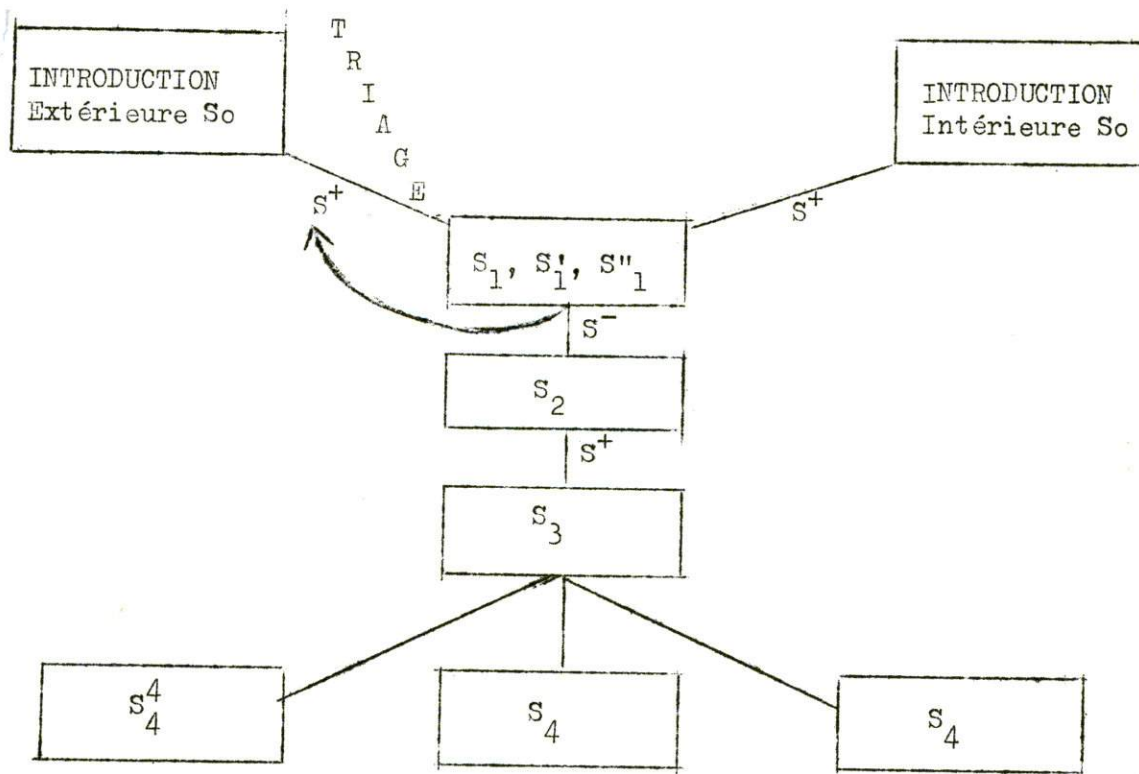
Le PNAP utilise ce mode de sélection afin de mettre à la disposition des cultivateurs du matériel sain de multiplication. Les plants-mères sont choisis après 2 contrôles selon les critères suivants :

- pendant la végétation: absences de maladies, voisinage sain, plants possédant 4 à 6 tiges et assez vigoureux;
- à la récolte: absence de pourriture, de maladies ou de défauts, nombre et calibre des tubercules produits.

Le plan de sélection suivi par le PNAP et illustré au graphique I démarre avec du matériel soit importé (S_0) ou déjà connu des cultivateurs. Pour les semences importées, le matériel est testé, les clones intéressants sont identifiés et multipliés et des tests rapides de contrôle au laboratoire sont nécessaires pour éliminer des sujets porteurs de maladies virales. Dans le cas des introductions intérieures, le matériel est soumis aux tests S^+ et S^- (sélection positive et négative). Les plantes S^+ sont identifiées, marquées et leurs semences sont appelées S_1 , les plants douteux ou malades (S^-) sont éliminés. Les S_1 sont remultipliés et se répartissent en S'_1 (plants élités) et en S_2 (plants de performance moyenne). Les S'_1 donneront des S''_1 , des S'''_1 ... et à chaque fois des S_2 . La S_2 est remultipliée et triée sévèrement pour donner la S_3 dont une partie est envoyée aux multiplicateurs et l'autre gardée au PNAP en vue de la production de la S_4 .

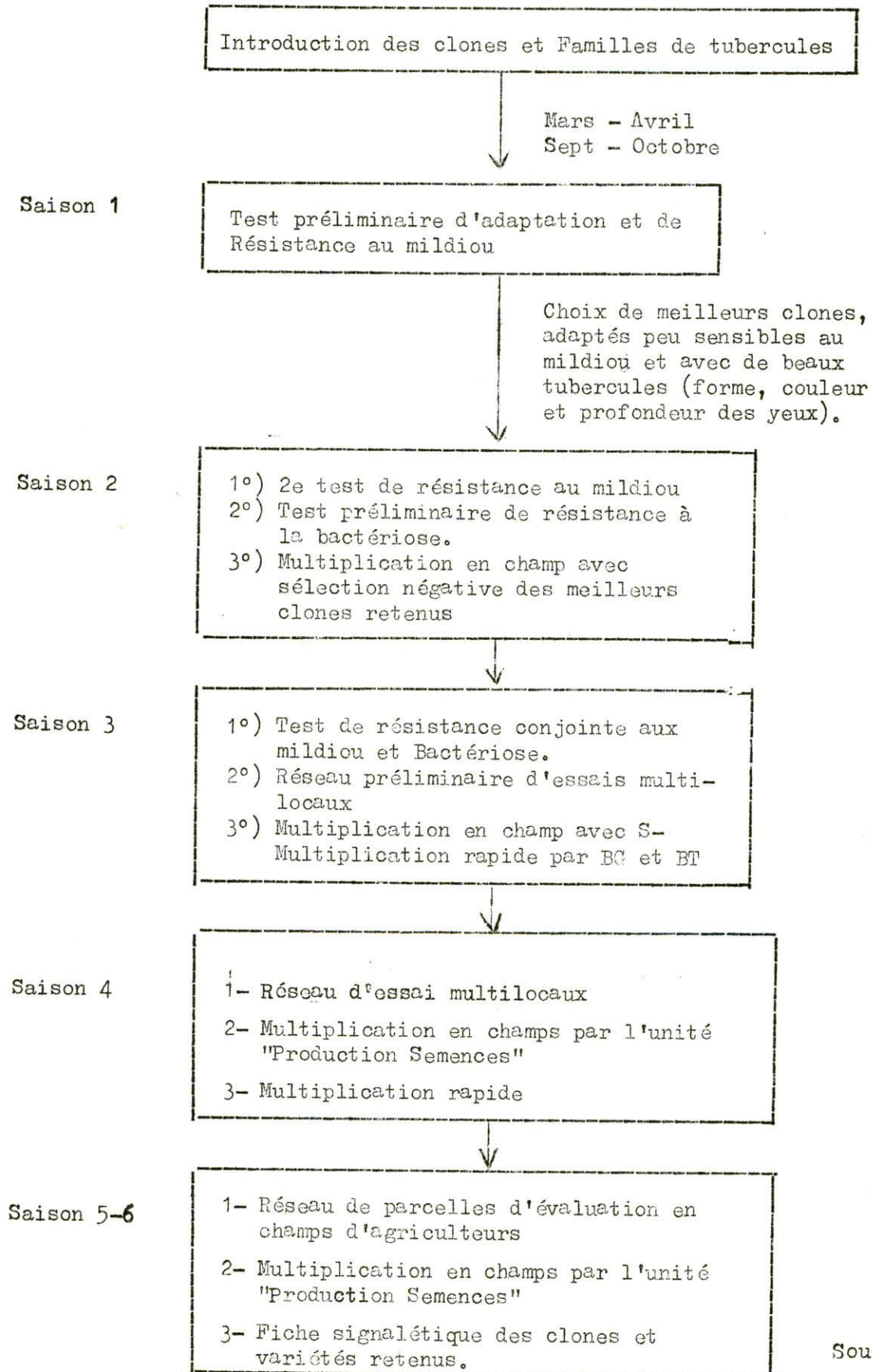
Au niveau de S_2 et S_3 les épurations sont conduites sévèrement dans les champs pour réduire au maximum le degré d'infection; par ainsi les semences S_3 provenant du PNAP sont très pures.

GRAPHIQUE I. Sélection de la pomme de terre au PNAP.



Sources: PNAP (1980, Rapport annuel)

Dans la pratique, le programme se déroule de la manière suivante :



Source: PNAP, 1981.

3.2. Sélection améliorante.

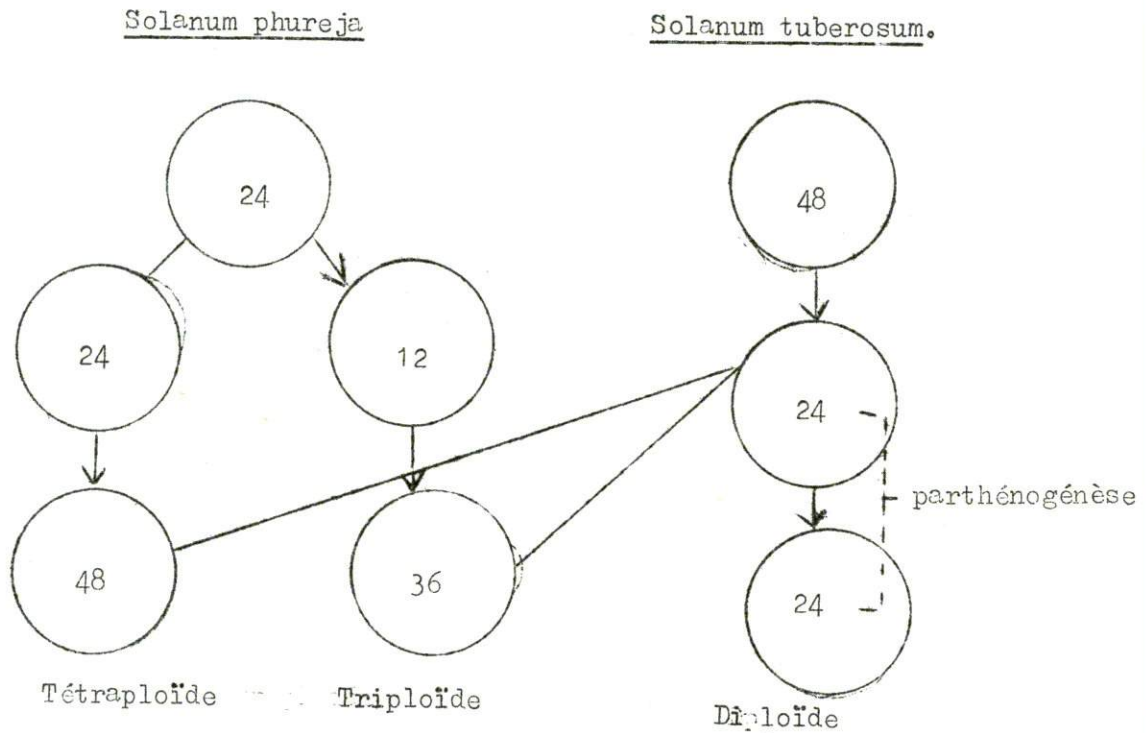
Les croisements entre la pomme de terre cultivée (S.tuberosum, tétraploïde $2n : 4x = 48$) se font avec des espèces di, tri, tétra, penta ou hexaploïdes ayant une tubérisation réduite. Ces croisements sont suivis de retrocroisements (Back-cross) ou de combinaisons complexes.

Pour chacune des étapes, on procède d'abord à une hybridation d'orientation produisant environ 500 graines, ce qui permet une étude de la descendance; si celle-ci est jugée satisfaisante, on effectue un croisement de masse dans le but d'obtenir approximativement 10.000 semences. La floraison de la pomme de terre étant capricieuse aussi faut-il recourir à de nombreuses techniques pour la favoriser :

- a) mise en germination de tubercules à plusieurs époques successives
- b) plantation en caisses à parois amovibles afin d'éliminer les tubercules dès leur apparition
- c) greffe sur tomate pour empêcher la tubérisation.

La fructification fluctue fortement d'après les géniteurs utilisés; le traitement hormonal 2-4D à 0,2% des fleurs après fécondation assure une meilleure production de baies. Les graines obtenues sont semées en milieux contrôlés ou en pépinières; les plantes tubérisent dès la première année. Le second cycle végétatif a lieu en plein champ. La détermination des caractéristiques positives d'un nouveau clone demande 4 à 6 ans. Les règles de transmission héréditaire de la pomme de terre sont cependant fort complexes à cause de son caractère tétraploïde; par exemple l'introduction de nouveaux caractères à partir des espèces sauvages est difficile; les hybrides résultant de ces croisements sont triploïdes et peu fertiles. Il faut donc chercher à diviser par deux le nombre de chromosomes du S.tuberosum pour pouvoir l'hybrider avec l'espèce sauvage ayant des caractères favorables. Ce travail a été accompli par Peloquin et al (1974) de l'Université du Wisconsin en collaboration avec le CIP. Ils ont pollinisé la pomme de terre cultivée avec le S.phureja et parviennent à obtenir des diploïdes par développement parthénogénétique de certains ovules de S.tuberosum. D'autres ovules sont fertilisés par un pollen normal produisant un plant triploïde. Enfin, des pollens diploïdes sont formés à très basse fréquence.

La fécondation produit alors un tétraploïde ($2n$ ovules + $2n$ pollen) et un triploïde qui ont des tiges rouges, ainsi que des diploïdes à tiges vertes.



Les différents types formés sont séparés et utilisés pour d'autres hybridations. L'intérêt porté au diploïde demande que l'on augmente autant que possible le nombre total de graines produites. On y parvient en décapitant les plants aussitôt après la floraison et en conservant la partie foliée dans l'eau; cette partie de la plante qui porte les fleurs peu dans ces conditions peut produire 15 fois plus de fruits avec une augmentation correspondante du nombre de graines diploïdes.

Pour des plantes à propagation végétative comme la pomme de terre, la supériorité des plantes de la F_1 est la résultante d'effets additifs et non-additifs. La vigueur hybride peut être fixée végétativement et conservée de façon permanente; dès lors, on peut sélectionner des individus en fonction des caractéristiques recherchées, déjà à partir de la F_1 .

La fertilité de ces hybrides est élevée, et le résultat le plus important de ces hybridations est qu'elles montrent une grande variabilité pour de nombreux caractères. Cette donnée, essentielle pour continuer les croisements, est valable pour des caractères commercialement importants comme la forme et la densité des tubercules.

Quelques uns de ces hybrides F_1 produisirent plus de tubercules que chacun de leurs 2 parents, le rendement étant très proche de celui des variétés commerciales tétraploïdes. Cependant leur intérêt essentiel réside dans la possibilité d'introduire, par croisement, dans ces hybrides, des gènes de résistance d'espèces sauvages, plutôt que dans leurs qualités propres de rendement.

En effet, si un hybride diploïde résistant à une maladie donnée est obtenu, il sera toujours possible de le ramener à la condition tétraploïde, en augmentant son rendement, par traitement à la colchicine. Les avantages de la tétraploïde (production augmentée en tubercules) peuvent ainsi être combinés aux possibilités d'hybridation amenées par le passage à l'état diploïde, pour produire des plants plus vigoureux et de plus grande valeur commerciale.

3.3 Multiplication de la pomme de terre

La pomme de terre se multiplie généralement par l'utilisation des tubercules et de plus en plus par bouture de germe.

3.3.1 Dégermage des tubercules

Les tubercules destinés à la multiplication en milieu rural sont physiologiquement jeunes et ne possèdent généralement qu'un seul germe qui produit une plante avec une seule tige principale. Cette pratique a des conséquences négatives sur le rendement car ce germe apical manifeste une certaine dominance qui empêche le développement des germes latéraux. Le dégermage revient à rompre cette dominance en enlevant ce premier germe et à favoriser en conséquence l'émission de plusieurs tiges principales qui permettront une meilleure couverture du sol et une augmentation du rendement.

Divers travaux expérimentaux ont été exécutés par le PNAP en vue de dégager d'une part l'importance du dégermage sur la productivité et d'autre part l'influence de l'âge de la semence, du dégermage et de la variété sur le rendement de la pomme de terre. Il a été jugé utile d'apprécier aussi lors de ces essais s'il existait une différence entre les semences dégermées plantées immédiatement et les semences dégermées plantées 2 semaines après.

A. Influence du dégermage sur le rendement.

Un essai a été installé à Kinigi en blocs randomisés avec 3 répétitions au cours de 2 saisons de culture 1981 A et 1981 B. Les parcelles élémentaires étaient de 20 m² et la variété utilisée est Sangema pour la première saison et de 14.4 m² pour la deuxième saison avec la variété Bufumbira. La densité de plantation est de 75 cm x 30 cm. Une application de 20 tonnes de compost et de 500 Kgs d'engrais N, P K 20-10-10 a été uniformément épanchée. Les traitements ont été les suivants:

1. Semences dégermées et prégermées.
2. Semences dégermées et plantées immédiatement
3. Semences sous dominance apicale.

Les résultats sont compilés dans le tableau V.

Tableau V : Influence du dégermage sur le rendement de la pomme de terre.

Traitements	Emergence en %		Rendement t/ha		Calibre des tubercules (g)		Nbre de tiges par plant		Nbre de tubercules par plant	
	1981 A	1981 B	1981 A	1981 B	1981 A	1981 B	1981 A	1981 B	1981 A	1981 B
1	93	90	58.6	15.8	176	62.3	3.58	2.9	9.12	7.6
2	90	95	50.6	14.9	156	57.5	3.26	2.5	9.9	6.4
3	93	98	56.15	10.8	181.4	54.5	2.55	1.2	8.15	4.7
X	92	94	55.15	13.6	171	57.6	3.12	2.2	8.7	6.10

Cet essai préliminaire confirme en général la supériorité de l'emploi des semences dégermées.

B. Influence de l'âge physiologique et du dégermage sur la productivité de 3 variétés de pomme de terre.

Les semences de pomme de terre se répartissent en fonction de leur âge en 3 groupes: les semences dites jeunes qui sont sous dominance apicale, les semences normales qui possèdent plusieurs germes courts et les semences dites séniles qui ont plusieurs germes plus ou moins longs et qui sont en outre généralement ratatinées, flasques et qui ont perdu une grande partie de leur poids. Les objectifs de l'essai entrepris par le PNAP visent à déterminer dans quelle mesure l'âge influence le rendement, d'apprécier les effets du dégermage sur des semences à divers âges et enfin de voir si les réponses diffèrent suivant les variétés. Les résultats sont résumés dans le Tableau VI. (voir page suivante)

1

Tableau VI : Influence de l'âge, du dégermage et de la variété sur la production de la pomme de terre.

Age	Var.	Dég.	Tiges/plante				Tubercules/plante				Rendement T/ha			
			1	2	3	\bar{x}	1	2	3	\bar{x}	1	2	3	\bar{x}
Jeune	S	ND	2.1	4.0	1.1	2.4	3.7	11.0	4.7	6.5	32.6	38.5	23.7	31.6
		D	2.2	4.1	1.2	2.5	9.4	10.4	5.1	8.3	26.6	25.2	20.7	24.2
	A	ND	1.8	2.1	1.1	1.7	9.2	10.0	5.3	8.2	21.5	28.1	17.9	22.5
		D	1.4	2.4	1.2	1.7	8.4	6.5	5.6	6.8	19.2	25.2	14.8	19.7
	C	ND	2.0	3.0	1.7	3.2	10.4	10.3	7.9	9.5	25.2	19.6	25.2	26.7
		D	1.3	2.8	5.3	3.3	8.6	10.7	8.4	9.2	16.3	23.7	23.7	21.2
Normale	S	ND	2.8	5.6	2.0	3.4	7.5	11.4	7.0	9.0	19.2	51.8	44.4	38.5
		D	3.9	7.5	2.2	4.5	10.6	13.6	7.2	10.5	20.7	45.9	32.6	33.1
	A	ND	3.7	5.9	1.8	3.8	11.3	14.8	8.9	11.7	25.2	41.4	28.1	31.6
		D	3.7	5.2	2.1	4.9	10.0	13.8	7.7	10.5	19.2	35.5	23.7	26.1
	C	ND	2.0	6.1	2.6	3.6	11.4	18.5	10.3	13.4	20.7	45.9	23.7	30.1
		D	6.7	7.4	2.0	5.4	15.5	22.5	14.5	17.5	22.2	35.5	26.6	28.1
Sénile	S	ND	2.4	3.4	1.9	2.6	7.7	10.3	9.6	9.2	29.6	42.9	22.2	31.2
		D	2.7	2.5	2.1	2.4	7.3	7.3	9.7	8.1	14.8	38.5	14.8	22.7
	A	ND	2.2	3.4	2.0	2.5	9.5	13.9	7.2	10.2	28.1	31.1	10.4	23.2
		D	2.3	3.3	4.2	3.3	7.5	12.5	3.0	7.7	11.8	25.2	13.3	16.8
	C	ND	3.8	4.5	2.8	3.7	15.4	11.0	10.4	12.3	34.0	29.6	25.2	29.6
		D	2.2	7.1	2.6	4.0	17.1	25.6	16.4	19.7	21.5	40.0	28.1	30.0

dimensions

1 = 35-50 mm
2 = 50-70 mm
3 = < 35 mm

S = Sangema
A = Atsimba
C = Condéa

ND = non dégermé
D = dégermé.

Les conclusions qui découlent de cet essai sont les suivantes :

a) Les variétés réagissent différemment au dégermage. A l'opposé des effets positifs constatés sur la variété Bufumbira, le dégermage des variétés Sangema, Atsimba et Condéa a été négatif car le rendement a diminué.

b) Les semences normales ont fourni les rendements les plus élevés.

3.3.2. Multiplication de la pomme de terre par bouture de germe.

Les travaux effectués au CIP de Lima, à Libramont en Belgique et au PNAP ont confirmé la possibilité de multiplier rapidement la pomme de terre par bouture de germe. La technique doit être précédée d'un conditionnement des tubercules afin d'obtenir des germes vigoureux et ramifiés lesquels seront par la suite sectionnés en veillant à ce que chaque bouture comporte un bourgeon foliaire et au moins 2 primordium racinaires. Ces boutures seront placées dans un milieu de pré-enracinement (Sable grossier) préalablement désinfecté.

Les essais effectués par le PNAP (1981) avec le clone 378711-6 ont permis de dégager les points suivants :

- a) on peut réaliser jusqu'à 3 bouturages avec les mêmes tubercules
- b) en considérant seulement les 2 premiers bouturages on constate qu'on peut produire à partir de 11 tubercules-mère 568 tubercules à planter, ce qui représente un taux de multiplication de 51.6 en 5 mois.

Des travaux supplémentaires entrepris par le PNAP ont révélé par ailleurs l'effet inhibiteur de l'hormone (Rootone) appliquée sur les boutures quant au développement des racines avec pour conséquence la décomposition de ces dernières.

4. Techniques de production de semences saines de pomme de terre au Rwanda.

La pomme de terre au Rwanda est menacée principalement par le mildiou, la bactériose et les viroses. Le cultivateur choisit ces semences après la récolte et aucune sélection appropriée n'est faite. Il faut rechercher dans cette pratique l'une des principales raisons du rendement faible que l'on enregistre. Il est donc impérieux de mettre à la disposition du producteur rwandais un matériel sain de plantation. Goeteyn définissait déjà en 1975 les principes de production de semences saines de pomme de terre au pays. Nous résumons les grandes lignes de ses principales recommandations.

4.1. Régions favorables au Rwanda à la production de semences saines de pomme de terre.

Les pépinières en vue de la production de semences saines de pomme de terre doivent être installées dans des régions humides et froides où les pucerons survivent difficilement. On les retrouve dans les régions volcaniques et sur la Crête Zaïre Nil où l'altitude n'est pas inférieure à 2400 mètres. Les cultures de pomme de terre en vue de la production de semences seront établies au cours des saisons pluvieuses soit de septembre à décembre ou de février à mai.

4.2. Choix des semences en vue de la production du matériel de plantation.

Les semences de pomme de terre destinées à produire du matériel de plantation ne doivent pas répondre à toutes les exigences définies pour celles qui sont cultivées dans le but de produire des tubercules de consommation. Elles doivent peser 45 à 100 grammes et leur longueur varie entre 35 à 50 mm. Elles fournissent beaucoup plus de tiges et de stolons donc beaucoup plus de tubercules par plant; ceci est favorisé par l'enlèvement du premier germe. Il a été en effet constaté que ce premier germe manifeste une dominance dite apicale et empêche aux autres de pousser.

Il faut en outre utiliser des semences qui sont au même stade de germination et indemnes de bactériose et de mildiou.

4.3. Plantation des semences en vue de la production du matériel de plantation.

Le producteur de semences de pomme de terre peut être moins exigeant envers le potentiel de fertilité des sols utilisés que ceux destinés à la production de tubercules de consommation. Mais dans les sols fortement appauvris les plants sont carencés et il devient alors difficile d'opérer une sélection phytosanitaire. La date de plantation sera choisie de telle façon qu'on n'ait pas à craindre des périodes de sécheresse de 10 jours continus au cours du cycle végétatif.

Le terrain sera assez bien labouré et nettoyé et pas trop sec afin de favoriser la germination des semences. Le dispositif de plantation à respecter est le suivant :

- a) semer sur bandes de 4 à 6 lignes
- b) distance entre les bandes 1 à 1,50 m
- c) distance entre les lignes 50-60 cm
- d) densité de plantation 60.000 tubercules à l'hectare à raison d'un tubercule tous les 30 à 35 cm
- e) profondeur de plantation: 5-10 cm.

4.4. Soins à apporter aux champs emblavés pour la production de semences de pomme de terre.

4.4.1. Sarclage et buttage.

Dans le but d'éviter toute contamination due aux passages répétés dans les parcelles, il importe d'effectuer un nombre réduit de sarclages. Le premier sera fait 3 semaines après le semis coïncidant avec le moment où la levée est complète.

Le buttage doit se faire avant le plein développement végétatif des plants.

4.4.2. Traitements phytosanitaires.

Dans les conditions de culture du pays il faut surtout traiter les plants contre le mildiou. Si les conditions climatiques des régions de haute altitude conviennent bien à la culture de la pomme de terre, elles favorisent pourtant cette maladie. Aussi faut-il recourir à des traitements réguliers; on peut utiliser un cupravit (4-6 kgs/ha), de l'oxychlorure de cuivre, du manèbe ou du zinèbe sous forme de poudre mouillable (1,5 à 1,8 Kg/ha).

Les traitements débiteront le plus tôt possible après la levée pour se répéter tous les 10 jours jusqu'à la floraison des tiges. Il faut procéder à l'arrachage et à l'incinération des plants bactériosés ou virosés.

4.4.3. Récolte des tubercules destinés à la production de semences.

Les plants de pomme de terre cultivés en vue de la production des semences doivent être récoltés plus tôt que ceux destinés à la consommation. Il ne faut pas attendre plus de 10 jours de sécheresse avant de récolter ou de couper le feuillage; cette recommandation est faite dans le but d'éviter les infections virales plus fréquentes en saison sèche. Les plantations établies fin août début septembre seront récoltées en décembre et celles faites en mars-avril le seront en juin car à Rwerere on a constaté que les premières populations de pucerons surgissent en décembre et en juin. Pour les autres régions du pays il faut fixer les dates d'établissement des cultures afin de récolter avant la date de dissémination des pucerons.

Des essais effectués à Rwerere ont révélé qu'on peut récolter 3 semaines avant la maturité complète ou 14 jours après la floraison. Il ne faut pas s'attendre à obtenir que des semences, des tubercules de calibre commercial sont aussi récoltés.

4.6 Situation et perspectives de la production de semences au Rwanda

Le PNAP estime les besoins du pays à 300 tonnes de semences par année, lesquelles nécessitent 20 hectares. Les semences sont produites à Kinigi. En 1981, le projet a produit 166.952 Kgs de semences représentant 56 % de l'objectif fixé et envisage une décentralisation de la production des semences par la participation technique du PNAP à l'installation d'unités de production de semences dans les principales zones de culture de la pomme de terre. Déjà il est envisagé dans le nord du pays d'initier les agriculteurs aux techniques de production des semences en vue de parvenir à des systèmes de production de semences par les agriculteurs eux-mêmes. Mais le prix pour la production d'un kilo de semence soit 14,7 Frw peut bien constituer un obstacle insurmontable à cette entreprise. La principale difficulté réside dans l'augmentation du rendement par unité de surface laquelle ne peut être améliorée que par une combinaison harmonieuse des diverses techniques culturales à savoir : bonne prégermination des semences, date de plantation, plantation à une densité convenable en tenant compte du calibre, bonne dose d'engrais, défanage au bon moment etc... (PNAP, 1981).

A partir de la saison 1981 B, les variétés Baku et Juanita ont été abandonnées; la première à cause de sa sensibilité au mildiou et aux mycoplasmes et la seconde à cause de sa longue période de dormance pouvant dépasser 6 mois et sa susceptibilité très grande à la bactériose. La variété Montsana, dont ses feuilles enroulées dont il est difficile de distinguer si c'est une caractéristique variétale, une réaction au milieu ou une infection virale. Malgré son goût fort apprécié, pose des problèmes en particulier sa sensibilité au mildiou. Les variétés Condéa, Bufumbira, Malirahinda et Muhabura sont aussi très peu résistantes au P. infestans; quant à Atsimba elle est très sujette à la bactériose. La meilleure variété est la Sangema qui résiste bien au mildiou et à la bactériose et donne en conséquence un bon rendement; elle manifeste cependant une longue période de dormance.

5. Exigences écologiques de la pomme de terre.

5.1. Exigences climatiques

5.1.1. Température de l'air.

La pomme de terre est une plante des pays tempérés qui affectionne les basses températures. Pourtant les températures moyennement élevées ne limitent pas sa culture si on utilise des variétés résistantes à la bactériose (P.solanacearum). Une température journalière de 20° C mais n'excédant pas 29° C convient bien à sa culture.

Dans l'extension des aires idéales à la culture de la pomme de terre il faut tenir compte inévitablement des données thermiques suivantes et surtout de leurs effets sur le rendement:

Zéro de végétation: 4° - 10° C

T° inférieure à 18° C: les plantations établies là où la température est inférieure à 18° C sont sujettes au mildiou. Des pertes de récolte supérieure à 25 % peuvent être enregistrées si des traitements appropriés ne sont pas effectués; c'est le cas dans les régions d'altitude supérieure à 1.900 m.

T° supérieure à 32° C: dans les plantations établies en basse altitude là où la température avoine 28° C, l'indice de sévérité de la bactériose est très élevé.

5.1.2. Température du sol.

Il existe très peu d'études entreprises sur les effets de la température du sol sur la conduite de la culture de la pomme de terre. La température du sol a été considérée surtout quant à ses conséquences sur la sévérité du "wilt" bactérien. Pour des températures du sol supérieures à 21° C les dégâts sont assez significatifs.

Les effets de la température du sol sur la sévérité de la bactériose ont été étudiés par Harris (1976). Les résultats sont compilés dans le tableau VII.

Tableau VII : Température du sol et son incidence sur la sévérité du flétrissement bactérien

T° du sol en ° C.	Nombre de parcelles examinées	Superficie totale (ha)	% de superficie en catégorie de sévérité			
			0	1	2	3
12.5.-13.5	4	1.82	100	0	0	0
14.0-15.0	12	9.04	100	0	0	0
15.5.-16.5	3	9.30	90	0	0	0
17.0-18.0	36	24.54	63	32	3	2
18.5-19.5	43	15.08	40	42	15	3
20.0-21.0	27	9.56	20	49	26	5
21.5-22.5	18	6.91	65	23	8	4
23.0-24.0		1.19	100	0	0	0

Légende

- 0 : pas de "wilt" observé
- 1 : 1 % de plants flétris
- 2 : 1-5 % de plants flétris
- 3 : plus de 5 % de plants flétris.

Suivant ces travaux, la température minimum du sol pour le développement du flétrissement bactérien correspond à 15° C et l'optimum se situe vers 24° C.

5.1.3. Pluviométrie.

La pomme de terre possède un coefficient de transpiration assez élevé se situant entre 500 et 650 et exige de l'eau à tous les stades de son cycle végétatif surtout au cours de la tubérisation soit à 50 à 60 jours après le semis. A ce stade, il faudra lui fournir 80 m³ d'eau par hectare et par jour. Il faut donc planter soit au début de la saison pluvieuse, soit à une période telle que les pluies régulières soient assurées au cours du développement végétatif.

Les exigences pluviométriques de la plante sont de l'ordre de 500 à 600 mm et varient avec les emplacements où la culture a été faite et des variétés:

a) dans certaines régions telles que Kinigi, Tamira, Kabaya, Gisovu, la culture de la pomme de terre, en se basant sur ce seul facteur, est possible toute l'année.

b) des expériences conduites au Nord Kivu (Zaire) avec la variété Eigenheimer ont révélé que des précipitations de l'ordre de 200 mm couvrant la levée des plantules à la fin de la croissance sont favorables tandis que des pluies de 300 mm et plus provoquent pour la même période du cycle végétatif une diminution sensible du rendement.

c) dans les bas-fonds une quantité suffisante d'eau étant toujours disponible, les précipitations peuvent être moindres.

d) au pied des collines sur sols enrichis de fumier de ferme des rendements satisfaisants peuvent être obtenus en période de faible pluviosité, moins de 85 mm. Cependant le compost enfoui s'il n'est pas complètement décomposé provoque, en saison sèche, un flétrissement accru des plants.

Voyons en résumé les exigences pluviométriques de la pomme de terre d'une manière pratique :

1. excès d'eau vers la fin du cycle végétatif: pourriture des tubercules
2. sécheresse au début du cycle végétatif: croissance presque nulle et la situation est irréversible à moins d'irriguer
3. sécheresse immédiatement après la tubérisation: les tubercules mûrissent prématurément.

5.1.4. Humidité de l'air et du sol.

En saison pluvieuse relativement faible, une humidité de l'air élevée constitue une compensation facilitant la continuation de la culture; ceci est encore plus significatif dans les vallées où la croissance des tubercules est encore favorisée. Il faut attribuer aux fluctuations de l'humidité de l'air la formation de tubercules à coeur creux.

Une véritable controverse existe quant au niveau d'humidité du sol susceptible d'influencer les effets du "wilt" bactérien provoqué par P.solanacearum. Cette confusion résulte de la complexité des facteurs en cause que des difficultés d'isoler les uns des autres; citons par exemple la

distribution du pathogène dans le sol, le rôle joué par les autres micro-organismes du sol, le processus d'invasion, les relations pathogène-hôte, la température de l'air et du sol etc...

Les travaux de VAUGHAN (1959) et ceux de GALLEGLY et WALKER (1949) ont démontré que plus le taux d'humidité du sol est élevé, plus les dégâts sont importants; cependant les recherches que nous avons effectués à Gihindamuyaga ont révélé simplement une accélération des symptômes mais l'indice de sévérité est comparable à celui enregistré en sols secs ou bien drainés.

5.1.5. Insolation et durée du jour.

La formation des tubercules (tubérisation), leur nombre (rendement) et leurs dimensions sont influencés par la durée d'éclairement. Selon Steineck et Kopetzka la pomme de terre produit un rendement plus élevé sous un régime de **jours courts** tandis que Gardner et Allard soutiennent qu'elle est une plante indifférente. On peut cependant affirmer que le rendement est supérieur là où il y a un écart entre les températures diurne et nocturne. En outre la formation de fécula est directement influencée par la lumière; aussi la culture de la pomme de terre à l'ombre est à proscrire. Cette remarque pose cependant un problème dans le type d'association auquel la culture est entreprise. Avec le maïs par exemple l'association s'avère excellente mais il faut surveiller les écartements.

L'intensité de la lumière a été aussi étudiée quant à ses effets sur la bactériose de la pomme de terre. GRIEVE (1943) et THURSTON (1976) ont dit qu'une faible intensité lumineuse est favorable au développement de la maladie. GALLEGLY et WALKER (1949) avaient observé que la maladie était plus sévère sous des conditions d'insolation de 6 heures par jour. Durant les périodes nuageuses des saisons pluvieuses à Gihindamuyaga (mars à fin mai) nous avons constaté que les dégâts sont très significatifs.

5.2. Exigences pédologiques de la pomme de terre.

5.2.1. Types de sols.

La pomme de terre s'accommode de sols fort variés, les sols rouges dérivant du calcaire, argilo sablonneux, profonds et bien drainés (Shaba, Zaïre)

- sols de marais argileux avec forte accumulation de matières organiques (Shaba, Zaïre)
- sols d'origine schistoquartzitique des régions volcaniques du Nord riches ou relativement pauvres (Rwerere)
- marais tourbeux (Gihindamyaga)
- sols argileux, argilo-sablonneux, sablono-argileux de couleur allant du rouge au noir (Rubona)
- sols à texture argileux provenant de la décomposition et de l'altération des laves ou sans un horizon humifère épais (Tanzanie)
- sols rouges et ocre (argile + oxyde de fer ou Mn)
- sols argileux d'origine latéritique et granit phyllithisé
- sols argileux lourds d'origine basaltique
- sols sablonneux et alluvions sablono-argileuse du Bas-Zaïre.

Il importe d'apprécier cet éventail de sols. Les meilleurs rendements s'obtiennent sur sols d'origine volcanique et ceci même sans apport de fumure organique. Des résultats très médiocres sont généralement enregistrés dans les marais tourbeux et sur des sols très argileux. Dans le cas des marais de Gihindamyaga par exemple il faut recourir au chaulage qui peut exiger dans certains cas jusqu'à 10 t/ha.

La pomme de terre est cultivée en marais, sur sommets et flancs de colline, sur plateaux mais les micro-climats locaux exercent une influence prépondérante sur les rendements.

Sur sols colluvionnaires, en raison de l'humidité insuffisante, les rendements et le calibre des tubercules obtenus laissent à désirer. Sur plateaux dans les régions volcaniques les rendements sont intéressants mais dans les régions de Kitabi à Gikongoro et en saison sèche les attaques de bactériose sont plus sévères.

Dans les marais bien drainés où la conduite de l'eau est réglée par des fossés, la culture de la pomme de terre est avantageuse mais il faut recourir à des variétés sélectionnées. On conseille d'envisager une différence entre 60-70 cm entre le niveau des parcelles et le plan d' H_2O pour avoir des résultats intéressants.

Dans les régions montagneuses de Gikongoro et de Rwerere et au pied des collines on peut obtenir d'excellents rendements mais les parcelles en saison pluvieuse sont fortement endommagées si des mesures anti-érosives ne sont pas envisagées.

Dans les régions d'altitude supérieure à 2.000 m telles que Kinigi, Tamira, Rwerere, les plantations en vallée et en bas-fonds donnent des tubercules de gros calibre dûs à un développement végétatif plus vigoureux. Le pourcentage de bactériose est moindre et on pense en dehors des conditions de sol excellentes qu'on trouve dans ces régions (quand ils ne sont pas fortement érodés) la température est le facteur prépondérant.

Il faut se rendre à l'évidence qu'en dépit du fait qu'on considère officiellement la pomme de terre comme une culture régionalisée c'est-à-dire limitée aux régions de haute altitude elle est partout cultivée au pays avec des rendements à l'ha insignifiants dans certaines régions.

5.2.2. pH.

Le pH des sols sur lesquels la pomme de terre est cultivée est fort variable: Nord Kivu (Zaire) 4,5-5,5, Sud Kivu (Zaire) 4,3-5, certaines régions du Québec et à Gihindamuyaga sur des sols très acides. Aux U.S.A. on la retrouve sur des sols très alcalins (Great Plains).

En général, les sols dont le pH se situe entre 4,5 à 6,5 conviennent bien à la culture. Il faut absolument éviter de cultiver la pomme de terre dans des sols où le pH est inférieur à 4,5 car ils favorisent les galles.

5.2.3. Influence du sol sur la qualité de la pomme de terre.

Les propriétés organoleptiques de la pomme de terre sont fortement influencées par le type de terrain sur lequel elle est cultivée. Les pommes de terre cultivées sur sols argileux et argilo-sablonneux ont en général meilleur goût et leur chair est plus ferme. Ceci est connu du consommateur qui apprécie mieux les pommes de terre provenant des régions volcaniques que celles des autres régions du pays.

Plusieurs variétés présentent un goût différent d'une région à l'autre.

Le pourcentage de matière sèche varie avec le site. Des études comparatives entreprises entre pommes de terre cultivées au pied des collines et en bas-fonds à forte accumulation de matière organique ont permis de noter une chute progressive de 1,25 à 5,50% de matière sèche. En plus là où le sol est d'origine volcanique, la plupart des variétés présentent sur colline une matière sèche assez faible, égale ou inférieure à celle obtenue en bas-fond sur les sols argileux dérivés de schistes.

6. Etude des conditions écologiques des régions du Rwanda où se cultive la pomme de terre.

La pomme de terre, comme nous l'avons vu, est cultivée un peu partout au Rwanda, mais les meilleures zones de culture se situent au-delà de 1.800 m d'altitude et couvrent 3 grandes régions agricoles; les terres de lave, la Crête Zaïre Nil et le Buberuka.

6.1. Température et Pluviométrie des Régions.

6.1.1. Les terres de lave.

Elles embrassent l'ensemble des terres volcaniques du Nord du pays allant de Gisenyi jusqu'au lac Buberuka. Les principaux centres où se pratique la culture de la pomme de terre sont Kinigi, Tamira, les régions limitrophes du lac Bulera, Mukinga, Pfunda, certaines régions avoisinant la ville de Ruhengeri et Rwankeri. Les conditions d'altitude de température et pluviométrie annuelles de ces principaux centres sont définies dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Altitude, température et pluviométrie annuelles de certaines régions volcaniques du Rwanda.

Régions	Eltitude (m)	TM (° C)	TA (° C)	p (mm)
KINIGI	2200	12.6	23.5	1629.0
TAMIRA	2300	13.3	25.0	1234.9
REGIONS DU LAC				
BULERA	-	-	-	1193.1
MUKINGO	1900	-	-	1277
PFUNDA	1480	16.8	27.5	1347 (P̄)
RUHENGERRI	1800	16.9	28.5	1679
RWANKERRI	2250	-	-	1267 (P̄)

T.M.: Température moyenne mensuelle ou annuelle de la température moyenne journalière.

T.A.: Température maximum absolue mensuelle ou annuelle

P : Total mensuel et annuel des précipitations

P̄ : Moyenne calculée sur N années.

6.1.2. Les hautes terres du Buberuka.

Cette région s'étend depuis Ruhengeri et les terres de lave à travers la préfecture de Byumba jusqu'à la plaine du Mutara, englobant par ainsi l'ensemble du Buberuka ainsi que les hautes terres du Rukiga. Elle se prolonge au sud au-delà de la vallée de la Nyabarongo jusqu'en préfecture de Gitarama sur les hauteurs de Ndiza. L'altitude atteint parfois 2.500 m. La pluviosité moyenne est de 1.200 mm avec une saison sèche de 2 mois.

Les principaux centres où se cultive la pomme de terre sont indiqués dans le tableau X où figurent leurs caractéristiques annuelles de température et de pluviométrie.

Tableau X : Altitude, température et pluviométrie annuelles des régions du Buberuka.

Régions	Altitude (m)	TM (°C)	TA (°C)	P (mm)
RWERERE Colline	2312	16.0	23.9	1162.7
RWERERE Marais	2060	14.4	26.0	1096.3
RUHUNDE	2235	14.5	26.5	1296.5
CYANIKA	1950	-	-	1268.8
CYERU	1450	21.5	31.5	935.3
KABAYA	2250	-	-	1405 (P)
KADUHA	1900	-	-	1394.4

Le tableau XI compile les données de température moyenne et maximale ainsi que la pluviométrie pour ces centres dans le cas où la culture est faite en mai.

Tableau XI : Condition de température et de pluviométrie durant le cycle végétatif (Régions du Buberuka).

Régions	TM °C					Moy.T. Total P	TA °C				
	M	J	J	A			M	J	J	A	MOY.
RWERERE	15.7	15.3	15.6	15.9		15.62	21.7	22.0	22.2	23.1	22.25
	140.6	17.4	44.7	105.1		367.8					
RUHUNDE	14.0	13.8	13.2	14.9		13.97	23.0	21.0	21.5	23.5	22.25
	143.6	175.0	94.2	21.0		434.60					
CYANIKA	175.8	77.1	60.0	9.0		321.90					
	22.5	21.7	20.8	22.8		21.95	30.0	29.5	28.5	30.0	29.
KABAYA	175.9	155.3	103.5	18.5		453.2					
	195.5	41.1	92.7	13.2		342.85					

6.1.3. Les régions de la Crête Zaïre-Nil.

Cette vaste région agricole couvre les hautes terres du Bushiru, du Budaha et du Bufundu d'altitude comprise entre 1900 à 2500 m.

La pluviométrie varie de 1300 à 1500 mm dans le Bushiru et de 1400 à 1800 mm dans le Bufundu et dépasse même 2000 mm sur les hauteurs de la forêt de Nyungwe. Les principales régions avec quelques caractéristiques climatologiques où l'on s'adonne à la culture de la pomme de terre sont représentées dans les tableaux XII et XIII.

Tableau XII : Altitude, température et pluviométrie annuelle des régions de la Crête Zaïre-Nil.

Régions	Altitude (m)	TM	TA	P
Birambo	1800	-	-	1351.8
Gisovu	2300	≃ 13.4	≃ 23.0	-
Rambura	23000	-	-	1531.8
Rutsiro	2300	-	-	1445.5
Kitabi	2300	-	-	1880.8

≃ = donnée douteuse.

Tableau XIII: Conditions pluviométriques au cours du cycle végétatif pour les régions de la Crête-Zaïre-Nil.

A. Plantations établies de décembre à mars.

Régions	D	J	F	M	Moy.
Birambo	64.3	139.3	75.6	138.5	417.7
Rambura	101.1	140.0	54.9	150.1	446.1
Rutsiro	78.8	172.7	65.9	133.8	451.2
Kitabi	148.8	136.5	121.5	258.2	665.0

B. Plantations établies de mai à août.

Régions	M	J	J	A	Moy.
Birambo	139.1	56.3	65.5	1.5	262.4
Rambura	256.9	154.5	146.4	67.5	625.3
Rutsiro	178.6	110.7	83.2	37.4	409.9
Kitabi	235.1	122.4	55.2	14.1	426.8

6.2. Conditions pédologiques.

Les régions du pays où l'on s'adonne à la culture de la pomme de terre représentent du point de vue pédologique sept types d'associations suivant la classification de l'INEAC (1961) (voir carte page suivante)

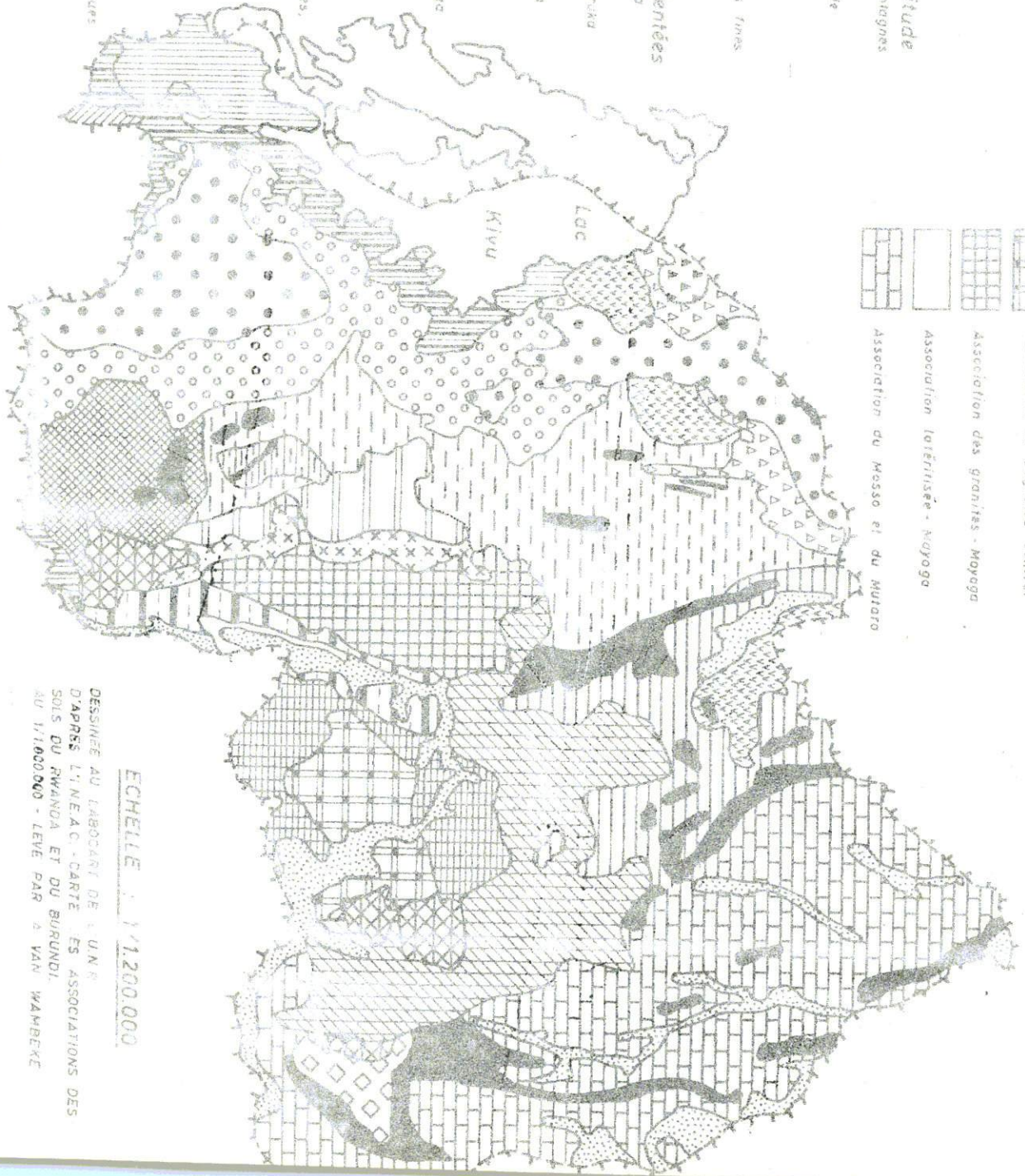
Tableau XIV : Classification des sols de certaines régions emblavées en pomme de terre.

Kinigi, Ruhengeri	association des laves
Tamira, Cyenika	association forêt de montagne
Régions du Lac Bulera	association du Buberuka
Mukingo, Pfunda et Rwankeri	association Sud-Bugoyi
Rwerere, Ruhunde	association des alluvions des sols org.
Cyeru, Kabaya, Birambo, Rambura	association des phyllades Rukiga
Keduha, Rutsiro, Kitabi, Kivu	associations prairies d'altitude

CARTE DES ASSOCIATIONS DES SOLS DU RWANDA

- 1. Régions du Graben
 - Association du fond du Graben
- 2. Régions de l'escarpement du GrU en
 - Association des basites
 - Association des granites
 - Association des phyllites
- 3. Régions de haute altitude
 - Association de la forêt des montagnes
- 4. Régions volcaniques
 - Association des prairies d'altitude
 - Association des lavas
- Association des lavas et cendres fines
- Association du sud - (Bugoy)
- 5. Régions centrales occidentales
 - Association des quartzites - Butwanda
 - Association des granites - Rukiga
 - Association des granites, à relief escarpé
 - Association des quartzites - Moyaga
 - Association des litho-soils (Craie quartzitiques)
- 6. Régions péniplaniées d'altitude moyenne
 - Association des régions latérisées, à reliefs tabulaires dominants
 - Association de la région latéri-tisée, à reliefs tabulaires groupés
 - Association de la région granitique péninsulaire
 - Association des roches basiques
 - Association des roches quartzitiques

- 7. Régions des sols de l'Est
 - Association du singesero - Singesero
 - Association du Bugesero central
 - Association des granites - Moyaga
 - Association latérisée - Moyaga
 - Association du Musso et du Mutaro
- 8. Altérations organiques
 - Association des alluvions et des sols organiques



ECHELLE : 1/1200.000

DESSINÉE AU LABORATOIRE DE L'UNR
D'APRÈS L'IN.E.A.C. - CARTE DES ASSOCIATIONS DES
SOIS DU RWANDA ET DU BURUNDI.
AU 1/1.000.000 - LEVÉE PAR A. VAN WAMBEKE

Ces associations peuvent être organisées en 2 types de sols: les inceptisols développés dans les matériaux à allophane dont la fraction sableuse est dominée par des centres volcaniques (andepts) et les kaolisols (latosols) provenant de roches-mères granitiques schisteuses et basaltiques avec une légère couche d'humus à la surface. Ces derniers sont les plus fréquents.

NEEL (1972) estime que par leurs caractéristiques physico-morphologiques les sols volcaniques représentent les meilleurs sols du Rwanda. Selon cet auteur ces sols se répartissent en 3 groupes sur la base du degré de saturation du complexe adsorbant des horizons de surface:

- groupe 1 : saturation inférieure à 40 %
- groupe 2 : saturation comprise entre 40 - 70 %
- groupe 3 : saturation supérieure à 70 %

Les horizons humifères des sols à complexe adsorbant de surface moyennement et fortement saturée sont généralement bien développés et possèdent des propriétés chimiques favorables contrairement à ceux dont les horizons à complexe adsorbant de surface faiblement saturée.

Le pH, la teneur en calcium et magnésium des horizons humifères des sols des groupes 2 et 3 ne nécessitent pas de chaulage tandis que la teneur en potassium est assez disproportionnée. L'épaisseur de la couche meuble étant inférieure à 70 cm limite l'exploitation de ces sols pour des cultures industrielles et favorise leur emblavement en cultures vivrières.

Les sols des terres de lave sont du point de vue agronomique préférables à ceux de la Crête plus précisément ceux des régions de Gikongo. Les principales différences qui existent entre les sols de ces 2 régions sont résumées dans le tableau XV.

Tableau XV : Etude comparative des sols de Rwerere à ceux de Gikongoro.

SOLS DE RWERERE: TERRE DE LAVE	SOLS DE GIKONGORO: CRETE-ZAIRE-NIL
1. Latérisation	Pas de latérisation
2. Peu de mica	Beaucoup de mica
3. Beaucoup d'argile et de limon	Moins d'argile et de limon
4. Structure à polyèdre anguleux	Structure sans polyèdre anguleux
5. Horizon humifère "socle" très rare	Horizon humifère "socle" généralisé
6. Horizon humifère bien saturé	Horizon humifère faiblement saturé
7. Horizon humifère souvent épais	Horizon humifère souvent très épais
8. Horizon humifère à densité apparente normale	Horizon humifère à densité apparente très faible
9. Prairie à pennisetum clandestium	Prairie à Eragrostis boehmii

A titre indicatif, nous donnons ci-après les compositions de quelques inceptisols et de quelques kaolisols.

Tableau XVI : Composition chimique de certains inceptisols et de certains kaolisols au Rwanda.

INCEPTISOLS

Type	O%	N%	Ca	Mg	K	pH	P totale
Graveleux	2.67	.37	35.2	6.7	1.3	7.8	212
Limoneux	1.59	.18	18.4	5.8	6.7	7.1	164
Argileux	3.20	.42	23.9	4.6	3.6	6.3	395

KAOLISOLS

Types	O%	N%	Ca	Mg	K	pH	P totale
Ferrisol anthropique	2.67	0.42	5.55	3.20	1.46	5.00	1361
Ferralsol à horizon sombre	2.34	0.36	4.91	2.61	1.03	4.85	1106
Ferrisol à horizon sombre	0.98	0.15	2.30	1.57	1.59	4.35	489

Les sols de la Crête Zaïre-Nil dont les bases ont été développées dans un matériau original sous l'action de pluies abondantes sont en conséquence fortement érodés: les réserves minérales contenues dans la litière organique sont rapidement consommées et les sols sont assez pauvres en éléments minéraux. En outre, du point de vue géomorphologique, le paysage est très accidenté: les pentes peuvent aller jusqu'à 80 %. Les terres du Buberuka constituent une région de hauts plateaux striés de crêtes quartzitiques et dont l'altitude, comme nous l'avons vu, est assez élevée. Contrairement aux sols de la crête, ceux du Buberuka sont de meilleure qualité et surtout ceux qui sont associés aux bas promontoires de hautes crêtes.

Cette brève étude des conditions écologiques des diverses régions du pays où se pratique la culture de la pomme de terre révèle en général une situation potentielle propice au développement de la bactériose. Si la pomme de terre s'accommode de sols fort variés elle fournit cependant ses meilleurs rendements dans les sols d'origine volcanique ou silico-argileux humifères. Son cycle végétatif s'allonge dans les marais tourbeux et dans les sols très argileux et le rendement est très faible. Les conditions édaphiques excellentes des régions volcaniques atténuent sans doute la réceptivité de ces sols mais leur pH généralement bas peut expliquer qu'à certaines époques les dégâts dus au flétrissement bactérien par P.solanacearum sont considérables. Le lessivage des sols favorisé par un relief accidenté, leur pauvreté jointe à des pratiques culturales inadéquates contribuent largement à l'aggravation de la situation.

7. Fertilisation de la pomme de terre.

7.1. Exportations de la pomme de terre.

Les exportations de la pomme de terre en éléments nutritifs, indiquées dans le tableau XV montrent clairement que les besoins de la plante peuvent être difficilement compensés par les disponibilités de certains sols du pays tels que ceux de Gikongoro qui se caractérisent par une très forte carence en phosphore, une forte carence en potassium et en azote (Neel, 1974).



Tableau XVII: Exportations de la pomme de terre.

Eléments	Kgs/ha	Kgs/ha	g/ha
Potassium	114-162		
Azote	78-88		
Phosphore	36-41		
Magnésium	12-14		
Calcium	6-7		
Bore			60-65
Manganèse			40-50
Cuivre			40-45
Molybdène			6-7

Sources : SAMSON et GRONINGEN (IITA, 1976)

7.2. Rôle des éléments chimiques dans la culture de la pomme de terre.

7.2.1. Azote.

La fumure azotée, appliquée à dose convenable, provoque un rendement de 15 à 30 %. Pour des applications de 50-60 Kgs à l'hectare, le rendement s'accroît de 4 t/ha soit 50 à 80 Kgs de tubercules pour chaque kilo d'azote utilisé. Cependant les doses excessives d'azote provoquent une croissance végétative exhubérante au détriment de la tubérisation. L'azote masque aussi les maladies de dégénérescence.

7.2.2. Fumure phosphatée.

Le rôle du phosphore est assez controversé dans la culture des plantes tuberculeuses estimant que la quantité de P_2O_5 contenue dans les sols suffit aux besoins de la plante; tel n'est pas le cas au pays où la plupart des sols sont carencés en cet élément. Dans les sols fortement carencés contenant moins de 200 Kgs à l'hectare en sol minéral et moins de 100 Kgs en sols organiques on peut assister à une chute progressive du rendement pouvant atteindre jusqu'à 30 à 50 %. Des expériences ont révélé qu'en appliquant 75 à 100 Kgs de superphosphate.

on obtient un excédent de récolte de 12 à 30 quintaux à l'hectare soit 15 à 40 Kgs de tubercules par kilo de P_2O_5 apporté.

Dans les régions volcaniques du Rwanda où le phosphore n'est souvent pas très élevé, il est conseillé des doses pouvant aller jusqu'à 160 Kgs à l'hectare.

7.2.3. Fumure potassique.

Les effets du potassium sur la tubérisation sont assez bien connus; aussi tout apport convenable de potasse aboutit à une augmentation du rendement. Certains auteurs estiment cependant que le potassium peut provoquer une faible teneur en amidon. Les sels à haute teneur en potassium (Sulfate de potassium par exemple) sont les mieux indiqués.

7.3. Influence des engrais chimiques et de la chaux sur le rendement de la pomme de terre.

Le PNAP (1980) a entrepris divers essais visant à contrôler les effets des engrais chimiques et de la chaux sur le rendement. Parmi ces travaux deux ont retenu notre attention.

Le premier avait pour objectif d'apprécier si dans le sol de Ruhengeri (andept) la pomme de terre répond bien à l'engrais chimique (15-15-15) et de déterminer la dose optimale à employer. Un split-plot technique avec 3 répétitions a été utilisé. Les variétés Condea, Montsama, Sangema et Atsimba et les traitements testés sont: 222 Kgs, 555 Kgs et 1100 Kgs à l'hectare et le témoin. Les résultats exprimés en tonnes à l'hectare sont compilés dans le tableau XVIII.

Tableau XVIII: Influence de l'engrais chimique sur le rendement de 4 variétés cultivées sur un andept (Ruhengeri).

Traitements	Variétés				Moyenne
	Montsama	Atsimba	Sangema	Condea	
Témoin	28	16	20	28	23
222 Kgs/ha	28	18	24	25	24
555 Kgs/ha	22	15	20	25	21
1100 Kgs/ha	21	12	23	32	22

Cet essai a permis de constater que l'andept de Ruhengeri est un sol fertile sur lequel l'application d'engrais chimique n'est pas rentable.

Le deuxième essai entrepris par le PNAP s'intéressait à 5 localités Kivu et Muko (Gikongoro), ISAR (Rubona), ISAR (KARAMA) et PNAP (Ruhengeri) et utilisait 5 variétés Atsimba, Baku, Condea, Bufumbira et Sangema. Il s'agissait de déterminer les aptitudes de ces variétés dans ces régions et leur réponse à une application d'engrais et de chaux. Les traitements appliqués sont: 500 Kgs NPK (15-15-15), 2,5 tonnes de chaux à l'hectare et une combinaison des 2 premiers et le témoin. Pour chaque localité 2 répétitions ont été faites. L'engrais et la chaux ont été appliqués avant la plantation. Notons que l'essai de Muko a été éliminé à cause de plusieurs raisons techniques.

Les tableaux XIX à XXIII résument l'ensemble des résultats.

Tableau XIX : Influence d'engrais et le chaux sur le rendement de la pomme de terre à divers endroits (T/ha).

Localité	Témoins	500 Kgs NPK (15-15-15)	2.5 T chaux	500 Kgs NPK 15-15-15 2.5. T Chaux
Kivu	10.3	22.1	14.7	23.8
Karama	5.1	4.8	5.2	5.1
Rubona	14.8	19.0	14.9	22.0
Ruhengeri	24.1	22.9	30.0	25.5
\bar{x}	13,6	17.2	16.2	19.2

Tableau XX. Performance des variétés en diffusion à divers endroits
Moyenne des 4 traitements chaque localité (T/ha)

Localité	Variétés					\bar{x}
	Atsimba	Baku	Condea	Bufumbira	Sangema	
Kivu	18.6	18.3	10.5	19.9	21.5	17.8
Karama	4.2	6.9	3.6	4.8	5.8	5.1
Rubona	17.6	19.4	13.5	16.4	21.4	17.7
Ruhengeri	25.1	25.9	27.7	13.2	26.3	25.6
\bar{x}	16.4	17.6	13.8	16.1	18.8	

XXI : Tableaux des rendements moyens en T/ha (parcelle inér.)

KIVU					
Variétés	1.*	2.	3.	4.	X̄
Bufumbira	12.3	27.1	13.8	26.5	19.9
Baku	7.4	20.8	20	14.8	18.3
Atzimba	12.9	23.0	14.8	23.6	18.6
Condea	6.0	14.3	10.2	11.3	10.5
Sangema	12.9	25.5	14.5	32.9	21.5
X̄	10.3	22.1	14.7	23.8	

* La valeur de cette colonne équivaut à la 2ème répétition car la 1^o n'a pas été récoltée pour raison de maladies.

KARAMA					
Variétés	1	2	3	4	X̄
Bufumbira	6.2	3.6	5.0	4.4	4.8
Baku	6.3	5.8	8	7.3	6.9
Atsimba	3.8	4.9	4.3	3.9	4.2
Condea	2.4	5.5	3.9	2.6	3.6
Sangema	6.8	4.0	5.0	7.4	5.8
X̄	5.1	4.8	5.2	5.1	

RUHENGERRI					
Variétés	1	2	3	4	X̄
Bufumbira	22.7	23.3	24.6	22.1	23.2
Baku	28.3	18.4	29.6	27.1	25.9
Atzimba	18.0	22.2	32.0	28.3	25.1
Condea	24.6	24.5	32.0	29.0	27.7
Sangema	27.1	25.9	32.5	20.9	26.3
X̄	24.1	22.9	31.4	26.5	

ISAR RUBONA

Variétés	Traitements				
	1	2	3	4	5
Atsimba	12.7	20.1	15.1	22.5	17.6
Baku	14.5	19.2	17.8	26.2	19.4
Condea	9.3	16.7	12.3	15.7	13.5
Bufumbira	16.0	15.0	12.9	21.8	16.4
Sangema	21.4	23.8	16.4	24.1	21.4
X̄	14.8	19.0	14.9	22.0	

Les conclusions faites par le PNAP, à la suite de cet essai multilocal sont multiples car aux 4 endroits, les résultats ont fourni des informations intéressantes:

a) L'effet d'engrais est très prononcé à Kivu et à Rubona et nul à Ruhengeri; cette constatation était prévisible en fonction de la pauvreté des sols des deux premières régions et du bon potentiel de ceux des régions volcaniques.

b) Les sols de Ruhengeri ont répondu favorablement à la chaux. Il faut, tenant du compte du pH relativement élevé (5.8) de ces sols par rapport aux exigences de la pomme de terre, rechercher ailleurs les effets de la chaux. Les chercheurs estiment qu'elle serait enrichie du $MgCO_3$ et relèverait le niveau de Magnésium qui est bas dans les sols de Ruhengeri.

c) A Karama, il n'y a pas de réponse ni à la chaux ni à l'engrais. Cette situation paradoxale est due au fait que les parcelles ont souffert d'une sécheresse prolongée.

d) La pomme de terre fournit ses meilleurs rendements dans les sols volcaniques. A Kivu et à Rubona, la production à l'hectare est acceptable mais à Karama elle est au-dessous de la moyenne nationale. Il faut voir dans cette donnée les effets conjoints de la température, du sol et de la pluviométrie.

e) Enfin, parmi les variétés la Sangema s'est révélée la meilleure; quant à Atsimba, Baku et Bufumbira les rendements ne sont pas statistiquement différents. Exception faite de Ruhengeri, la Condea a donné dans les autres régions le rendement le plus bas.

Les travaux que nous avons entrepris dans le but de contrôler le flétrissement bactérien nous ont amené à expérimenter l'emploi des engrais azotés et potassiques car les attaques du P. solanacearum sévissent généralement et de manière plus sévère sur de jeunes plants mais les dégâts s'atténuent quand la pomme de terre est cultivée dans des sols riches. Un essai a donc été conduit à Kitabi (Gikongoro) où les sols sont fortement appauvris suivant un factoriel 4^2 à 3 répétitions. Le phosphore sous forme de superphosphate triple 16.18 % et la chaux ont été appliqués dans toutes les parcelles à 200 et 4000 Kgs à l'hectare respectivement.

L'utilisation de la chaux et la dose à laquelle elle a été appliquée nous ont été conseillées par Neel, pédologue à l'ISAR dans le but de remédier à la fixation du P_2O_5 par l'aluminium.

Les niveaux auxquels les engrais ont été appliqués sont les suivants :

Niveaux	Kg de N/ha	Kgs de K_2O /ha
n ₀	0	0
n ₁	50	100
n ₂	100	200
n ₃	200	400

L'azote a été utilisée sous forme d'urée 42 % et le potassium sous forme de sulfate de potasse 40 % de K_2O .

La mise en champ a été effectuée au cours de la saison des pluies; les plançons ont été sélectionnés de plants n'ayant manifesté aucun symptôme évident de flétrissement et triés après conservation et germination. Les 48 parcelles de 3,2 x 2,4 m. offraient une surface utile de 3,84 m² laissant 40 cm de chaque côté pour les bordures et portaient chacune 25 plançons. La densité de plantation est de 60 x 40 cm et les parcelles étaient séparées de 1 mètre et les blocs randomisés de 2 mètres.

Les engrais ont été en 2 doses: a) avant la plantation tout le phosphore, le 1/3 de N, les 2/3 de K b) le reste au premier buttage quand les plants ont atteint 25 cm de hauteur. Les soins culturaux, mis à part le sarclage et les 2 buttages, ont été très réduits; seul le mildiou a été contrôlé par une application de Dithane M 45 chaque semaine.

Les résultats se décomposent en 2 parties; les effets des engrais sur la bactériose (Tableau XXII) et leur influence sur le rendement. (tableau XXV)

Tableau XXII: Effets des engrais (N_2 et K_2O) sur la bactériose

Parcelles	1ère Répétition	2ème Répétition	3ème répétition	Totaux	% Plants flétris
N_0K_0	11	10	10	31	41.33
N_0K_1	8	7	7	22	29.33
N_0K_3	3	3	2	8	10.00
N_1K_0	9	7	7	23	30.66
N_1K_1	7	9	6	22	29.33
N_1K_2	6	5	4	15	20.00
N_1K_3	3	2	4	9	12.00
N_2K_0	66	8	5	19	25.33
N_2K_1	7	6	6	19	25.33
N_2K_2	5	4	5	14	18.66
N_2K_3	1	2	1	4	5.33
N_3K_0	5	6	7	18	24.00
N_3K_1	4	8	3	15	20.00
N_3K_2	5	4	6	15	20.00
N_3K_3	0	3	2	5	6.66
TOTAUX	88	90	82	260	

L'analyse graphique des résultats montre que l'azote appliqué seul provoque une diminution de dégâts de la maladie ainsi que le potassium appliqué seul. Cette diminution va en s'accroissant avec un niveau plus élevé de leurs applications mais la différence n'est pas très accusée entre les niveaux 2 et 3 de l'azote. Il importe de noter aussi que le potassium à lui seul provoque un abaissement de l'indice de sévérité de la bactériose d'une manière plus remarquable que l'azote appliqué seul. Le niveau K_3 fournit les meilleurs résultats. Voyons maintenant s'il existe une interaction entre ces 2 facteurs par l'analyse de la variance.

EFFETS D'APPLICATIONS D'ENGRAIS AZOTES ET POTASSIQUES
SUR LE RENDEMENT DE LA POMME DE TERRE A KITABI

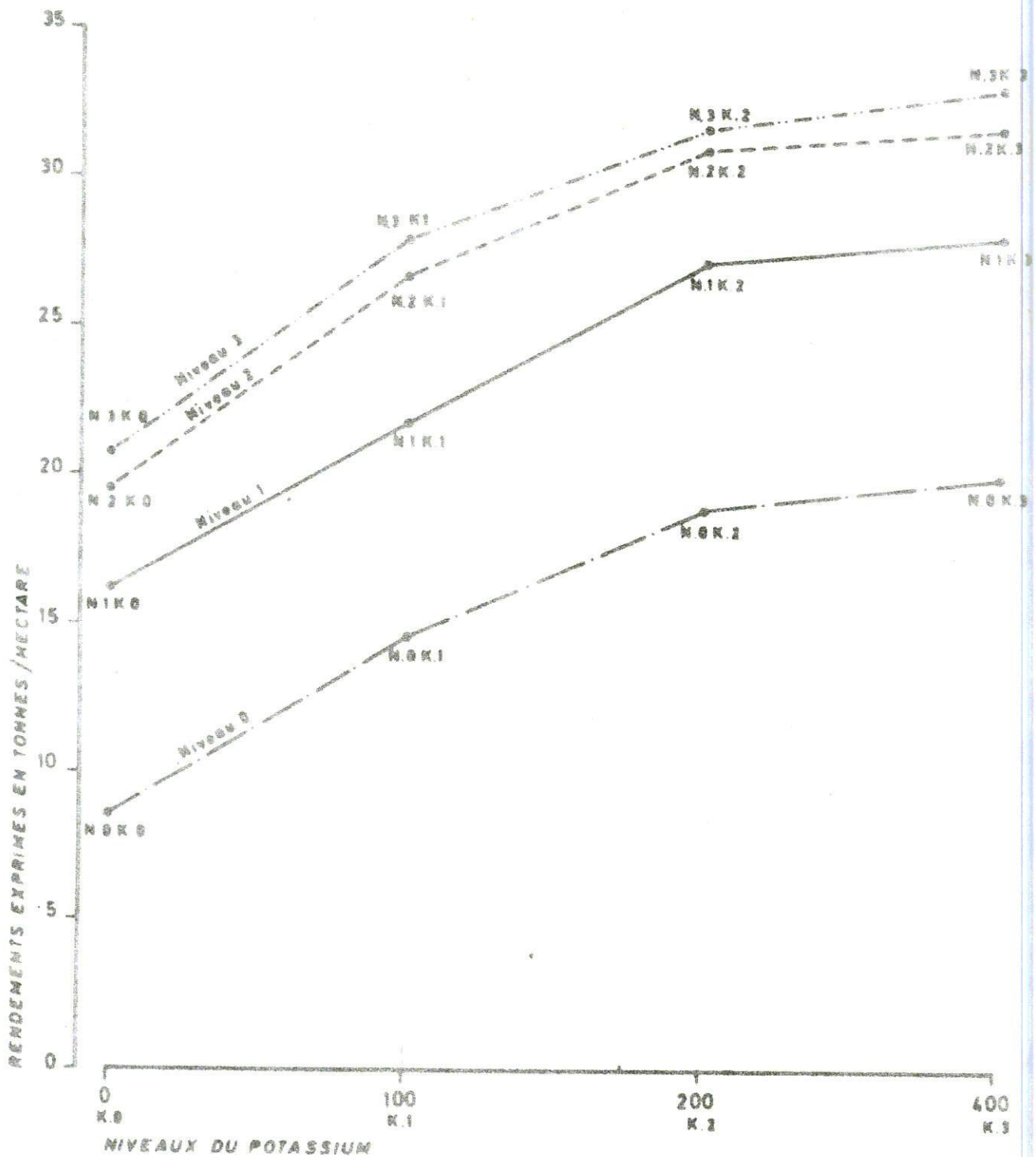


Tableau XXIII : Compilation des données relatives au nombre de plants flétris.

	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	Totaux
K ₀	31	23	19	18	91
K ₁	22	22	19	15	78
K ₂	21	15	14	15	65
K ₃	8	9	4	5	26
Totaux	82	69	56	53	260

Analyse statistique des données:

$$\text{Facteur de correction (F.C.)} = \frac{(260)^2}{48}$$

$$\text{F.C.} = 1408.33$$

$$\begin{aligned} \text{S.C Totale} &= (11)^2 + (10)^2 + \dots + (2)^2 + (5)^2 - \text{FC} \\ &= 303.67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.C répétitions} &= \frac{(88)^2 + (90)^2 + (82)^2}{16} - \text{FC} \\ &= 1.67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effet principal de N} &= \frac{(82)^2 + (69)^2 + (56)^2 + (53)^2}{12} - \text{FC} \\ &= 44.17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effet principal de K} &= \frac{91^2 + 78^2 + 65^2 + 26^2}{12} - \text{FC} \\ &= 197.17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interaction N x K} &= \frac{(31)^2 + (23)^2 + \dots \dots \dots + (4)^2 + (5)^2}{3} - \text{FC} \\ &= 138.67 \end{aligned}$$

Il n'y a donc pas d'interaction; ce qui signifie que N et K agissent séparément. Ceci est d'ailleurs confirmé par le tableau d'analyse de la variance.

Tableau XXIV : Analyse de la variance des effets de l'azote et du potassium sur le nombre de plants flétris.

Source de variations	dl	SC	CM	F calculé
Répétitions	2	1,67	0.835	
N	3	44.17	14.723	9.49
K	3	197.17	65.723	42.401
Erreur	38	60.56	1.55	
Totale	47	303.67		

Le tableau d'analyse de la variance fait ressortir les effets significatifs de l'azote et ceux hautement significatifs du potassium.

Les effets de l'azote sur la diminution de l'indice de sévérité du flétrissement ont été signalés par plusieurs chercheurs et confirmés lors des essais d'antécédents culturaux par les résultats obtenus avec le soja et le haricot.

Si nous fixons à 60 % le pourcentage moyen de plants flétris dans ce champ avant les amendements chimiques et la sélection des plançons il faut croire que les apports de chaux et de phosphore ont provoqué un abaissement de l'indice de sévérité car nous obtenons dans cet essai avec $N_2O_5K_2O$ 41,33% de flétrissement.

B. Influence des engrais sur le rendement.

Il est difficile de dissocier la lutte contre les ennemis des plantes de la rentabilité. Le flétrissement bactérien offre l'exemple le plus concret qu'on peut abaisser l'indice de sévérité d'une maladie sans pour autant augmenter le rendement. Nous le verrons avec les précédents culturaux et la culture associée. En association de cultures, la situation est moins grave pour le cultivateur qui peut se contenter de la récolte de la deuxième plante; toutefois le problème est différent si le contrôle de la maladie doit exiger des sorties de fonds pour l'achat des pesticides ou engrais chimiques non compensés par une élévation du rendement; c'est ce que nous avons voulu vérifier dans cette deuxième partie.

Le tableau XXV compile les rendements par traitement et par répétition.

Les rendements exprimés en tonnes à l'ha sont compilés pour les divers niveaux de combinaison au tableau XXVI.

Tableau XXV : Rendement en t/ha des diverses parcelles.

Parcelles	1ère Répétition t/ha	2ème Répétition t/ha	3ème Répétition t/ha	Rendement moyen t/ha
N ₀ K ₀	6.9	8.4	8.1	7.8
N ₀ K ₁	12.3	15.3	14.7	14.1
N ₀ K ₂	17.4	17.7	17.7	17.6
N ₀ K ₃	17.7	18.3	19.2	18.4
N ₁ K ₀	15.6	16.8	16.5	16.2
N ₁ K ₁	21.0	19.8	21.6	20.8
N ₁ K ₂	25.2	25.5	28.2	26.3
N ₁ K ₃	26.4	29.7	26.7	27.6
N ₂ K ₀	19.2	17.4	20.7	19.1
N ₂ K ₁	25.2	26.1	26.4	25.9
N ₂ K ₂	28.5	32.1	29.1	29.9
N ₂ K ₃	33.3	28.5	33.3	31.7
N ₃ K ₀	20.7	20.4	19.8	20.3
N ₃ K ₁	29.1	16.2	34.2	26.5
N ₃ K ₂	30.0	33.6	27.0	30.2
N ₃ K ₃	36.9	28.7	31.5	32.4
Total	365.4	354.5	374.7	364.8

Les rendements exprimés en tonnes à l'ha sont compilés pour les divers niveaux de combinaison au tableau XXVI.

Tableau XXVI : Compilation des rendements des diverses parcelles fertilisées avec l'azote et du potassium à trois niveaux.

Parcelles	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	TOTAL
K ₀	7.8	16.2	19.1	20.3	63.4
K ₁	14.1	20.8	25.9	26.5	87.3
K ₂	17.6	26.3	29.9	30.2	104.0
K ₃	18.4	27.6	31.7	32.4	110.1
Total	57.9	90.9	106.6	109.4	364.8

Analyse statistique des données:

$$F.C = \frac{(364.8)^2}{48}$$

$$= 2772.48$$

$$\text{Effet de N} = \frac{(57.9)^2 + \dots + (109.4)^2}{12} - FC$$

$$= 124.35$$

$$\text{Effet de K} = \frac{(63.4)^2 + \dots + (110.1)^2}{12} - FC$$

$$= 98.52$$

$$\text{Interaction N x K} = \frac{(7.8)^2 + (16.2)^2 + \dots + (31.8)^2 + (32.4)^2}{3} - FC$$

$$= 236.18$$

$$S.C. \text{ de l'interaction} = 236.18 - (124.35 + 98.52)$$

$$= 13,31$$

Il y a donc interaction entre l'azote et le potassium et leurs effets combinés se traduisent par une augmentation du rendement. Néanmoins si nous comparons la moyenne des résultats obtenus avec les niveaux 2 et 3 (N₂K₂ et N₃K₃ par exemple) la différence n'est pas significativement différente. Certes, l'analyse statistique n'a pas permis d'établir une corrélation entre l'azote et le potassium relativement à une diminution de l'indice de la maladie par leurs effets combinés. Les parcelles N₃K₀ avaient 24 % de plants flétris alors que N₃K₁ et N₃K₂ accusaient aussi à peu près le même pourcentage soit 20 % mais les rendements en tubercules sont significativement différents.

7.4. Influence des engrais verts et de la matière organique sur la culture de la pomme de terre.

L'enfouissement des engrais verts, selon plusieurs auteurs, ne se traduit pas nécessairement par une augmentation immédiate et significative du rendement; il est de même de la matière organique (Scott et Chambrelaud, 1963). Brown (1944) après 40 années de recherches sur les effets de dix espèces différentes de légumineuses et de graminées enfouies avant la culture de la pomme de terre ne trouvait aucune différence significative quant à leur aptitude à augmenter les rendements. Néanmoins Chuck et Steinlets (1946) constatèrent que les engrais verts à base de légumineuses accroissent le rende-

ment en tubercules tandis que ceux à base de graminées augmentent le contenu en matière organique des sols.

Les travaux que nous avons entrepris sur les effets du précédent cultural comme moyen de contrôle de la bactériose nous ont permis de constater que le soja et le haricot sont à l'origine d'une diminution de plants flétris mais le rendement total global est inférieur à celui obtenu en utilisant le maïs. Bushnell (1936) préconise l'emploi du maïs comme engrais vert à cause de son très haut rendement en matière sèche se chiffrant à 5 tonnes et demie tandis que pour le soja le rendement n'est que de deux tonnes et demie.

Au Rwanda, dans la fertilisation de la pomme de terre c'est la fumure organique qui est la plus utilisée. Elle permet aux sols de mieux retenir l'eau et les éléments nutritifs, les rend moins ouverts et moins sujets à durcir pendant les périodes de sécheresse. L'ISAR recommande l'incorporation du fumier ou compost bien décomposé à raison de 200 à 300 Kgs à l'are; ceci se fera par un léger labour avant l'égalisation du terrain. L'influence de la fumure organique est beaucoup plus marquée sur certains types des sols. En 1962 et 1973, l'ISAR Karama (1976) a procédé à des essais orientatifs de comportement dans le but de tester le potentiel productif de divers types de sol et leur réponse à la fumure organique. Deux parcelles de 50 m² chacune ont été plantées; l'une recevant 40 t/ha de fumier et l'autre a servi de témoin. Les résultats sont résumés dans le tableau XXVII.

Tableau XXVII : Effets de la fumure organique sur divers types de sols.

Sols	Saisons	Variétés	Antécédent cultural	Précipitations mm	Rendement Kgs/ha.
Colluvions de lac	62 B	Yaselster	Ouverture	461.2	4000 (T) 4200 (F)
	63 A	Star 4	Maïs-haricot	254.1	8400 (T) 7100 (F)
Colluvions de vallée sèche	62 B	Yaselster	Ouverture	461.2	9600 (T) 10600 (F)
	63 A	locale	Maïs-haricot	299.0	5800 (T) 5200 (F)
Sols argileux des unités de transition	62 B	Yaselster	Ouverture	461.2	5200 (T) 9400 (F)
	63 A	Star 4	Maïs-haricot	254.1	6300 (T) 6900 (F)
Sols de plateaux	63 A	locale	Ouverture	342.9	2010 (T)
		Star 4		254.8	2600 (F)
Argiles noires tropicales	63 A	locale	Ouverture	275.1	3400 (T)
					6800 (F)

Nagant (1976 tire à la suite de ces essais les conclusions suivantes :

- a) Sur colluvions de lacs et de vallée sèche, la fumure organique exerce une influence modérée quand elle est directe mais n'a pas d'arrière effet.
- b) Sur sols argileux des unités de transition, on peut obtenir une certaine production, l'effet de la fumure organique est bien marqué.
- c) Sur sols de plateaux, le rendement est médiocre.
- d) Sur les argiles noires tropicales, la fumure double la production.

Il importe de souligner que ces essais ont été entrepris au Bugesera où la culture de la pomme de terre n'est pas à conseiller.

8. Techniques culturales de la pomme de terre.

8.1. Place de la pomme de terre dans la rotation.

La pomme de terre se situe toujours en tête de rotation; la meilleure succession selon certains auteurs serait pomme de terre, soja, maïs, haricot, pomme de terre.

En 1979, à la Station Agronomique de l'UNR à Gihindamuyaga nous avons entrepris 2 essais qui visaient à étudier d'une part les effets de certains précédents culturaux et d'autre part l'impact de l'association des cultures sur l'indice de sévérité de la bactériose. Les cultures choisies comme précédents culturaux sont le maïs, le manioc, le soja, la patate douce, le haricot, la tomate, l'aubergine et la pomme de terre. Les associations, de type binaire, sont soja-pomme de terre, haricot-pomme de terre et maïs-pomme de terre. Les parcelles ont reçu le précédent cultural au moins une saison avant d'être emblavées en pomme de terre. La variété Utila à cause de sa sensibilité à la bactériose a été utilisée et plantée suivant un écartement de 60 x 40 cm à raison d'une semence saine et prégermée par poquet. Les dimensions des parcelles sont de 9 m x 4,20 m; au total chacune avait reçu 115 plançons. L'essai a été conduit à 3 reprises; les traitements effectués visent seulement le contrôle du mildiou par le Dithane M 45, le sarclage et le buttage.

En culture associée, le soja (Plametto) est planté en lignes continues entre 2 rangées de pomme de terre; le maïs (Bambou) 60 x 60 cm à raison de 2 graines par poquet, le haricot nain (Saxa) 40 x 20 cm à raison de 2 graines par poquet. Les parcelles, de dimensions identiques aux essais testant les effets du précédent cultural, ont été naturellement infestées par une culture de tomate provenant du Service de Semences Sélectionnées.

Les parcelles dans les deux cas ont été labourées à 2 fers de houe et égalisées afin d'assurer une certaine homogénéité du sol. Les résultats sont compilés dans le tableau XXVIII.

Tableau XXVIII: Effets de quelques précédents culturaux sur le flétrissement bactérien de la pomme de terre.

CULTURES	1 ère Répétition		2 ème Répétition		3 ème Répétition		Total Plants observés	Répartition		Pourcentage	
	S	M	S	M	S	M		S	M	S	M
MAIS	67x	47xx	79	36	92	21	342	238	104	69.59	30.41
MANIOC	41	69	63	48	68	47	336	172	164	51.19	48.81
SOJA	90	21	79	30	101	12	333	270	63	81.08	18.92
HARICOT	75	37	91	22	85	30	340	251	89	73.82	26.18
TOMATE	49	64	38	71	59	53	334	146	188	43.71	56.29
AUBERGINE	70	32	77	36	70	43	328	217	111	66.15	33.85
PATATE	60	50	54	55	70	40	329	181	145	55.92	44.08
POMME DE TERRE	82	79	26	77	31	83	338	99	239	29.28	70.82

Tableau XXIX : CALCUL DE L'HETEROGENEITE PAR LE TEST DU X²

CULTURES	PLANTS OBSERVES		PLANTS CALCULES		O - C	$X_2 = \frac{(O - C)^2}{C}$
	S	M	S	M		
Maïs	238	104	204	141	-37	16.50
MANIOC	172	164	198	138	+26	8.30
SOJA	170	63	196	137	-74	67.90
HARICOT	251	89	200	140	-51	31.57
TOMATE	146	188	197	137	+51	32.18
AUBERGINE	217	111	193	135	-24	7.24
PATATE DOUCE	184	145	193	135	+10	1.25
POMME DE TERRE	99	239	199	139	+100	122.19
TOTAL	1577	1103	1577	1103	+1	287.13

Les calculs ont été faits suivant le rapport 1.42: 1

$$X_2 = \frac{(201 - 238)^2}{201} + \frac{(141 - 104)^2}{141} = 16.50$$

Les variations des résultats étant très faibles (1.5×10^{-3}), l'hétérogénéité des données peut être considérée égale à 287.13. Pour un degré de liberté de 7, la table des X_2 aux probabilités de 5 % et de 1 % indique respectivement 10.46 et 18.475.

Il résulte donc de cet essai que les précédents culturaux suivants: mnioc, tomate, patate douce et pomme de terre sont à éliminer si on se base uniquement sur le nombre de plants flétris. Les rendements obtenus n'ont pas de corrélation avec le nombre de plants flétris; le soja et le haricot sont à l'origine d'une diminution de plants flétris mais le rendement total global est inférieur à celui obtenu en utilisant le maïs comme précédent cultural. Ces 2 légumineuses ont provoqué une croissance végétative de la pomme de terre au détriment de la tubérisation.

Le soja est très peu cultivé dans les régions de haute altitude où il est remplacé par le haricot.

Les essais entrepris à Gihindamyaga d'une association maïs-pomme de terre ont permis de constater une augmentation encore plus sensible du nombre de plants de pomme de terre flétris mais le rendement, traduit en termes de tubercules de calibre commercial, est plus élevé. Toutefois, les différences obtenues relatives au nombre de plants flétris en utilisant le maïs comme précédent cultural et comme culture associée ne sont pas significativement différentes, mais les rendements sont plus élevés dans le dernier cas; ils surpassent largement ceux obtenus avec le soja et le haricot.

(Tableau XXX).

Tableau XXX : EFFETS DE 3 CULTURES UTILISEES COMME PRECEDENT CULTURAL OU EN ASSOCIATION SUR LE "WILT" BACTERIEN ET LE RENDEMENT DE LA POMME DE TERRE.

Culture	% de plants flétris		Rendement Kg/ha	
	Précédent cultural	Association	Précédent cultural	Association
Soja	18.92	20.46	14111	16204
Haricot	26.18	29.12	13180	15188
Maïs	30.41	31.02	18214	21119

Il faut être prudent dans l'utilisation du soja et du haricot car OLSON (1976) caractérisant des souches Suédoises de P.solanacearum mentionne que le Glycine Max L) Merr, et le Phaseolus vulgaris L, sont susceptibles. Malheureusement elle ne signale pas la race ou le biotype utilisé. Nos observations faites en champs lors des essais d'association ou en utilisant ces 2 cultures après la pomme de terre n'ont pas permis de mettre en évidence cette constatation. Cependant les réticences du cultivateur rwandais à l'égard du soja jointes aux limites d'altitude de la culture, à la pratique généralisée de la culture du maïs et aux résultats économiquement plus rentables obtenus avec cette dernière culture justifient du reste l'usage de l'association maïs-pomme de terre.

L'incorporation des résidus du soja et du haricot au sol se traduisant par un enrichissement de ce dernier en azote, expliquerait cette croissance végétative de la pomme de terre et son aptitude à se défendre contre la maladie. Vers la fin du cycle végétatif de la pomme de terre il a même été constaté que certains plants flétris ont repris un développement normal, mais n'ont pas tubérisé. Dans le cas des associations, la sévérité de la bactériose était plus marquée; le sol étant moins riche en azote il y aurait un certain équilibre entre la croissance végétative et la tubérisation.

Les résultats obtenus avec le manioc, la patate douce ne sont pas surprenants; ils pourraient s'expliquer par un appauvrissement du sol affaiblissant par la suite les plants de pomme de terre. Le jaunissement du feuillage observé dans ces parcelles en est le signe le plus évident. La souche qui attaque la tomate pouvant aussi sévir sur la pomme de terre, la tomate est donc contre-indiquée comme précédent cultural de la pomme de terre; l'inverse étant aussi naturellement vraie.

L'aubergine a fourni un pourcentage de plants sains de pomme de terre plus élevé et l'analyse statistique confirme une certaine amélioration de l'état phytosanitaire par rapport à la moyenne enregistrée au pays. Cependant l'aubergine a été sévèrement flétrie; ce qui confirme la spécificité de la souche. Le facteur principal qui limite au pays la culture continue de la pomme de terre comme pratiquée en Europe, au Canada et dans certaines régions des U.S.A. est la bactériose. En 1977, l'ISAR a entrepris un essai de monoculture temporaire à Rwerere; les variétés Baku, Condea, Utila et Tondra ont été plantées

3 fois de suite. Les résultats sont regroupés dans le tableau XXXI.

Tableau XXXI : Essais de monoculture temporaire de pomme de terre à Rwerere.

Date de plantation	Rendement moyen
27/8/76	35271
3/1/77	26978
27/4/77	17773

Les rendements ont diminué de la première à la troisième saison.

La culture continue de la pomme de terre au Rwanda ne peut être possible que dans les régions de haute altitude; encore faut-il traiter comme le mildiou et choisir les dates de plantation à des périodes où les conditions climatiques seraient très peu favorables au développement du P.solanacearum. A cet égard l'essai conduit à Rwerere est assez concluant comme le confirme le tableau XXXII.

Tableau XXXII: Résultats en Kgs/ha d'un essai de monoculture temporaire de pomme de terre à Rwerere.

Superficie	1ère culture		2ème culture		3ème culture		Total Kgs/ha
	Var.	Kg/ha	Var.				
A(74,40 m ²)	Utila	36613	Condea	45505	Utila	37564	20682
B(86,40 m ²)	Utila	36613	Star 4	15278	Utila	37564	89455
C(118,32 m ²)	Utila	36613	Tondra	27045	Utila	37564	101222
Moyenne (Kgs/ha)		36613		28590		37564	102767

Les rendements ont très peu varié.

8.2. Epoques de plantation de la pomme de terre au Rwanda.

Les dates d'établissement des plantations sont conditionnées par l'altitude, la pluviométrie, l'époque d'apparition des pucerons, les possibilités de contrôle du mildiou et de l'alternatiöse. En retenant l'ensemble de ces facteurs CAMBERMAN préconise le respect des normes suivantes :

A. Cultures établies en collines

1. Zones de haute altitude sans saison sèche marquée
 - a) possibilités de traiter les parcelles contre le mildiou et l'alternariose; la culture est possible durant toute l'année.
 - b) impossibilités de traiter contre le mildiou et l'alternariose: les plantations devaient être établies début décembre et début mai.
2. Zones de haute altitude avec saison sèche marquée
 - a) possibilités de traiter les parcelles contre le mildiou et l'alternariose: fin août à fin avril
 - b) impossibilités de traiter contre le mildiou et l'alternariose: fin novembre et fin avril
3. Zones d'altitude moyenne
 - a) possibilités de traiter les parcelles contre le mildiou et l'alternariose: septembre et février
 - b) impossibilités de traiter le mildiou et l'alternariose: septembre et avril.

B. Cultures établies en marais:

Les plantations pourront être établies en septembre, fin novembre et fin mai.

8.3. Préparation du terrain.

Le sol destiné à la culture de la pomme de terre sera labouré profondément, à 2 fers de houe correspondant à 30 cm. Au moment du labour, il faut procéder à l'enfouissement des engrais et du fumier.

Les plantations peuvent se faire à plat, sur billons ou sur de petites buttes; ces 2 dernières pratiques assez répandues chez les cultivateurs peuvent se révéler dangereuses surtout si les sols sont fortement infestés de P. solanacearum car la bactérie vit surtout dans les 45 premiers centimètres. Sur sols sains ou très peu infestés, de bonne structure, profonds et assez perméables il est difficile de dégager une différence significative entre ces modes de plantation.

Le PNAP (1980) a entrepris à Ruhengeri, deux essais en vue de déterminer les dimensions optimales des billons pour la culture de la pomme de terre. Les traitements ont été les suivants :

- billons de 2 m avec 3 lignes de pomme de terre et 30 cm entre les plants
- billons de 1,33 m avec 2 lignes de pomme de terre et 30 cm entre les plants
- billons de 1,33 m avec 2 lignes de pomme de terre et 30 cm entre les plants
- billons de 67 cm avec 1 ligne de pomme de terre et 30 cm entre les plants
- culture à plat suivant un écartement de 67 x 30 cm.

Les résultats groupés dans le tableau XXXIII montrent bien que si l'on ne tient pas compte du coût de la main-d'oeuvre, les effets ne sont pas différents.

Tableau XXXIII: Effets de la culture sur billons, sur buttes et à plat sur le rendement (t/ha) de la pomme de terre à Ruhengeri.

Traitements	Rendement (t/hectare)		Moyenne
	1980 A	1980 B	
Billons de 2 m	18,7	20,7	19,7
Billons de 1,33	19,7	21,3	20,5
Billons de 67 cm	17,9	18,2	18,1
Culture à plat	21,5	18,6	20,1

8.4. Préparation et qualité de la semence

La pomme de terre se caractérise par une période de dormance variable avec les variétés pouvant durer 45 à 150 jours. Il faut, en principe, attendre que les tubercules soient "réveillés" c'est-à-dire émettre des germes d'au moins 4 cm de longueur avant de les planter. Cette caractéristique physiologique constitue cependant un handicap sérieux dans la réalisation de deux à 3 récoltes par an; il faut en outre ajouter que les variétés assez productives comme la Sangema manifestent une période de dormance assez longue. Certains produits chimiques dont la RINDITE, composée de monochlorhydrine de glycol(63%),

de dichloréthylène (27 %) et de tétrachlorure de carbone (9 %) suppriment cette dormance et permettent tubercules de rentrer plus rapidement en "incubation". Il s'agit de soumettre les tubercules pendant 48 heures à l'action des vapeurs de ce produit dans des récipients clos. La Gibbereline est employée en trempage de tubercules déjà germés (2,5 à 5 ppm) en vue de permettre le développement d'un plus grand nombre de bourgeons.

Les cultivateurs utilisent des fosses empaillées et ou des cendres humides dans le but de "réveiller" les tubercules. Cette méthode s'est d'ailleurs révélée assez efficace comme le confirme l'essai suivant réalisé par le PNAP (1980) comparant les effets de la RINDITE à ceux des fosses relativement au pourcentage de tubercules germés. Les résultats sont résumés dans le tableau XXXIV.

Tableau XXXIV : Influence de la RINDITE et de la fosse empaillée sur la dormance de 4 variétés de pomme de terre (% de tubercules germés)

Variétés	RINDITE			FOSSE EMPAILLEE		
	Nombre de jours après le traitement					
	17	30	41	17	30	41
Atsimba	-	-	-	80	100	100
Montsama	-	-	-	20	100	100
Sangema	50	80	100	0	100	100
Condea	0	20	50	0	40	70

L'utilisation des tubercules entiers ou sectionnés est une pratique assez controversée; on attribue particulièrement au sectionnement des plançons une augmentation sensible du pourcentage de tubercules pourris. Cependant les difficultés de se pourvoir en semences surtout prégermées aux époques des plantations rendent cette pratique assez répandue et même inévitable. Certains auteurs pensent que le sectionnement des gros tubercules est justifiable et n'a aucun effet sur la production. Le PNAP a mis au point 2 essais visant à déterminer le calibre agronomiquement et économiquement optimal pour la production et l'influence du sectionnement sur la production des semences de la variété SANGEMA ont été réparties en 5 lots :

1. semences de 35 mm de diamètre
2. semences de diamètre compris entre 35 à 50 mm
3. semences de diamètre compris entre 50 à 70 mm
4. semences de diamètre compris entre 50 à 70 mm coupées en 2
5. semences de 70 mm de diamètre coupées en 2.

Les semences ont été plantées le jour du sectionnement sur des parcelles de 12 x 3 m suivant un écartement de 75 x 30 cm et avec 3 répétitions. 500 kgs à l'hectare d'un engrais complet 15-15-15 ont été appliqués. Les résultats sont indiqués dans le tableau XXXV et résumant les données pour les 3 répétitions.

Tableau XXXV: Effets de l'influence du calibre et du sectionnement des semences de pomme de terre sur le rendement.

Traitements Calibre	Plaçons (T/ha)	% de pourri- ture	Nombre de tiges par plante	Nombre de tubercules par plante	Rendement par plant	Rendement total (t/ha)	Rendement/T de semences plantées
35 mm	2.2	4	1.5	6.0	0,46	18.3	8.3
35-50 mm	2.5	1	2.1	7.1	0.55	22.8	9.1
50-70 mm coupées	2.9	26	4.1	9.8	0.64	19.3	6.7
70 mm coupées	5.6	46	2.5	8.5	0.76	17.1	3.1

Les principales conclusions et recommandations découlant de cet essai sont les suivantes :

- a) le pourcentage de tubercules pourris est significativement élevé avec le sectionnement des semences
- b) le nombre de tiges augmente avec le calibre
- c) le rendement le plus élevé s'obtient à partir de semences de diamètre compris entre 50 - 70 mm; cependant si on tient compte du poids total des semences à utiliser qui est presque le double de celles ayant un calibre inférieur à 50 mm il s'avère économiquement non rentable de les employer.

A la Station MAMBA de la Faculté d'Agronomie de l'U.N.R. nous avons constaté que le calibre des semences a très peu d'effets sur le rendement et sur le calibre des tubercules récoltés. Une densité de 2 à 3 tonnes de semences à l'hectare permet d'obtenir un rendement optimal.

En conclusion pour la culture de la pomme de terre, il faut utiliser des semences prégermées de calibre variant entre 35-50 mm. Elles ne doivent pas être trop jeunes ni trop vieilles. Dans le premier cas, elle émerge assez tardivement et de manière hétérogène produisant une seule tige par tubercule et en conséquence un rendement faible. Une semence trop vieille ou sénile n'émerge pas ou lève assez rapidement fournissant de nombreuses tiges frêles qui produisent beaucoup de tubercules mais assez petits.

Des essais ont été conduits à Kinigi (1981 A) avec la variété CONDEA en vue de comparer les 3 méthodes: sur billons de 2 m(1), culture à plat avec buttage ultérieur(2) et culture à plat avec buttage immédiat(3). Le tableau XXXVI compile les résultats obtenus en termes de qualité de semences, de main-d'oeuvre et de rendement. Le tableau XXXVII fait une analyse économique des données obtenues.

Tableau XXXVI : Tableau des résultats des trois systèmes.

Trai- tement	Semences (kgs)	Labour	Plant. Appl. engr.	Intre- tiens	Récolte	Total	Poids/ Plant (kg)	Calibre des tu- bercules (gr)	Rdt/ha (t)	% Perte terrain	Engrais (Kg)	Fongicides (Kg)
1	181.5	5.5	4	12.2	18.7	40.4	0.697	37	16.8	29	56	2.3
2	216.5	6.9	5.3	14.4	14	41.1	0.504	45	13.9	14	83	3.2
3	238.5	3.2	7.3	14.2	12	41	0.543	37.5	16.6	14	83	3.2
x	212	6.8	5.6	13.6	14.9	40.9	0.581	39.5	15.7	19	74	2.9

Tableau XXXVII: Analyse économique.

Traite- ment	PRIX		Engrais	Fongicides	Coût Total	Valeur de la Récolte	Profit	% Témoin	Classement
	1 semence	2 Main d' œuvre							
1	2723	4040	3360	1380	11503	26960	15457	191 %	1
2	3248	4110	4980	1920	14238	22340	8032	100	3
3	3578	4170	4980	1920	14648	26600	11952	148	2
NORME	15 Fr/Kg	100 Fr/Kg	60 Fr/Kg	600 Fr/Kg	1+2+3+4	10 Fr/Kg	6-5	Témoin = Trait 2.	-

L'analyse de ces 2 tableaux permet de dégager les faits suivants :

a) Le système de culture sur billons consomme moins de semences et de produits (fongicides, engrais...) par suite à une perte de terrain due aux espaces interbillons.

b) La main d'oeuvre totale est du même ordre pour les trois systèmes. Cependant le système de culture sur billons exige beaucoup plus de main d'oeuvre pour la récolte. Ceci est peut-être une conséquence de la mauvaise préparation du terrain, laquelle entraîne la croissance de mauvaises herbes qui rendent difficile la récolte.

c) Malgré la perte de terrain chiffrée à 29 %, le système de culture sur billon donne des rendements égaux à ceux obtenus avec le système de culture à plat avec buttage immédiat et les deux sont nettement supérieurs au système de plantation à plat avec buttage ultérieur.

d) L'analyse économique prouve la supériorité du système de culture sur billon qui dégage une plus grande marge de profit.

e) Il reste alors à étudier à fond ces systèmes avec des variétés productives telles que la Sangema et à faire des parcelles plus petites pour éviter les problèmes d'hétérogénéité du terrain. Pour ce faire, il importe de séparer les observations de main d'oeuvre des observations agronomiques (PNAP, 1981).

8.5. Profondeur du semis.

Il existe très peu de travaux relatifs aux effets de la profondeur du semis sur le rendement de la pomme de terre. En 1977 A, à Gihindamyaga (Station Agronomique UNR) nous avons constaté que l'enfouissement à une profondeur excédant 15 cm provoquait une augmentation sensible de manquants, un retard dans la germination et qu'en outre le rendement total accusait un nombre élevé de petits tubercules. L'ISAR préconise une profondeur de semis variant entre 8 à 10 cm.

8.6. Entretiens.

15 jours après la levée, il faut procéder au premier sarclage. Lorsque les plants auront atteint 20 à 35 cm de haut, un deuxième sarclage sera alors nécessaire. Il sera accompagné du buttage lequel vise à augmenter l'enracinement et à faciliter la croissance des stolons qui débute généralement un mois environ après le semis. Le buttage doit être assez fort et peut même recouvrir l'étage inférieur des feuilles; néanmoins dans les sols fortement infestés par P.solanacearum il faut se garder de butter plusieurs fois car, nous l'avons déjà souligné, la bactérie vivant dans les 45 premiers centimètres du sol, cette pratique pourrait augmenter l'indice de sévérité de la maladie. Les plants flétris doivent être arrachés et incinérés. Il faut éviter des passages trop fréquents dans les parcelles et de transporter dans un récipient qui laisse tomber la terre entourant les plants malades.

Par ailleurs dans les régions où le mildiou et l'alternariose font des dégâts importants, un mois après la levée et suivant un cycle de 10 jours s'achevant au dessèchement des feuilles une pulvérisation de fongicides est nécessaire.

Si les conditions climatiques favorisent les attaques des pucerons, il faut pulvériser à l'aide d'insecticides appropriés.

8.7. Récolte.

Les signes évidents de maturité se reconnaissent par le jaunissement et le dessèchement des feuilles qui surviennent 3 semaines après le défanage des tiges. A ce stade l'épiderme du tubercule est ferme et ne se soulève pas par frottement du doigt.

La récolte se fera en temps ensoleillé, et le sol, préférablement devait être légèrement humide. Les tubercules seront manipulés avec soin.

8.8. Consevation

Les techniques de conservation de la pomme de terre au pays sont assez rudimentaires: greniers en bambou généralement à même le sol, mal ventilés, mal couverts. L'eau ruisselle à travers le bas-fond, l'humidité et la chaleur qui s'y accumulent, s'évacuent difficilement entraînant la pourriture des tubercules et altèrent leur valeur marchande et culinaire. Pour remédier à cette

Les données ci-dessus énumérées découlent des observations faites à Gihindamuyaga.

Densité de plantation	: 2000 kgs/ha
Prix des plançons	: 2000 x 10 FRW = 20.000 FRW
Temps de travail	: 325 HJ
Prix en colline	: 325 x 70 FRW = 22.750 FRW
Prix officiel	: 325 x 100 FRW = 32.500 FRW
Coût total	:
en colline	: 20.000 FRW + 22.750 FRW = 42.750 FRW
officiel	: 20.000 FRW + 32.500 FRW = 52.750 FRW

Production moyenne en

- a) haute altitude (2000 m) : 8000 kgs/ha
- b) moyenne altitude (1750m): 4500 kgs/ha
- c) basse altitude (1500 m) : 3000 kgs/ha

Prix de revient d'un kilo de pomme de terre - Coût en colline

- a) haute altitude : 5,34 FRW
- b) moyenne altitude : 9,5 FRW
- c) basse altitude : 14,25 FRW

Prix de revient d'un kilo de pomme de terre - Coût officiel

- a) haute altitude : 6,59 FRW
- b) moyenne altitude : 11,7 FRW
- c) basse altitude : 17,5 FRW

La culture de la pomme de terre, en dépit des rendements faibles obtenus est donc rentable surtout dans les régions de haute altitude. En moyenne et basse altitude, il faut augmenter le rendement par unité de surface en améliorant les techniques culturales, la pratique généralisée de la fumure organique et si possible chimique mais surtout l'utilisation de semences saines de variétés adaptées et résistantes à la bactériose.

9. Maladies et insectes nuisibles de la pomme de terre.

Ce chapitre suivra le plan développé par BUYCKX (1962) subdivisant les dégâts en 2 groupes: ceux occasionnés aux diverses parties du plant et ceux sévissant sur les tubercules pendant la conservation.

L'augmentation du rendement n'est possible que par le respect de certaines règles développées dans les chapitres précédents et que nous résumons :

- 1° placer la plante dans les conditions les plus propices à son développement en utilisant des variétés adaptées
- 2° respecter les dates de plantation pour les diverses régions du pays
- 3° utiliser des variétés résistantes. Il n'existe pas de variétés résistantes à toutes les maladies mais quelques-unes s'avèrent plus sensibles que d'autres à certains parasites.
- 4° traiter les semences. De nombreuses maladies comme les galles commune et poudreuse, la pourriture sèche fusarienne, la rhizoctonie sont dues à des parasites qui sont véhiculés par les tubercules et dont certains peuvent être efficacement combattus par une désinfection préventive.
- 5° appliquer des mesures sanitaires dans les plantations. Immédiatement après la récolte, il faut ramasser et brûler fanes et tubercules indésirables et si possible traiter ou arracher les plants malades.
- 6° utiliser des semences de calibre convenable et prégermées
- 7° veiller au bon entreposage des tubercules destinés à être utilisés comme semences. Ils doivent être parfaitement mûrs, exempts d'écorchures, de coupures et de meurtrissures.

9.1. Maladies des plants.

9.1.1. Troubles physiologiques.

1. Déficience en magnésium.

Elle survient en sols acides ainsi que dans des sols trop fortement chaulés et se caractérise par une décoloration des feuilles. Les premières à être attaquées sont celles de la base qui sont d'un vert pâle.

Le développement des symptômes est très caractéristique: la décoloration commence au pourtour des feuilles, se répand graduellement entre les nervures jusqu'au centre des folioles. Il est difficile de confondre les effets de la carence en magnésium par les signes de maturité de la pomme de terre lesquels se traduisent aussi par un dessèchement des feuilles; dans le premier cas les feuilles sont cassantes et le plant entier devient jaune et rabougri.

La protection sera surtout préventive; elle consiste à appliquer aux sols déficients un engrais contenant 1% d'oxyde de magnésium (MgO).

2. Toxicité en manganèse ou nécrose panachée de la tige.

Les plantations établies sur sols fortement acides souffrent généralement d'une trop grande disponibilité du manganèse laquelle se traduit par l'apparition de mouchetures noires sur les tiges et les pétioles du plant. A un stade avancé, elles se transforment en longues rayures ou en plages noires de tissu mort; les pétioles deviennent cassants et tombent facilement.

Certaines variétés peuvent assez bien supporter la toxicité manganésienne qu'on corrige par un chaulage approprié.

3. Déficience en azote.

Elle se caractérise par un ralentissement de la croissance, une coloration vert pâle du feuillage accompagnée d'un recroquevillement vers le haut et une baisse sensible du rendement.

4. Déficience en phosphore.

Elle se manifeste surtout par un faible développement végétatif, un retard dans la maturité et une production faible. A la cuisson, les tubercules restent durs et noircissent.

5. Déficience en potassium

La déficience en potassium se caractérise par des entre-noeuds courts et par la coloration vert foncé des feuilles qui vire au jaune à un stade plus avancé. Les feuilles inférieures se nécrosent, meurent, en laissant une touffe de jeunes feuilles vert foncé.

6. Sécheresse

Le manque d'eau durant les périodes de saison sèche prolongée et sur des sols à faible pouvoir de rétention surtout au stade de tubérisation provoque le flétrissement des plants.

9.1.2. La jambe noire (Erwina atroseptica Var Hall. Jen)

Cette maladie est d'importance secondaire au pays et ne s'observe que très rarement et seulement au cours de la grande saison des pluies. Elle doit son nom à la couleur d'encre noire de la tige juste au-dessus de la ligne du sol. Elle se caractérise en outre par un jaunissement du feuillage basal tandis que les feuilles apicales se redressent et s'enroulent. Elle cause le flétrissement de la plante à cause de la pourriture du collet qui se propage aux racines et même aux tubercules qui dégagent une odeur putride.

Dans les champs infestés il faut éviter des plantations continues de pomme de terre et veiller surtout au choix des semences.

9.1.3. Flétrissure fusarienne (Fusarium oxysporum Slecht).

Le flétrissement fusarien se manifeste surtout dans les sols humides et a pour conséquence la pourriture de la partie souterraine de la tige. Sur sols secs ou bien drainés la maladie se développe plus lentement mais la coloration jaune doré de la tige et des tubercules est plus marquée. A un stade avancé de la maladie les feuilles se recroquevillent, prennent une coloration violette et l'aspect d'une rosette.

Le flétrissement fusarien peut être combattu par traitement préventif des semences et les respect d'une bonne rotation.

9.1.4. Flétrissure verticillienne (Verticillium albo-atrum Reinte et Berth)

La maladie survient généralement vers l'époque de la floraison et se caractérise par la décoloration des feuilles de base allant du jaune au brun, puis le flétrissement et le rabougrissement des plants.

La verticilliose de la pomme de terre se propage par les plançons ou par le sol préalablement contaminé et peut occasionner des chutes de rendement de 20 à 25 %.

Une bonne rotation, des sols bien fumés, le traitement préventif des semences sont les meilleurs moyens de contrôler la maladie.

9.1.5. Flétrissement bactérien (Pseudomonas solanacearum E.F. Smith)

Le flétrissement bactérien provoqué par P.solanacearum apparaît souvent avant la floraison et affecte les feuilles supérieures surtout aux heures chaudes de la journée. Il peut se limiter à un rameau isolé ou s'étendre au plant entier. Dans certaines plantations, en fonction du potentiel d'infection des sols concernés, le flétrissement peut être brusque sans qu'on ait observé le jaunissement des feuilles. Dans les dernières phases de l'évolution de la maladie les tiges se dessèchent. En coupe, les vaisseaux des organes infectés (tiges et tubercules) brunissent. Sectionnée à 15 cm du sol, une tige malade plongée dans un récipient rempli d'eau exude une sécrétion muqueuse, gris blanchâtre où abondent des bactéries.

L'étude épidémiologique de la maladie révèle les faits suivants :

1. Le matériel de plantation (semences et tubercules) peut constituer un agent de dissémination. Des nématodes, des insectes, des champignons et certaines bactéries exercent un effet indirect sur la sévérité des dégâts occasionnés par le P.solanacearum et peuvent, dans certains cas, contribuer aussi à inhiber la croissance de certaines souches de P.solanacearum.
2. La propagation du P.solanacearum peut se faire aussi d'une plante malade à une plante saine par l'intermédiaire des racines; cependant les dégâts varient avec les espèces végétales associées.
3. L'optimum de température de l'air varie avec les races et les souches de P.solanacearum et oscille entre 25° à 35° C. L'optimum de température du sol se situe vers 21° C et le minimum correspond à 15° C.
4. L'humidité du sol provoque l'apparition plus rapide des symptômes de flétrissement et contribue à une aggravation des dégâts. Le flétrissement bactérien se manifeste tant dans les sols humides que dans les sols secs et bien drainés.
5. Certains types de sols manifestent une réceptivité plus élevée que d'autres. Dans les sols ferrallitiques, on peut trouver jusqu'à 5 unités infectieuses par 100 g de terre, en vertisol sur substrat volcanique 1 unité tandis qu'en vertisol sur substrat calcaire on ne décèle aucune unité infectieuse.

6. Les sols bien pourvus en potassium et en azote manifestent un haut niveau de résistance au P. solanacearum.

7. Des dégâts assez significatifs s'observent tant dans des champs nouvellement défrichés que dans les sols déjà exploités. Les précédents culturaux exercent une influence sur la sévérité du flétrissement bactérien.

La bactériose non seulement rend économiquement peu rentable la culture de la pomme de terre dans les régions de moyenne altitude mais menace aussi cette culture dans les zones volcaniques où l'altitude est supérieure à 1900 m. A la station ISAR de Rwerere par exemple, où l'altitude est de 2312 m, 20 variétés ont été observées pendant 2 saisons de cultures. Les résultats sont compilés dans le Tableau XXXVIII.

Tableau XXXVIII. Indice comparé de la bactériose de la pomme de terre au mildiou.

Variétés	% moyen de bactériose 1975 A et 1975 B #	% moyen du mildiou xxx	
		sans traitement	xxx avec traitement
Buhita	22	2	0
Sangema	15	0 - 1	0
X 25	15	5	2
Nascor	13	3	1
Toundra	15	4	2
Condea	17	2	1
Saphir	15	2	2
Procura	17	2	0
Star 4	15	3	2
Malirahinda	20	2	0
Arka	21	2	0
Nathalie	15	5	1
Juanita	15	2	1
Atsimba	19	1	0
Ackersegen	17	3	1
Bahu	10	2	0
Utila	28	3	0
Nervia	17	3	1
Montsama	11	3	1

1975 A: première saison de culture (début décembre-fin février)

1975 P: deuxième saison de culture (début mai -fin juillet)

~~xxx~~ : Les pourcentages sont calculés sur base de nombre de plants
attaqués et du nombre de plants repris.

~~xxxx~~ : Le traitement effectué consiste en une application du Dithane
M 45.

9.1.5.1. Conséquence du flétrissement bactérien sur la production.

L'étude de l'importance des dégâts de la bactériose en moyenne altitude met en évidence les points suivants :

- 1° Les plants affectés au cours du premier mois de plantation ne fournissent généralement aucun rendement. Dans le cas de cultures continues (absence de rotation) 70 % des plants sont atteints dès le premier mois; il en résulte une production quasiment nulle.
- 2° La production des plants infestés au-delà du premier mois est variable. Il faut estimer une perte de 40 à 50 % par plant atteint. Cette constatation permet de calculer les valeurs théoriques de la perte de la production globale. Pour un rendement moyen théorique de 12 tonnes à l'hectare, des pertes en champ de 3 à 5 tonnes sont courantes.
- 3° Les pertes enregistrées au triage avant le stockage représentent 10 à 15 % de la production récoltée. Le produit vendable descend à 7 tonnes/ha.
- 4° Si le cultivateur devait conserver la pomme de terre, après 6 mois 10 à 15 % de ce qu'il lui reste après le triage serait perdu. Le produit final commercialisable varierait entre 6 à 6,3 t./ha.

Au niveau national, les pertes globales moyennes dépassent largement 40 %. Si la bactériose était totalement contrôlée la production actuelle estimée à 218.703 tonnes serait de 306.184 t. Si nous évaluons moyennement les frais de production à 7,5 FRW/kg, cette culture rapporterait ainsi aux cultivateurs et au niveau national plus de 500 millions de francs rwandais par an. Aucun traitement curatif n'étant actuellement connu, la lutte actuelle ne peut être que préventive et ne vise en champ qu'à limiter les dégâts par l'arrachage et l'incinération des plants atteints surtout les trente premiers jours qui suivent la levée des plançons. Il est du reste malaisé de déceler tous les plants atteints après la récolte, à moins que le cultivateur ne soit sensibilisé et qu'il les ait identifiés au cours du développement de la culture. Pendant la conservation, le cultivateur pourrait continuer le triage,

mais cette opération visuelle axée sur l'état phytosanitaire des tubercules n'offre aucune certitude dans l'élimination des plançons malades; il en résulte qu'à la plantation nouvelle, il y a une plus grande propagation de la maladie.

9.1.5.2. Moyens de contrôle du flétrissement bactérien dû au P. solanacearum.

Aucune méthode de lutte vraiment efficace n'a encore été mise au point permettant de combattre le P. Solanacearum. Il faut imputer cette carence à la complexité du pathogène, à la diversité et à la spécificité des souches tant aux plantes attaquées qu'aux milieux. Les diverses approches faites dans le but de contrôler la maladie, transposées dans d'autres pays et dans un même pays à d'autres régions se sont révélées impuissantes. Passons-les en revue.

1. Utilisation de variétés résistantes.

En distribuant et en plantant des tubercules infectés, les services de vulgarisation et les cultivateurs ont contribué à un accroissement logarithmique tant des aires parasitées que de l'indice de sévérité de la maladie.

Les variétés de pomme de terre qui étaient diffusées dans certains pays jusqu'à une date récente provenaient des pays européens où la résistance au P. solanacearum ne représentait pas un critère de sélection.

De nos jours le recours aux variétés résistantes s'est révélé comme pilier de la lutte contre P. solanacearum.

VECKEMANS (1962) mentionne quelques variétés de pomme de terre résistantes à la bactérie: Up to date, Ackersegen, Bintje, Wilpo, Gineke et Herr's Picek. GARCIA (1976) rapporte la variété Red Pontiac de l'Uruguay dont le niveau de résistance est élevé.

L'emploi de tubercules sains est une pratique courante aux U.S.A. et en Inde où les plançons proviennent de régions froides où le P. solanacearum n'existe pas. Dans les régions tropicales il est difficile dans la plupart des cas de trouver de tels écosystèmes et d'un autre côté l'introduction du matériel de multiplication est assez dispendieuse.

Nous avons déterminé la résistance horizontale de 24 cultivars par inoculation en serre de 3 souches isolées au pays et la résistance en champs artificiellement inoculés de 10 de ces 24 cultivars.

Les résultats sont compilés dans les tableaux XXXIX et XL.

Tableau XXXIX : Détermination de la résistance horizontale de 24 variétés de pomme de terre.

Variétés	RTBA	RPHA	RPBA	Résistance horizontale
Arka	0.200	0.450	0.175	0.275
Saphir	0.225	0.550	0.175	0.316
Malirahinda	0.600	0.725	0.575	0.633
Nathalie	0.300	0.525	0.350	0.391
Star	0.400	0.425	0.350	0.391
Buhita	0.650	0.575	0.700	0.641
Procura	0.250	0.525	0.300	0.358
Toundra	0.325	0.550	0.350	0.408
Ougandaise	0.200	0.725	0.275	0.400
Nervia	0.250	0.575	0.325	0.383
Juanita	0.550	0.600	0.500	0.550
Atsimba	0.625	0.650	0.525	0.600
Nascor	0.750	0.850	0.725	0.775
X 45	0.650	0.725	0.550	0.641
Sangema	0.825	0.875	0.800	0.883
Montsama	0.850	0.650	0.750	0.750
Condea	0.475	0.625	0.500	0.533
Ackersegen	0.925	0.875	0.850	0.883
Baku	0.825	0.925	0.875	0.815
Utila	0.300	0.400	0.075	0.258
Mariline	0.925	0.675	0.975	0.858
Gisèle	0.900	0.625	0.925	0.833
Y 10	0.975	0.700	0.925	0.866
Rougeor	0.950	0.775	0.925	0.883

RTBA : souche isolée de la tomate en régions de basse altitude

RPHA : souche isolée de la pomme de terre en régions de haute altitude

RPBA : souche isolée de la pomme de terre en régions de basse altitude.



Pour calculer la résistance en champ des variétés, nous avons utilisé la méthode de ROBINSON (1968) basée sur le facteur de multiplication (MF) d'une variété d'une saison à l'autre.

Le flétrissement bactérien cause des dommages tant aux plants qu'aux tubercules. En tenant compte uniquement que du nombre de plants flétris et sains (comme c'est le cas en serre) on ne parvient pas, dans le cas du flétrissement bactérien par P. solanacearum, d'avoir une idée assez précise du niveau de résistance de la variété. En effet, la maladie affecte non seulement les plants mais aussi les tubercules.

En outre certains plants flétris peuvent produire dans certains cas beaucoup plus de tubercules que certains plants sains. Cependant, la saison suivante, les tubercules provenant de ces plants malades produisent des plants fortement atteints par la maladie. Il importe donc dans l'étude du niveau de résistance d'une variété de considérer les tubercules et de porter cette étude sur plusieurs saisons successives en utilisant toujours des tubercules produits la saison précédente.

Un autre facteur dont nous avons tenu compte est le nombre de tubercules perdus lors de la conservation.

Pour illustrer cette méthode, considérons la variété ACKERSEGEN (voir tableau XL) qui à partir de 100 tubercules sains et de 40 tubercules malades a produit respectivement 210 et 51 tubercules. Lors de la conservation les pertes ont été de 12 et de 11 respectivement. Le MF sera de

$$\frac{(210 - 12)}{140} + \frac{(51 - 11)}{140} = \frac{198}{140} + \frac{40}{140} = \frac{238}{140} = 1,7$$

Le MF étant supérieur à 1, la variété est considérée résistante.

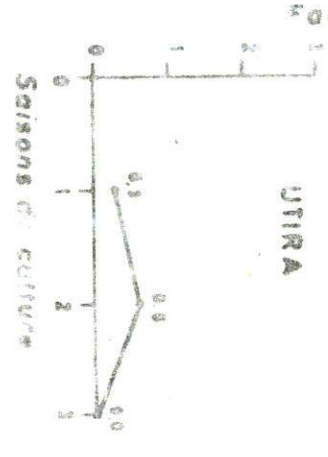
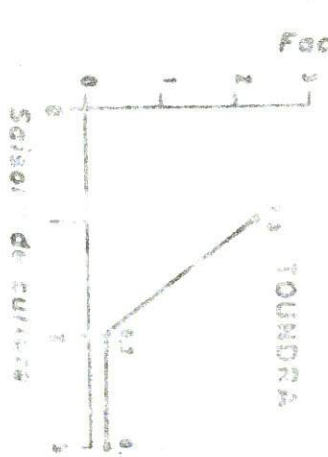
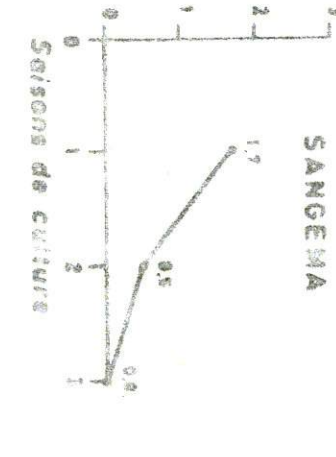
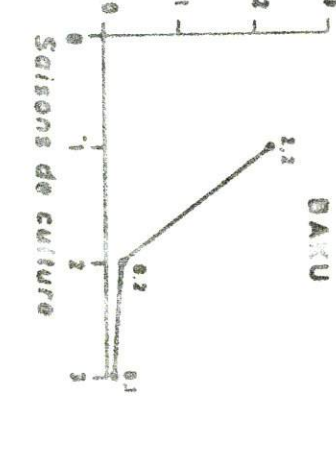
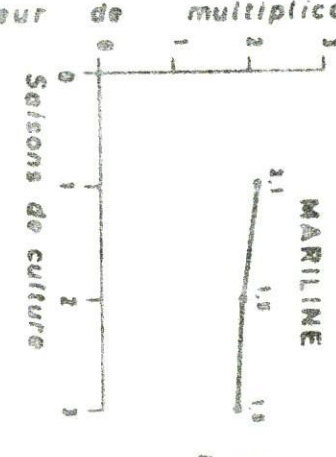
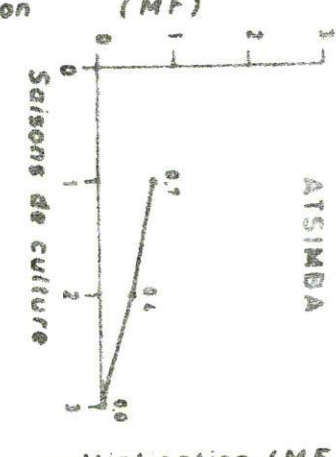
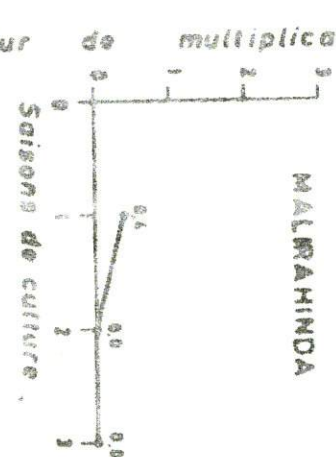
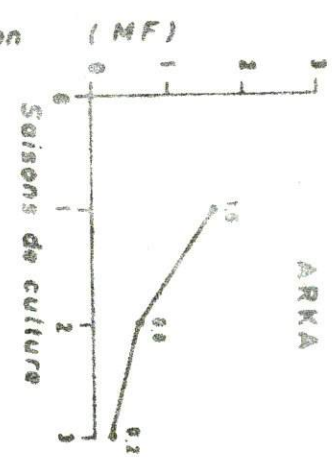
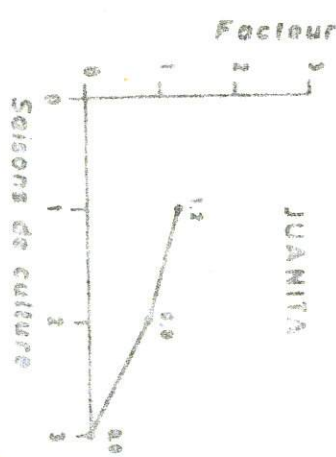
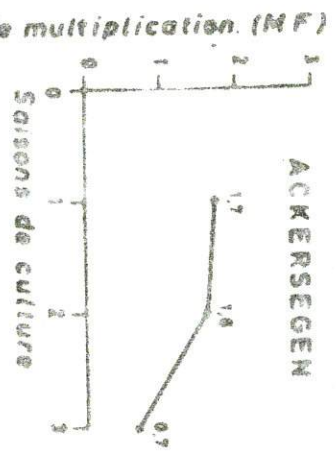
Tableau XL : Calcul du MF des 10 variétés expérimentées.

Variété	Nombre		Total des tubercules								
			1 ère saison			2 ème saison			3 ème saison		
	TS	TM	TS	TM	MF	TS	TM	MF	TS	TM	MF
Ackersegen	100	40	193	40	1.7	314	69	1.6	280	6	0.7
Arka	100	40	115	110	1.6	108	43	0.6	32	2	0.2
Atsimba	100	40	101	6	0.7	51	1	0.4	2	1	0.0
Baku	100	40	180	139	2.2	41	54	0.2	12	3	0.1
Juanita	100	40	51	130	1.2	33	112	0.8	14	0	0.0
Malirahinda	100	40	46	11	0.4	6	0	0.1	-	-	-
Marilino	100	40	258	36	2.1	560	17	1.9	1031	39	1.8
Sangema	100	40	31	217	1.7	108	29	0.5	6	5	0.0
Toundra	100	40	235	87	2.3	89	0	0.2	10	8	0.2
Utila	100	40	18	35	0.3	6	26	0.6	1	-	0.0

Légende = TS : Tubercules sains
 TM : Tubercules malades
 MF : Facteur de multiplication.

Il importe de dégager la grande différence qui existe entre un plant flétri et un plant improductif. Certes, certains plants infectés, comparés à d'autres plants sains, accusent généralement un rendement faible, dérisoire, même nul, mais on ne peut affirmer qu'un plant "wilté" ne produit pas. Le stade auquel le plant a été attaqué influe sur la productivité. La détermination de la résistance au champ permet d'apprécier le niveau de résistance dans le temps chez une variété. Cette évaluation est intéressante surtout pour une station productrice de plants et doit être entreprise pour chaque cultivar nouvellement introduit ou créé. Une autre donnée importante qui découle de nos observations est la possibilité d'utiliser une variété susceptible de manifester un niveau élevé de résistance à la première saison, justifiant ainsi la pratique de la rotation; Baku, Toundra, Ackergesen en sont des exemples. Ces variétés fournissent dans nos expériences un rendement moyen à l'hectare qui est respectivement de 23 295, 27 045, 25 217 kgs.

VARIATIONS DANS LE TEMPS DE LA RESISTANCE DES DIX VARIETES EXPERIMENTEES



A la fin de la première saison, Toundra et Baku accusent un niveau de résistance plus élevé que les autres mais s'écroulent brutalement par la suite. Ackersegen, à l'opposé de ces deux dernières, paraît pouvoir supporter facilement 2 saisons culturales successives. Mariline, sur la base du niveau de résistance, est la variété idéale mais elle fournit un rendement faible (14330 kgs/ha) et des tubercules de petit calibre. Le pourcentage de pertes lors de la conservation varie d'une variété à l'autre.

Il est donc important de tenir pour chaque variété un profil détaillé et assez complet de son comportement en champs qui inclurait le rendement, la résistance dans le temps et le calibre des tubercules produits. Les introductions faites par le PNAP en vue de sélectionner des variétés résistantes à la bactériose et au mildiou ont permis d'obtenir en station au moins 11 clones lesquels doivent confirmer leur performance lors des essais comparatifs multilocaux qui ont déjà débuté dans les préfectures de Gikongoro (Commune Kivu), à Butare (ETAB), à Ruhengeri (Kinigi et Ruhengeri). Le tableau XLI donne la liste des clones retenus en station sur base d'un degré d'attaque de P. solanacearum inférieur à 30 % et de P. infestans inférieur à 5.

Tableau XLI : Clones relativement résistants tant au mildiou qu'à la bactériose

Clones	Ruhengeri		Rwerere	
	Score Mildiou en pourcentage	Score Bactériose en pourcentage	Score Mildiou en pourcentage	Score Bactériose en pourcentage
1- CIP 377933-4	1	0	1	6.7
2- " 378676-3	1	0	3	0
3- " 378676-5	1	0	1	20.0
4- " 378676-6	1	-	2	0
5- " 378676-8	1	0	3	18.2
6- " 378699-2	1	0	1	15.4
7- " 378707-8	-	0	4	0
8- " 378711-5	1	0	3	16.7
9- " 378711-6	1	0	1	0
10- " 800301	3	0	2	0
11- " 800224	-	0	6	6.0

2. Lutte chimique

La lutte chimique s'est révélée jusqu'à nos jours très peu efficace comme moyen de contrôle du *P. solanacearum*. Là où certains espoirs ont apparu, des troubles indirects ont été occasionnés aux plantes, c'est le cas de l'hydroxy-mercurichlorophénicol même utilisé à faibles doses.

La stérilisation des plate-bandes par la formaline a permis d'atténuer l'incidence de la sévérité du "wilt" jusqu'à 4% mais son utilisation à grande échelle s'est révélée difficile et fort peu rentable.

Tous les travaux de recherche d'hybrides tolérants à la maladie, actuellement en cours, sont axés sur la résistance du *Solanum phureja*. Contrairement au *Solanum tuberosum* L qui possède 48 chromosomes, le *S. phureja* n'en a que 24. A partir des clones de *S. phureja*, des croisements furent effectués avec *S. tuberosum* par SEQUEIRA et ROWE (1969). Ils ont réussi à mettre au point des clones résistants au flétrissement bactérien et au "late blight". Des essais se poursuivent actuellement dans les régions tropicales; c'est ainsi que la variété "CAXAMARCA" a été mise au point au Pérou en 1975, et qu'au Nigéria des résultats positifs sont attendus sous peu.

SEQUEIRA et ROWE (1969) ont montré que la résistance du *S. phureja* est contrôlée par 10 gènes au moins. De ce fait, son utilisation comme source de résistance est longue et fort coûteuse à réaliser.

La chloropicrine s'est révélée apte à réduire le taux d'infestation surtout en sols argileux.

D'après ZALEWSKI et SEQUEIRA (1973 et 1975), certaines substances inhibitrices du *P. solanacearum* pouvaient être extraites du *S. phureja* mais elles ne sont exploitées qu'à titre purement expérimental.

A la station agronomique de l'Université Nationale du Rwanda, reprenant les essais entrepris en Egypte par EL-GOGRANI (1976) avec le Dithane M-22, le Dithane M-45, le Chlortion et le Ceresan, nous avons constaté que ces produits sont complètement sans effets sur la diminution des dégâts.

3. Pratiques culturales

Avant de semer, il est conseillé de faire subir aux semences un trempage dans une solution d'acide acétique à 0,60% pendant 48 heures puis de les

laver et de les sécher. Ce traitement se révèle efficace particulièrement dans le cas de la tomate.

Au cours des divers soins et pratiques culturaux apportés à la plante il faut éviter de la blesser afin de réduire les possibilités d'invasion de la bactérie.

Les outils des travailleurs doivent être désinfectés surtout quand ils sont utilisés d'un champ à l'autre.

Afin d'éviter la contamination des plantes saines, les plantes malades devraient être soigneusement détruites surtout dans les plantations denses.

Les rotations sont très importantes comme moyens de lutte contre le flétrissement bactérien. Si pendant un temps suffisamment long des cultures insensibles sont pratiquées sur un champ infesté, il y a régression de la maladie. Plusieurs rapports préconisent de longues périodes de rotation : BEREAU et MESSIAEN (1975) affirment que si dans un sol ferrallitique planté de bananiers, cette maladie apparaît, il faut faire revenir le bananier sept ans après la canne à sucre ou une prairie de digitaria. Néanmoins, SEQUEIRA rapporte que le "wilt" du bananier est réduit de façon considérable dans des rotations de durée aussi courte que 18 mois, peu importe les espèces incluses dans la rotation, pourvu qu'elles soient résistantes à la maladie en question. Dans le même cadre, HARRIS (1976) préconise des rotations ou des prairies temporaires de deux ans. La jachère réduit très bien l'incidence de cette maladie sur des champs fort infestés auparavant, comme le montrent les résultats figurant sur le tableau XLIII par LLOYD A.B. en Australie en 1976. Les pourcentages traduisent le taux de flétrissement enregistré sur un cultivar sensible de pomme de terre.

Tableau XLIII : Essai de jachère sur des champs infestés par P.solanacearum.

	Après 18 mois	Après 30 mois
SOL NU, RETOURNE REGULIERE- MENT	45%	1%
JACHERE HERBEUSE	56%	4%
PATURAGE	8%	0%

Il faut se garder de généraliser les conclusions de cette expérience; dépendamment de la présence d'hôtes susceptibles d'héberger le pathogène, les résultats peuvent être totalement différents.

4. Utilisation des engrais chimiques et des matières organiques.

BEREAU et MESSIAEN (1975) révèlent que sur des sols ferrallitiques un apport de CaCO_3 provoque une diminution de leur réceptivité ; toutefois pour parvenir à un niveau satisfaisant de résistance , il faut appliquer des doses très élevées de CaCO_3 qui peuvent provoquer malheureusement des symptômes de chlorose. (voir 7.3.)

5. Contrôle biologique.

La lutte chimique ne permettant pas d'intervenir de façon rentable contre la maladie, les résultats limités obtenus avec les variétés résistantes et les difficultés d'application des mesures prophylactiques ont porté les chercheurs vers de nouveaux moyens de contrôle. Certains agents, en particulier des nématodes et des insectes sont à l'origine, dans certains cas, de la propagation della maladie. Leur éradication représente la première phase de lutte contre la bactérie.

Depuis une dizaine d'années le recours à certains organismes antagonistes est considéré par certains chercheurs comme la voie prometteuse de trouver une solution efficace contre cette bactérie. Aspergillus oryzae, Bacillus mycoïdes, Actynomyces rutergescens, B. fluorescens, Actynomyces californicus, Bacillus proteus, Azotobacter chroococum et Bacillus cereus ont été utilisés à cette fin.

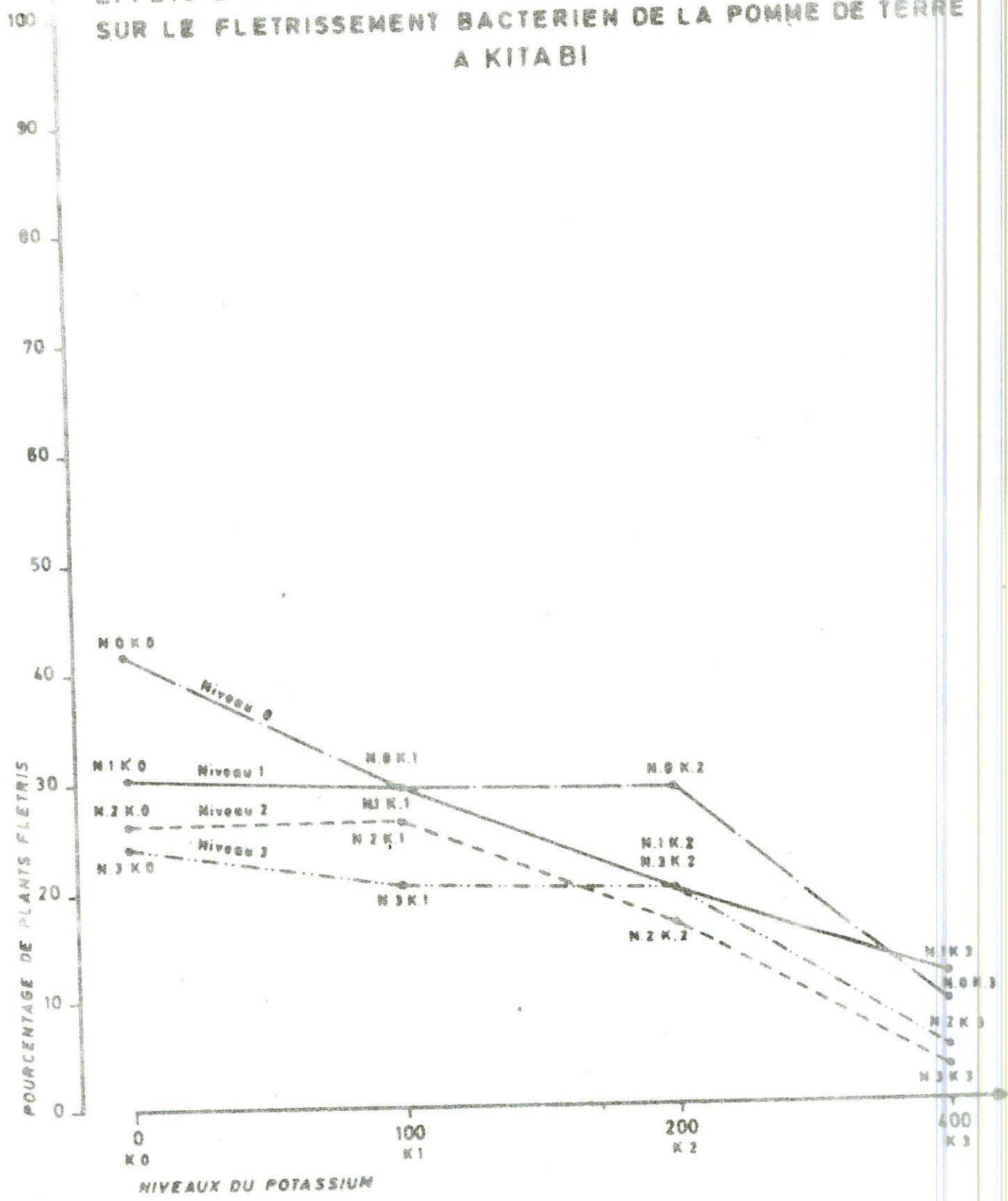
CELINO et GOTTLIEB (1952) en inoculant du B. polymyxa avant transplantation dans les sols infestés constatèrent une diminution du taux de flétrissement de la tomate.

Les faits les plus marquants ces dernières années dans les moyens de lutte biologique sont l'utilisation des souches avirulentes et la mise au point d'un système de transfert génétique chez PI solanacearum.

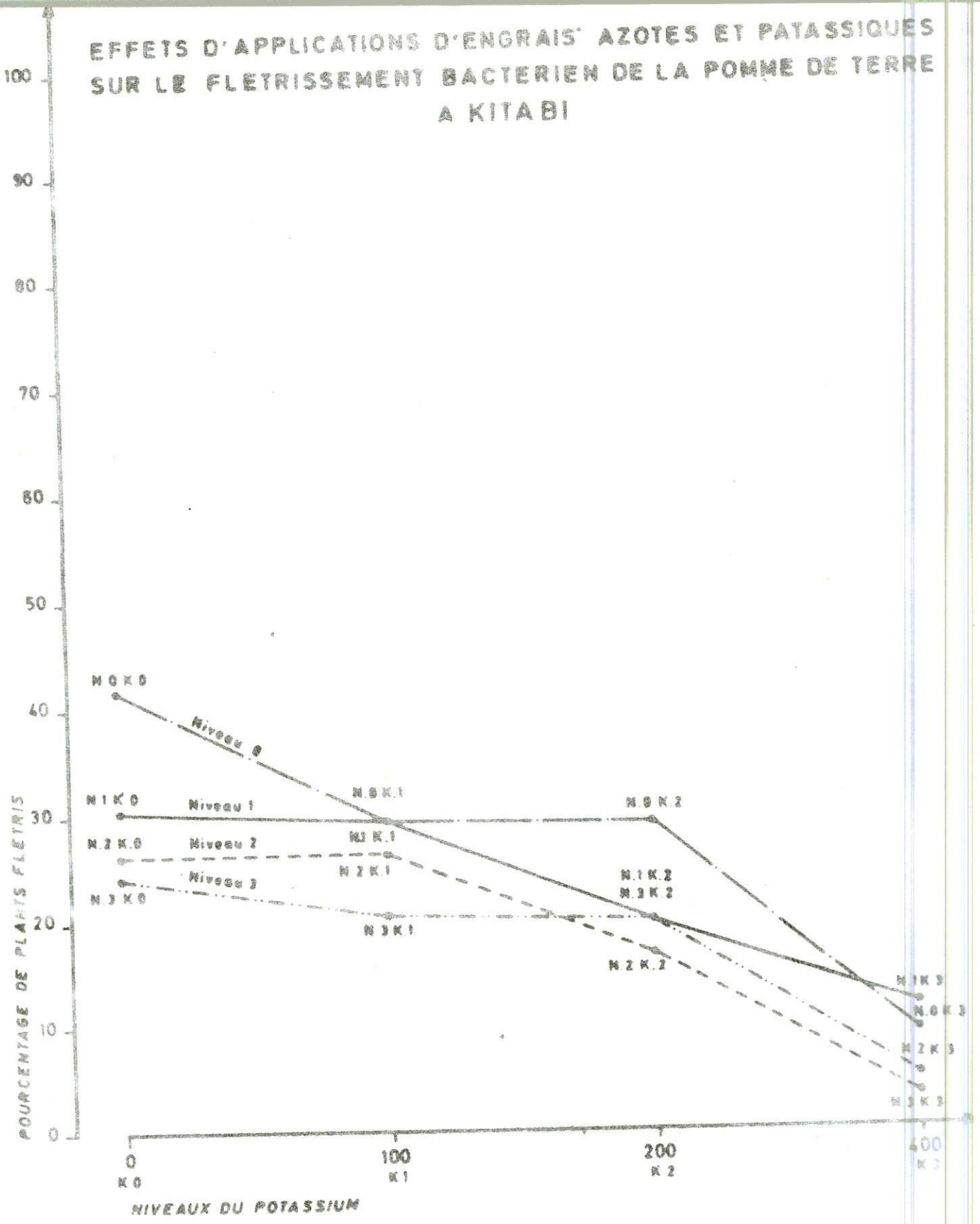
A. Utilisation des souches avirulentes.

Les travaux de DAHAB et de EL-GOORANI (1969) venant à la suite de ceux entrepris par KELMAN (1953) montrèrent que des suspensions bactériennes inoculées au tabac, à la tomate et à l'aubergine et contenant des proportions élevées de souches avirulentes réduisent l'infection. L'inhibition de la croissance des

EFFETS D'APPLICATIONS D'ENGRAIS AZOTES ET POTASSIQUES SUR LE FLETRISSEMENT BACTERIEN DE LA POMME DE TERRE A KITABI



EFFETS D'APPLICATIONS D'ENGRAIS AZOTES ET POTASSIQUES SUR LE FLETRISSEMENT BACTERIEN DE LA POMME DE TERRE A KITABI



souches agressives serait due par la trop forte production de l'acide indol-acétique (AIA) par les souches avirulentes. En effet ces dernières produisent 10 fois plus de AIA que les souches virulentes. Ces chercheurs ont constaté que dans un milieu où la production de AIA est supérieure à 200 ppm la croissance des souches virulentes est inhibée alors que les avirulentes peuvent croître dans des concentrations allant jusqu'à 250 ppm. Ces chercheurs ont utilisé, lors des essais, les souches virulentes et avirulentes dans un rapport de 1:1 (100×10^6 bactéries/ml) et les cultures étaient incubées à 30° C pendant 25 jours.

Nous avons effectué un essai similaire. L'isolement des bactéries a été fait à partir des tiges provenant de plants flétris de pomme de terre (variété Utila) pris à Gihindamuyaga.

Les principales étapes de cet essai sont les suivantes :

- Séparation des souches avirulentes et virulentes dans une suspension de 10^9 cellules/ml.
- Test de pouvoir pathogène
- Essais de prémunition.

Les bactéries virulentes ont été séparées des avirulentes sur base de la coloration (exception faite des colonies complètement rosées) et placées dans des tubes contenant 5 ml d'eau distillée. Le nombre de bactéries par ml 10^9 est obtenu grâce à un colorimètre photoélectrique modèle 800-3.

Suivant les techniques mises au point par A. KELMAN deux milieux ont été préparés séparément puis mélangés en vue d'obtenir une suspension bactérienne adéquate.

1. Milieu A semi-synthétique

- Solution tampon phosphate
- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- Citrate ferrique
- $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Sucrose
- Extrait de levure (Difco)
- Casamino-acides
- H_2O

Les solutions "stock" sont ainsi préparées :

- Tampon phosphate: K_2HPO_4 : 117.7 g/l
 K_2HPO_4 : 44.1 g/l
- $MgSO_4 \cdot 7H_2O$: 20 g/500 ml
- $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$: 0,82 g/500 ml
- Citrate ferrique: 1,497 citrate ferrique + 0,958 g acide citrique dans 500 ml d'eau
- $MnSO_4 \cdot H_2O$: 0,77 g/500 ml d' H_2O

Le volume total de A est de 800 ml répartis dans 4 flacons recouverts de papier d'aluminium et hermétiquement fermés; puis autoclavés pendant 15 minutes sous une pression de 9000 g.

2. Milieu B

6 g de $CaCO_3$ dissous dans 200 ml d'eau distillée sont placés dans un flacon de 300 ml qui est autoclavé pendant 45 minutes à 121° C.

Le $CaCO_3$ a été ajouté au milieu semi-synthétique. Les bactéries utilisées sont vieilles de 45 heures et 3 gouttes de leur suspension ont été ajoutées par flacon. Le mélange ainsi obtenu a été incubé à diverses températures correspondant à leur croissance optimale.

Pour les essais de prémuniton, dans le but d'obtenir des mélanges de souches avirulentes et virulentes en proportions variées, le schéma d'opération suivant a été adopté

- a) 3 ml suspension bactérienne virulente + 3 ml suspension bactérienne avirulente
- b) 2 ml suspension bactérienne virulente + 3 ml suspension bactérienne avirulente
- c) 3 ml suspension bactérienne virulente + 4 ml suspension bactérienne avirulente
- d) 2 ml suspension bactérienne virulente + 4 ml suspension bactérienne avirulente.

Ces proportions concordent avec celles utilisées dans des essais similaires par DAHAB et GOORANI (1969) et tiennent compte de la population bactérienne virulente indispensable à l'expression des symptômes du flétrissement. Après avoir blessé légèrement les racines, l'inoculum dilué à raison d'1.

volume de solution A + B + suspension bactérienne virulente et avirulente pour 4 volumes d'eau distillée a été versé tout autour des plants.

Les suspensions bactériennes, dans les mêmes proportions, ont été préparées. 10 jours avant l'inoculation les plants de pomme de terre ont été arrosés avec un inoculum ne contenant que la suspension bactérienne. Ils ont été, 10 jours après, inoculés avec l'inoculum auquel était ajoutée la suspension bactérienne virulente. L'opération inverse a été aussi expérimentée. 10 plants de pommes de terre var. Utila cultivés dans des pots remplis de terre stérilisée à l'autoclave pendant une heure à 121° C ont été inoculés dans chaque cas avec un certain nombre de témoins. Les observations ont été appréciées suivant un indice de pouvoir pathogène allant de 0 à 5 traduit en terme de résistance suivant une cotation de 4 à 0.

Tableau XLIII : Effets d'une inoculation de souches virulentes et avirulentes de P. solanacearum en diverses proportions sur la sévérité du flétrissement de la pomme de terre.

A. SEV + SBAV

Cotation

4	3	2	1	0
---	---	---	---	---

Traitement	Indice de pouvoir pathogène				+6 feuilles flétries	Niveau de Résistance
	0	1-2	3-4	5-5		
A ₁	4	2	1	1	1	0.625
A ₂	5	2	1	-	2	0.700
A ₃	6	2	1	-	1	0.800
A ₄	7	2	1	-	-	0.900
A ₅	5	1	1	1	2	0.650
A ₆	-	-	-	1	9	0.025
A ₇	8	1	-	1	-	0.900
A ₈	8	2	-	-	-	0.950

Effets d'une inoculation de souche virulente de P. solanacearum suivie d'une inoculation de souche avirulente (après 10 jours) sur la sévérite du flétrissement de la pomme de terre.

B. SBV et SBAV

4	3	2	1	0
---	---	---	---	---

Traitement	Indice de pouvoir pathogène				+6 feuilles flétries	Niveau de Résistance
	0	1-2	3-4	5-5		
B ₁	4	4	1	-	1	0.750
B ₂	6	3	1	-	-	0.875
B ₃	-	-	-	3	7	0.075
B ₄	1	2	1	1	5	0.225

Effets d'une inoculation de souches avirulentes suivie d'une inoculation de souches virulentes.

C. SBAV et SEV

Cotation

4	3	2	1	0
---	---	---	---	---

Traitement	Indice de pouvoir pathogène				+6 feuilles flétries	Niveau de Résistance
	0	1-2	3-4	5-6		
C ₁	7	2	1	-	0	0.900
C ₂	8	2	-	-	-	0.950
C ₃	9	-	-	-	1	0.900
C ₄	8	2	-	-	-	0.950

L'analyse des résultats révèle en comparant les traitements A_1 , A_6 et A_7 une amélioration remarquable du niveau de résistance qui ne peut s'expliquer que par l'apport des souches avirulentes. Les traitements A_3 , A_6 et A_8 indiquent quand des souches avirulentes sont en plus grandes quantités que les souches virulentes la résistance se manifeste de façon plus significative. Les résultats obtenus des traitements A_2 et A_5 presque identiques font ressortir que la population bactérienne virulente est en quantité insuffisante ce qui se confirme par les niveaux de résistance enregistrés par B_1 et B_2 .

Un fait assez distinctif est apparu: une fois attaqués par les souches virulentes, les plants même avec l'apport de souches avirulentes en quantités relativement élevées n'accusent presque aucune résistance. Cette constatation n'est pas surprenante si l'on tient compte de la célérité du "wilt". Les plants sont morts 4 à 5 jours après l'inoculation des souches virulentes. Les souches avirulentes ne peuvent pas être utilisées dans un but curatif car les notations enregistrées n'ont pas varié avec l'inoculation des souches avirulentes.

Le niveau de résistance est très élevé quand les souches avirulentes ont été inoculées avant les souches virulentes. Les traitements A_1 et C_3 , A_3 et C_4 accusent des différences significativement différentes.

Il est cependant difficile d'effectuer des essais en plein champ par l'isolement des souches avirulentes à partir du sol ou des plantes; les souches avirulentes sont très peu nombreuses. Il faut mettre au point des méthodes qui permettraient de les obtenir à partir des souches virulentes. Il semble de plus en plus évident par mutagenèse dans la nitrosoguanidine ou dans l'acridine orange de transformer des souches virulentes en souches avirulentes. Cette voie devait être approfondie dans le but de mieux exploiter les propriétés prémunissantes des mutants avirulents.

B. Système de transfert génétique chez *P. solanacearum*.

A côté de l'isolement et de la caractérisation des mutants avirulents, des travaux sont menés en vue de mettre au point un système de transfert génétique chez *P. solanacearum*. Deux voies sont actuellement envisagés :

1. La transduction

Un phage tempéré de P. solanacearum a été isolé et on a pu obtenir 10^9 à 10^{10} virions actifs par ml. Après la mise en contact de différents mutants auxotrophes avec un tel lysat, la fréquence d'apparition des réserves prototrophes a été augmentée. Il reste à démontrer que cette augmentation est due à des phénomènes de transduction. (Boucher, 1973)

2. La conjugaison

L'induction de phénomènes de conjugaison chez Pseudomonas aeruginosa S 8 a porté de nombreux chercheurs à rechercher un facteur sexuel capable de provoquer des phénomènes de conjugaison chez P. solanacearum et par ainsi construire un système de transfert génétique chez cette bactérie. A ce titre le transfert du plasmide RP₄ d'Escherichia coli à P. solanacearum représente une étape importante dans cette voie. (MESSAGE et al, 1975).

La complexité du P. solanacearum apparaît totale et en dépit des diverses et multiples investigations scientifiques jusqu'ici entreprises les résultats sont assez minces. Une véritable concertation internationale s'impose mais la spécificité des souches tant au point de vue pathologique que de leur habileté à s'adapter à divers écosystèmes plaide nettement en faveur de travaux de recherches localisées. Un fait assez significatif se révèle dans les espoirs suscités par la mise au point de moyens de contrôle dans un pays et qui transposés ailleurs se révèlent totalement inefficaces. Il faut trouver, par une connaissance approfondie des souches locales, des moyens adaptés aux conditions du milieu déterminé en vue de contrôler ce fléau.

9.1.6. Maladies des nématodes.

Les principales maladies causées par les nématodes sont l'anguillule des racines (Hétérodera rostochiensis WR), la pourriture nématique (Ditylenchus destructor Thorne). Les dégâts sont très limités au Rwanda mais la première occasionne des pertes importantes en Europe et dans l'Etat de New-York. Elle peut survivre pendant plus de 15 ans dans un sol sans plante hôte et provoque des plages de plants rabougris et flétris portant sur leurs racines des kystes blancs, jaunes puis bruns se détachant aisément.

Les Meloilogyne sp provoquent de fortes déformations des racines colonisées par des anguillules qui se reconnaissent à la loupe par de petits points blancs brillants entravant la croissance des plants. Elles attaquent aussi les tubercules.

Le troisième attaque surtout les tubercules entreposés sur lesquels apparaît une dépression de 1 cm de diamètre au moins qui en s'élargissant provoque le dessèchement de l'épiderme. Par ainsi toute une récolte peut perdre sa valeur commerciale si on considère que les tissus ainsi atteints deviennent des foyers pour champignons et autres agents de pourriture.

Les maladies des nématodes peuvent être réprimées par une rotation judicieuse en cultivant des plantes non réceptives telles que les graminées et des variétés résistantes.

9.1.7. Sclerotium (Sclerotium rolfsii Sac)

Le flétrissement dû au S. rolfsii est brusque et est la conséquence de la pourriture du collet entourée d'un manchon blanc. Dans un sol bien drainé, il est rare de retrouver des plants atteints.

9.1.8. Maladies virales et mycoplasmiques.

Les viroses provoquent des dégâts considérables dans la culture de la pomme de terre au pays.

Le British Museum de Londres a réalisé au profit du PNAP la détermination des espèces de pucerons présentes à Ruhengeri et à Kinigi; ce sont :

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 - Brevicoryne brassicae | 14 - Dysaphis foeniculus |
| 2 - Tetraneura nigriabdominales | 15 - Aphis crassivora |
| 3 - Aphis fabae | 16 - Capitophorus eleagni |
| 4 - Rhopalosiphum maidis | 17 - Aphis fabae group Solanella |
| 5 - Myzus persicae | 18 - Aphis nerici |
| 6 - Hyperomyzus lactucae | 19 - Aulacorthum Solani |
| 7 - Uromelan compositae | 20 - Myzus ornatus |
| 8 - Acyrthosiphum pisum | 21 - Myzus Cymbalariellus |
| 9 - Pentalonia nigronervosa | 22 - Rhopalosiphum padi |
| 10 - Macrosiphum euphorbiae | 23 - Lipaphis erysimi |
| 11 - Microlophium carnosum | 24 - Rhopalosiphoninus latysiphon |
| 12 - Aphis gossypici | 25 - Toxoptera citricidus |
| 13 - Brachycaudus helichrysi | 26 - Trioza erytrea |
| | 27 - Uroleucon (Dactynotus) sonchi |

les plus importantes sur la pomme de terre sont à Kinigi :

- Aphis fabae
- Rhopalosiphum maidis
- Rhopalosiphum padi
- Macrosiphum euphorbiae
- Tetraneura nigriabdominales
- Brevicoryne brassicae

à Ruhengeri, outre ces espèces il faut ajouter :

- Aphis crassivora
- Acyrthosiphum pisum

Les populations les plus importantes à Kinigi sont A. Fabae et R. Maidis tandis qu'à Ruhengeri on trouve en outre celles de B. brassicae, A. crassivora et T. nigriabdominalis.

Le tableau XLVIII emprunté de Goetyn (1975) donne les plus importantes viroses de la pomme de terre avec les quelques-unes de leurs caractéristiques.

Tableau XLVIII : Principales maladies virales de la pomme de terre et leurs symptômes.

Types de virus	Transmission	Symptômes
X	Contact	mosaïque entre nervures
S	Contact	approfondissement nervures
fuseau	Contact, pucerons	déformations tubercules
A	Pucerons	mosaïque
Y	Pucerons	nécrose, bigarures feuilles
M	Pucerons	mosaïque des jeunes feuilles
Aucuba mosaïque	Pucerons	tâches jaunes sur les feuilles
Enroulement	Pucerons	enroulement des feuilles
Rattle	Sols	tâches sur les feuilles
Mop-top	Sol	chlorose

Les plus courantes au Rwanda sont l'enroulement, le nanisme et la mosaïque.

9.1.8.1. Enroulement.

Le virus de l'enroulement se transmet par les pucerons, principalement par Myzus persicae Sulz; on cite aussi d'autres espèces telles que Aulacorthum solani, Macrosiphum euphorbiae et Aphis nasturtii mais leur importance comme vecteur est très limitée. Le symptôme le plus caractéristique est l'enroulement des feuilles; certains parasites ou la sécheresse prolongée peuvent néanmoins provoquer aussi l'enroulement des feuilles. Dans le cas de l'enroulement viral il faut distinguer :

- a) l'enroulement des feuilles qui provient de l'utilisation de semences virosées. Les feuilles prennent une couleur vert pâle; en outre elles sont anormalement épaisses, raides, dures et tombent facilement. Si on les frotte elles émettent un bruit identique à celui du papier d'aluminium dû au fait que l'amidon s'est stocké dans les folioles. Il en résulte une destruction des vaisseaux et la formation de petits tubercules impropres à la multiplication. Les feuilles sont souvent érigées donnant à la plante l'aspect d'un balai.
- b) l'enroulement secondaire des feuilles qui provient au cours de la culture. Il se distingue du premier par le fait que seules les feuilles supérieures sont atteintes.

9.1.8.2. Le nanisme

Il faut distinguer le nanisme jaune et le nanisme pourpre. Le premier produit de mauvais effets sur la plante et sur les tubercules. Le feuillage est rabougri, ridé et vert jaunâtre, les jeunes feuilles meurent prématurément et les tiges sont de couleur plus ou moins jaunâtre. Les tubercules sont petits, crevassés et portent dans leur partie centrale des tâches brunes.

Le nanisme pourpre se caractérise aussi par le rabougrissement et le non-développement des plants mais en outre la cime porte des folioles rudes, rigides, dressées, enroulées et jaunâtres. Les plants atteints ne produisent pas de tubercules ou à peine quelques-uns groupés près de la tige.

9.1.8.3. Mosaïques.

Sur la pomme de terre sévissent 3 types de mosaïques: simple, bénigne et rugueuse.

A. Mosaïque simple.

Elle est imputée aux virus X et M et représente la plus commune des maladies virales de la pomme de terre. Elle se reconnaît facilement par les teintes vert pâle et vert foncé des plants; en outre les plants ne sont pas rabougris et les feuilles ne sont pas ridées. Les tubercules, à la récolte, ne présentent aucun défaut apparent.

B. Mosaïque bénigne.

Les feuilles de la mosaïque bénigne présentent des mouchetures qui varient du vert pâle au vert jaunâtre. Les plants sont légèrement rabougris, les feuilles légèrement ridées et petites et les tubercules sont apparemment sains. La maladie est due à l'action combinée de 2 virus A et X.

C. Mosaïque rugueuse.

La plus grave de toutes les mosaïques, cette maladie est attribuée au virus Y qui s'attaque seul aux plants de pomme de terre ou accompagné du virus A ou X ou les 2 à la fois. Il est facile de distinguer en champs les symptômes de la mosaïque rugueuse de ceux des autres types de mosaïques: rayures noires inter nervuriennes, dessèchement des feuilles, présence d'une touffe de petites feuilles au sommet. Parfois tout le plant est atteint de nanisme.

9.1.8.3. Frisolée.

La maladie évolue en 2 phases: la bigarrure qui se manifeste principalement par un ensemble de tâches nécrotiques sur les feuilles et la nécrose acropétale qui résulte de la première et se traduit par un petit plumeau de feuilles. Les tubercules produits sont petits et ne devraient pas être utilisés pour la multiplication. La maladie serait due au virus Y.

9.1.8.5. Moyens de lutte contre les maladies virales de la pomme de terre.

Les moyens de lutte sont surtout préventifs et consistent surtout lors de l'établissement des plantations dans l'utilisation d'un matériel sain, la lutte contre les agents vecteurs, l'élimination des plants malades, et le choix de la date de culture de manière à récolter avant la date d'apparition des pucerons.

La lutte contre les pucerons peut se faire par pulvérisation de suspensions contenant environ 0,03 % de parathion. On peut aussi utiliser du Metasystox ou du Systox de la manière suivante :

a) première pulvérisation: 600 - 750 g de matière active de Metasystox ou 300 à 375 g de matière active de Systox à l'hectare dans 400 à 500 litres d'eau.

b) 2 autres pulvérisations au minimum: elles seront répétées à intervalles de 10 à 15 jours avec 500 g de m.a/ha de l'un ou l'autre de ces produits dans 500 à 600 litres d'eau.

Les traitements peuvent débuter quand 90 % de plants sont levés et on doit veiller à ce que le feuillage soit bien mouillé sans que la bouillie ne s'égoutte.

9.1.9. Alternariose : Alternaria solani (Ell et G. Martin) Sor

La maladie connue encore sous les noms de brûlure alternarienne ou maladie des tâches noires de la pomme de terre débute par les feuilles inférieures avant d'attaquer les feuilles supérieures. Elle forme des petites taches circulaires ou ovales de couleur noire qui s'élargissent progressivement et dessèchent toute la feuille. Les tubercules sont parfois atteints et il y forme des lésions circulaires de 0,4 cm envahies par des moisissures. La maladie sévit surtout en saison pluvieuse; des pertes de production de plus de 25 % sont alors possibles. Les moyens de lutte sont les suivants :

- a) ne pas cultiver la pomme de terre en saison très pluvieuse
- b) utiliser des variétés résistantes
- c) appliquer en pulvérisations l'une des suspensions fongicides suivantes à partir de la levée

1) Zinèbe à 65 %: 0,25 à 0,5 % de 500 à 800 l/ha

2) Manèbe à 70 %: 0,25 à 0,5 de 500 à 800 l/ha

3) Oxychlorure à 50 % de cuivre: 0,5 à 0,75 % de 500 à 800 l/ha

4) Bouillie bordelaise: 1,5 - 1,5 - 100 de 500 à 800 l/ha.

9.1.10. Phytophthora infestans (Mont) de Bary

Sous des conditions de température et d'humidité élevée et d'altitude de 1900 à 2000 mètres on observe surtout aux extrémités et sur les bords des feuilles inférieures des taches aqueuses d'abord, gris jaunâtre puis brunâtres de plus en plus nombreuses. En cas de forte attaque la plante perd la plupart de ses feuilles et les tubercules présentent des taches d'un demi-centimètre de profondeur de couleur brun rougeâtre. A la cuisson, ces tubercules restent durs et ont un goût amer.

La lutte contre le mildiou sera surtout préventive car il est difficile et dispendieux de le combattre par des moyens curatifs: destruction des déchets, des fanes et des tubercules malades, sélection de tubercules sains pour les plantations, choix de variétés résistantes.

Les travaux entrepris au PNAP sur les variétés Atsimba, Condea, Sangema et Malirahinda en vue de déterminer la fréquence optimale pour appliquer l'antracol ont confirmé l'effet positif des pulvérisations excepté quand elles sont effectuées au rythme d'une pulvérisation toutes les 2 semaines. Le rendement maximum est obtenu avec 2 pulvérisations excepté quand elles sont effectuées au rythme d'une pulvérisation toutes les semaines, mais au point de vue économique une pulvérisation par mois s'est révélée plus rentable. Le tableau **XLIV** compile l'ensemble des résultats obtenus.

Tableau XLIV : Rendements moyens (en T/ha) : essai fréquence d'application de l'antracol.

Traitements	Nbre de Pulvérisations	VARIETES			(1) Coût du traitement (F)	(2) Revenu brut (F)	(3) Bénéfice (F)
		Atsimba	Condea	Marilahinda			
a	0	14,9	13,4	16,9	047.000	147.000	147.000
f	2	14,9	19,2	19	2.500	168.000	165.500
e	3	20,2	15,1	19,5	3.750	168.000	164.250
d	4	14,4	14	17,6	5.000	140.000	135.000
c	8	16	19	22,2	10.000	165.000	155.000
g	9	17,1	23	11	11.250	164.000	152.750
b	17	14,7	17,9	23,7	21.250	175.000	153.750
X		16	17,4	18,6		12,4	

(1) : en considérant le prix d'achat de l'antracol à 500 F/Kg et pulvérisé à la dose de 2,5 Kg/ha pour chaque pulvérisation.

(2) : en considérant le prix de vente de la pomme de terre à 10 F/Kg

(3) : Bénéfice = (2) - (1).

D'autres essais ont été effectués dans le but d'apprécier l'efficacité de certains fongicides dans la lutte contre le mildiou: l'un a été exécuté par le PNAP (Antracol et Dithane M 45) sur les 4 variétés ci-dessus énumérées et l'autre à la Faculté d'Agronomie de l'UNR par Rwangano (1981). Dans l'essai du PNAP il y eut pour chacun des pesticides 7 pulvérisations; on a pu constater que les traitements sont fort rentables, que l'antracol est économiquement supérieur au Dithane M 45 et que la variété Condea accuse le rendement le plus élevé. Ces conclusions découlent de l'analyse du tableau XLV.

Tableau XLV : Rendements moyens (T/ha) pour l'essai comparatif Dithane M45 et Antracol

Traitements	VARIÉTÉS				\bar{Y}	Coût du traitement (F)	Revenu Brut (F)	Bénéfice (F)	Bénéfice en % par rapport au témoin
	Atsimba	Condea	Marila-hinda	Sengema					
1: pas de pulv	14,5	8,6	9,5	12	11,2	0	112.000	112.000	100
2: Dithane M45 pulvéris.	13,6	21	19,9	13,2	14,9	8.750	149.000	140.250	125
3: Antracol 7 pulvéris.	17,3	27,2	18,5	15,1	15,8	8.750	158.000	149.250	133
\bar{X}	16,8	19	16	13,4					

(1), (2), et (3) : se référer au tableau XLIV (si on considère le prix du Dithane M45 égal à celui de l'antracol).

Rwangano n'a travaillé qu'avec la variété Atsimba mais a utilisé outre l'Antracol et le Dithane M 45 mais aussi le Cupravit (ob 21), le Bayleton et le Brestan 60. Les pulvérisations au nombre de 9 au total pour chaque traitement ont été effectuées à raison d'une pulvérisation toutes les 2 semaines. Le tableau XLVI résume les indices de sévérité de la maladie en fonction des traitements confirmant l'effet positif des pulvérisation et l'efficacité de l'antracol.

Tableau XLVI : Appréciation de l'efficacité des fongicides en fonction du pourcentage des plants attequés et ou détruits par parcelle.

Traitements		Blocs		Moyennes
Témoin (non pulvérisé)	100	91.3	96	95.7
Antracol	0	0	8.3	2.7
Cupravit (06 21)	4.3	24	75	34.4
Dithane M 45	0	4.5	20	8.1
Bayleton	12	8	96	38.6
Brestan 60	0	0	24	8

Ces produits ont été appliqués de la manière suivante par Rwangano :

Antracol à 0,01 %: 100 g/100l d'eau tous les 15 jours

Cupravit (ob 21) à 0,5 %: 4 à 10 kgs/ha,

Dithane M 45 à 0,3-0,4 %: 3 à 4 kgs/ha

Bayleton à 0,0125 %: 12,5 g/100 l d'eau tous les 14 jours

Brestan 60 à 0,1 %: 400-600 g dans 400 à 600 l d'eau tous les 14 jours.

D'octobre 1979 à avril 1981, le PNAP a introduit 6695 clones et tubercules représentant des variétés potentielles résistantes au mildiou.

Ce matériel a été testé au moins une saison; les clones prometteurs d'après les résultats obtenus en station figurent dans le tableau XLVII.

Tableau XLVII. : Clones prometteurs, résistants au mildiou

Date d'introduction	Nom des clones	Origine
Octobre 1979	CIP 377 933-6 CIP 377 806-2 CIP 378 702-1	CIP LIMA " "
Mars 1980	Uganda 11	Uganda
Décembre 80	CIP 720 050 CIP 720 055 CIP 720 097	Mexique via CIP LIMA
Septembre 80	CIP 379 660-2 CIP 379 673-1 " 379 684-1 " 379 687-1 " 379 693-1 " 379 699-1	CIP LIMA " " " "
Février 81	A - 146 - 9 A - 158 - 1	USA "
Avril 81	GRASO 28	Belgique

Sources: PNAF; 1981

Suite aux essais multilocaux à Ruhengeri, Butare et Gikongoro, seuls CIP 720 050, 720 055 et 720 097 après le 3^e test mildiou pourront être multipliés pour subir d'autres tests comparatifs.

9.1.11. La Colerette (Rhizoctonia Solani Kühn)

Le R. Solani est un champignon du sol assez répandu, non spécifique à la pomme de terre. En conditions favorables de développement, ses filaments pénètrent et croissent dans les germes du tubercule entraînant une levée irrégulière, tardive ou même nulle. Dans le cas d'une attaque tardive, les feuilles deviennent épaisses, celles du sommet s'enroulent et prennent un aspect légèrement rougeâtre. Les tubercules formés sont très petits, se présentent en grappes et portent des taches sclérotiques pouvant atteindre plus de 0,50 cm de diamètre.

Le seul moyen efficace de lutte contre la collerette est la désinfection des semences par trempage dans du Céresan, de l'Agallol ou des préparations aqueuses désinfectantes à 0,1 % de sublimé corrosif, 3,3 % de formaldéhyde ou 1,5 % d'organo-mercurique.

9.2. Dégâts dûs par les insectes.

9.2.1. Vers gris (Noctuidae)

Plusieurs espèces de vers gris s'attaquent aux pommes de terre; ils sortent la nuit à la recherche de leur nourriture et coupent les tiges au niveau du sol provoquant le flétrissement des plants. Les méthodes de lutte contre les vers gris de la pomme de terre sont similaires à celles préconisées pour les autres cultures: utilisation d'un appât épandu le soir vers 5-6 heures composé de son et de l'un des insecticides suivants: chlordane, lindane, toxaphène mélangé à la quantité d'eau nécessaire.

Il est préconisé d'utiliser contre les noctuelles défoliatrices du lindane ou du toxaphène 5 kgs/ha, ou du trichlorfon 2 kgs/ha.

9.2.2. Teigne de la pomme de terre: *Gnorimoschema operculella* Sell= *Phthorimaea operculella* Zell

Ce minuscule lépidoptère de 12 mm de longueur aux ailes frangées pond ses oeufs sur les feuilles sur lesquelles il forme des galeries sinueuses tapissées de fils soyeux. Les tubercules sont aussi minés par les chenilles. Dans les zones chaudes cet insecte cause beaucoup de dégâts non seulement en champs mais aussi dans les magasins de stockage. Dans ce dernier cas l'infection peut être contrôlée par pulvérisation de métasystox (1 fois les 2 semaines) et parfois par immersion des tubercules dans une solution de Décis à 1,5 %.

9.2.3. Foreuse des solanées: *Leucinodes orbonalis* Gn

Les chenilles mesurent 20 mm de longueur, tout le corps est rose ou rougeâtre mais la tête est jaune munie de quelques poils noirs. Elles envahissent les tiges, les feuilles et y perforent des galeries entraînant le dessèchement des organes atteints.

Il est important de veiller à la propreté des locaux où sont conservés les tubercules, de recourir à des pulvérisations en champs d'insecticides appropriés pour lutter à la fois contre la teigne et contre la foreuse.

9.2.4. Doryphore: Leptinotarsa decemlineata Say.

En 1877 les plantations américaines de pomme de terre ont connu l'invasion de ce coléoptère qui fut introduit en 1917 dans la région de la Rochelle en France et déjà vers 1925 il envahit toute l'Europe. Cet insecte dévore les feuilles qui présentent des bords rongés et des trous. Les plants meurent rapidement et les tubercules ne se développent pas entraînant des pertes appréciables de rendement. Le L. decemlineata véhicule aussi les parasites responsables de la filosité des tubercules, la pourriture et le flétrissement bactérien.

La ponte se fait sur la face inférieure des feuilles; les oeufs de forme ovale et d'un jaune éclatant au nombre de 800 par femelle éclosent une semaine après en donnant des larves bossues, de couleur rougeâtre tachetée de noir. Ces larves possèdent 6 pattes qui portent sur chaque côté 2 rangées de points noirs et se nymphosent après trois mues. Elles atteignent leur plein développement dans 2 ou 3 semaines et mesurent alors de 1 à 1,5 cm de longueur, s'enfoncent après dans le sol et se transforment en pupes jaunâtres immobiles. Elles prennent 5 à 6 jours pour émerger à l'état adulte.

Dans la lutte contre le doryphore, il faut intervenir à l'époque d'éclosion des larves. On peut utiliser du Gusathion 180-250 g/ha dans 400 à 600 l d'eau. En ajoutant du Cupravit, du Zinèbe ou du Manèbe on lutte à la fois contre le mildiou.

9.2.5. Puceron vert du pêcher: Myzus persicae Sulz = Myzodes persicae Sulz

Ce petit insecte à corps mou de couleur variant du vert pâle jaunâtre au vert foncé véhicule certaines maladies virales dont l'enroulement et certaines formes de mosaïques et vit principalement au détriment du feuillage dont il suce la sève et injecte des toxines déformant l'organe attaqué.

Il est facile d'empêcher sa pullulation en effectuant un traitement préventif hebdomadaire au moyen d'un insecticide approprié (Suspension de parathion à 0,03 % de am.a dans 500 - 800 l d' H_2O).

9.2.6. Cicadelles

Parmi les cicadelles les plus retrouvées sur la pomme de terre citons: Macrosteles fascifrons Stal (cicadelle à six points), Empoasca fabae Harris la plus commune et dénommée cicadelle de la pomme de terre. Elles se nourrissent de la sève des feuilles dont elles provoquent l'enroulement de la pointe (M.fascifrons) ou le pourpre, maladie due à un mycoplasme véhiculé par E. fabae se caractérisant par des tiges courtes et vigoureuses naissant à l'aisselle des tiges centrales, le ramollissement des tubercules, l'enroulement des folioles des tiges supérieures et le flétrissement.

La lutte contre ces cicadelles requiert l'élimination des mauvaises herbes et l'application d'insecticides. Au Canada la bouillie bordelaise 4-6-40 appliquée à intervalles de 10 jours donne de bons résultats (Dustan 1932).

9.3. Conduite phytosanitaire d'une plantation de pomme de terre de la plantation à la récolte.

Cette section suit le modèle utilisé par l'Association de Coordination technique agricole (ACTA, 1972) et que nous pourrions assimiler à un guide pratique permettant de poser un diagnostic rapide et de découvrir l'origine et les causes des dégâts observés.

I. De la plantation à la levée.

Observations en champs.	Aspect du tubercule	Symptômes approfondis	Noms des dégâts ou du parasite
Manque et retard à la levée	Germe ne se développant pas	Taches superficielles d'aspect argenté sur les tubercules	Gale argentée
		Petits boutons proéminents sur tubercules	Oosporiose
		Pourriture du tubercule	Flétrissement bactérien (<u>C. sepedonicum</u>)

I. De la plantation à la levée (suite).

Observations en champs	Aspect du tubercule	Symptômes approfondis	Noms des dégâts ou du parasite
Manques et retard à la levée	Germes se développent	Petites protubérances sur les stolons des germes Collet chancreux, tubercules recouverts de sclérotés noirs, feuillage déformé Nanisme, morsures des germes, radicules et tubercules	Boulage Collerette Scutigérelle <u>sutigerella immaculata</u> (myriapode de couleur blanche)

II. En cours de végétation: A. sur tiges

Symptômes localisés	Symptômes généraux	Noms de dégâts ou du parasite
Tiges nécrosées à la base	Manchon blanchâtre à la base du collet, feuillage déformé Noircissement du collet, des racines et des tubercules, flétrissement, enrroulement des feuilles inférieures, redressement des feuilles supérieures, décoloration du feuillage	Collerette Jambe noire
Tiges nécrosées sur toute la surface	Nécroses noirâtres sur toute la surface de la tige, feuilles tachetées non trouées et non déformées	Mildiou
Tiges rongées par des insectes	A la base Intérieurement	Vers gris Teigne
Tiges affaissées	Flétrissement du plant et jaunissement du feuillage	Flétrissement (<u>P. solanacearum</u>)

B. Sur feuilles

Symptômes très localisés	Symptômes généraux	Nom du dégât ou du parasite
Feuilles rongées	Destruction totale ou partielle du feuillage, présence d'un insecte jaune rayé de noir, ou et des larves jaune orangé avec 2 rangs de poings noirs de chaque côté Perforations plus ou moins rondes	Doryphore Altises
Feuilles piquées	Taches pâles et léger enroulement des feuilles Taches brunes et crispation des feuilles Petites taches blanches	Pucerons Punaise verte Cicadelles
Feuilles enroulées	Feuilles inférieures épaissies se terminant en un bouquet terminal incurvées vers le haut, légèrement violacées Feuilles inférieures enroulées, vert pâle, cassantes	Collerette

B. Sur feuilles (suite)

Symptômes localisés	Aspects des feuilles	Symptômes généraux	Nom du dégât ou du parasite
Feuilles présentant des altérations de couleur		Nécroses noirâtres, présence d'une moisissure blanche à la face inférieure des feuilles, flétrissement du plant	Mildiou
		Nécroses brunâtres, les feuilles se détachent de la tige, si les nécroses sont concentriques elles flétrissent	Alternariose
		Taches brunes nécrotiques, anguleuses sur les pétioles et les nervures d'abord à la face inférieure puis supérieure des feuilles. Cassure du pétiole et bouquet de feuilles vertes au sommet	Bigarrure (Virus Y)
	Taches brunes de l'extrémité vers le centre des folioles, recroquevillement de la partie atteinte, moisissure grise sur les 2 faces de la feuille		Moisissure grise
	Taches jaunâtres suivies d'une dessiccation	Jaunissement puis dessèchement des folioles	Verticilliose

B. Sur feuilles (suite)

Symptômes localisés	Aspect des feuilles	Symptômes généraux	Nom du dégât ou du parasite
Feuilles présentent des altérations de cou-	Taches jaunâtres suivies d'une dessiccation	Janissement d'abord du bord des folioles de la base puis de tout le feuillage, flétrissement du plant	Flétrissement (<u>C.sepedonicum</u>)

B. Sur feuilles (suite)

Symptômes localisés	Symptômes généraux	Nom du dégât ou du parasite
Marbrure du feuillage	Mélange de taches vert clair et vert foncé sans déformations du feuillage Mélange de taches vert clair et vert foncé mais le feuillage est déformé (feuilles boursouflées) Quelques taches jaunes angulaires Feuilles chlorotiques à la base; vert foncé au sommet, entrenœuds courts, feuillage peu ou non déformé	Mosaïque Frisolée (Virus X, Y, A, seul ou associé) Mosaïque AUCUBA (virus F) Carences en K

C. A la récolte et en cours de conservation

Observations sur les tubercules	Symptômes localisés et généraux	Nom du dégât ou du parasite
Galeries dans les tubercules	Galeries très petites 1-3 mm de profondeur Galeries larges de 12 mm de profondeur	Taupins Teigne
Tubercules rongés	Morsures petites et étroites du tubercules Morsures importantes Grandes cavités creusées à l'intérieur du tubercule Petites cavités assez superficielles Morsures très importantes	Vers gris Hanneton commun Limaces (<u>agriolimax agrestis</u>) Scutigérelle (<u>S.immaculata</u>) Rats

C. A la récolte et en cours de conservation. (suite)

Observations sur les tubercules	Symptômes localisés et généraux	Nom du dégât ou du parasite
Affectations planes	Taches à contour arrondi, d'aspect argenté et finement ponctuées de noir Plages décolorées avec de petits points noirs	Gale argentée Dartrose
Affections en relief	Tubercules recouverts de sclérotés Taches brunâtres, pustules à la surface de l'épiderme du tubercule Nombreux petits points boursoufflés qui éclatent en pressant et libèrent une poudre brune Petits boutons boursoufflés qui restent fermés et qui sont entourés d'une légère dépression circulaire Tumeurs verruqueuses blanchâtres puis noires localisées autour des yeux	Collerette Galle commune Gale poudreuse Oosporiose Gale verruqueuse

C. A la récolte et en cours de conservation (suite)

Symptômes localisés	Aspect des feuilles	Symptômes généraux	Nom du dégât ou du parasite
Altérations superficielles ou profondes	Altérations puis pourriture sèche	Taches brunes sur la peau, la chair présente des taches brun foncé Taches brunes sur la peau, la chair présente des taches marrons et pourrit	Alternariose Pourriture sèche
	Altérations puis pourriture humide	Pourriture totale à la récolte Taches sur les yeux ou au talon apparition sur l'anneau vasculaire de cavités remplies d'un liquide visqueux, blanc jaunâtre Taches brunes sur le tubercule qui pourrit et se transforme en une masse visqueuse	Pythium de baryanum Flétrissement (<i>C. sepedonicum</i>) Jambe noire

B I B L I O G R A P H I E.

1. ABO-EL-DAHAB, M.K et EL-GORANI, M.A., 1972. Catalase activity of virulent and avirulent strains of. P. solanacearum. Phytopathology 62:294-295.
2. Association de Coordination Technique Agricole (ACTA) 1972. Guide pratique de défense des cultures p.140-150
3. AMIROUCHE, M., 1967. La pomme de terre en Algérie. Documentation technique. Ministère de l'Agriculture de l'Algérie.
4. BEREAU, M et MESSIAEN, C.M., 1975. Réceptivité comparée des sols à l'infestation par le P. solanacearum. Annales de Phytopathologie 1975 Vol. 7 N°3 p.191.
5. BOUCHER, C., 1973. Recherche d'un système de transduction généralisée chez P. solanacearum. D.E.A. Faculté des Sciences, Paris-Sud.
6. BOUCHER, C et MESSAGE, G., 1975 Génétique et virulence du P. solanacearum. Annales de Phytopathologie 1975 Vol.7 N°3 p.187.
7. BOVEY, R., 1972. La défense des plantes cultivées. PAYOT LAUSANNE. La Maison Rustique Paris p. 863
8. BUYKX, E.J.E., 1962. Précis des maladies et des insectes rencontrés sur les cultures au Congo, au Rwanda et au Burundi. Institut national pour l'étude agronomique du Congo (INEAC) 708 pp.
9. CAMMERMAN, A., 1976. La pomme de terre. ISAR Fiche technique N°1.
10. CELINO, M.S. and GOTTLIEB, D., 1952. Control of bacterial wilt of tomatoes by B. polymxa (Abs). Phytopathology 42: 4.

11. Centre International de la Pomme de terre (CIP) Profile 1979.
Valeur nutritive de la pomme de terre.
12. E. GABRIEL, 1975. Evaluation de la valeur de production de différentes cultures vivrières au Rwanda. ISAR Note techniques N°4 p. 6-7.
13. EL-GOORANI, M.A., 1976. Current status of the potato brown rot research in Egypt Ref. 595 p. 68-72
14. ERINLE, I.D., 1976, Bactériale wilt of potato and tomato in the Northern States of Nigeria. Ref 95 p. 73-74
15. GALLEGLY, M.E and WALKER, E.A., 1949. Relation of environmental factor to bacterial wilt of tomatoes. *Phytopathology* 39 : 936-946.
16. GARCIA, M.S., 1976. Status of Potato Brown rot in Uruguay Ref. 95, p. 78-84.
17. GOETEYN, R., 1975. Production de plançons sains de pomme de terre au Rwanda. ISAR, Note technique N°15.
18. GRIEVE, B.J., 1943. Studies in the physiology of host-parasite relations. Factors affecting resistance to bacterial wilt of Solanaceae. Roy. Soc. Victoria, Proc. N.S. 55: 13-40
19. HARRIS, D.C. 1972. Intra-specific variation in P. solanacearum. Proc. 3rd Int. Conf. Plant Organic bacteria. Wageningen, The Netherlands. 365 p.
20. HARRIS, D.C., 1976. Bacterial wilt in Kenya particular reference to potatoes Ref. 19 p. 84-88
21. HARRISON, D.E., 1976. Control of bacterial wilt of potatoes in Victoria, Australia in Ref. 95, p. 136.
22. INRA Institut National de la Recherche Agronomique (1971).
Les maladies des plantes INRA Pull. 71.1

23. ISAR 1972 à 1978. Rapports annuels des cultures vivrières.
24. ISAR 1974 à 1978. Données climatologiques du réseau d'écoclimatologie de l'ISAR.
25. ISAR - KARAMA 1976 Rapport annuel
26. JOSEPH, W., 1979. Notes de cours sur les cultures vivrières au Rwanda. Faculté d'Agronomie. U.N.R.
27. JOSEPH, W., 1981. Contribution à l'étude du flétrissement de la Pomme de terre causé par P. Solanacearum.
28. KARGANILLA, A.D. and BUDDENHAGEN, I.W., 1972. Development of a selective medium for P. solanacearum. Phytopathology 62: 1373-1375
29. KELMAN, A., 1953. The bacterial wilt caused by P. solanacearum. A literature review and bibliography. N.C. Agricultural Experiment Station. Tech. Bull. 194 p.
30. KELMAN, A., 1954. The relationship of pathogenicity in P. solanacearum to colony appearance on tetrazolium medium. Phytopathology 44: 693-695.
31. LLOYD, A.B. 1976. Bacterial wilt in a cold-temperature climate of Australia Ref. 95, p. 134-135.
32. Maddec et Perrence 1962. Relations entre l'induction de la tubérisation et la croissance de la pomme de terre.
33. CARTER, S.M., DUKES, P.D. and JAWORSKI, C.A. 1969. Vertical distribution of P. solanacearum in several soils. Phytopathology 59 : 1675-1677.
34. MESSAGE, B., BOUCHER, C., et BOISTARD, D., 1975. Transfert d'un facteur R, (RP₄) dans une souche de P. solanacearum. Ann. Phytopathol. 7: 95-103.

35. MESSAIEN, C-M. 1975. Le Potager tropical Tome 1, 2 et 3
36. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE (Rép. Rwandaise) 1978. Rapport annuel p. 6-18.
37. MINISTERE DU PLAN 1974 (Rép. Rwandaise). Bulletin Agricole du Rwanda N° 2 Avril 1980. p. 74-75
38. MINISTERE DU PLAN (Rép. Rwandaise) 1974 Annuaire hydrologique. P. 45-52.
39. MINISTERE DU PLAN (Rép. Rwandaise) 1979 - Plan quinquennal développement (1978-1981).
40. MINISTERE DE LA COOPERATION. République Française 1980. Mémento de l'Agronome 2e édition, p. 522-526.
41. MOSTADE, J.M. 1977. Guide pratique de défense des cultures rwandaises ISAR Note technique N°9 p.49-51.
42. NEEL, L., H. DE PRINS et E. VINDEVOGEL 1976. Etude de la fertilité des sols à l'aide de vases de végétation. ISAR. Note technique N°1.
43. NESMITH, W.C. and JANKINS, S.F., Jr 1979. Selective media for isolation of P. solanacearum from soil Ref.95, B121.
44. NESMITH, W.C. and JENKINS, S.F., Jr 1979. A selective medium for the isolation and quantification of P. solanacearum from soil. Phytopathology 69: 182-185.
45. NIELSEN, L.W. 1963 : Longevity of P. solanacearum in potato tubers and culture in cold storage. Am. Po. Jour Vol.40
46. NIELSEN, L.W. and HAYNES, F.L., 1960. Resistance in Solanum tuberosum to P. solanacearum. Am. pot. Jour. Vol.37: p.260

47. O.B. ARENE et S.O. ODURUKWE 1978. Quelques contraintes dans l'utilisation de l'engrais NPK comme moyen de lutte contre la bactériose du manioc. La Bactériose du manioc en Afrique. Compte rendu du séminaire interdisciplinaire IITA 26-30 juin 1978 p. 9. 9-12.
48. OLSSON, KARIN 1976. Overwintering of P._____solanacearum in Sweden Ref. 95 p. 105-110.
49. POATS 1981. Enquête sur la consommation de la pomme de terre au Rwanda.
50. Programme National pour l'Amélioration de la Pomme de terre (PNAP) 1980. Rapport annuel
51. PNAP 1981. Rapport annuel.
52. PREFOL.B. et DELEPIERRE, G. 1973. Disponibilité et utilisation des terres au Rwanda. 127 p.
53. ROBINSON, R.A., 1968. The concept of vertical and horizontal resistance as illustrated by bacterial wilt of potatoes. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England. 36 p.
54. ROWE, P.R. and SEQUEIRA, L., 1970. Inheritance to P. solanacearum in solanum phureja. Phytopathology 1499-1501.
55. RWANGANO, F. (1981) Effets de 5 fongicides sur le contrôle du mildiou de la pomme de terre.
56. SAMSON, J. et GRONINGENS : 1976. Stages sur les tubercules et plantes amyliacées. IITA. IBADAN. Notes de cours.
57. SEMAL, J. et VANDERVEKEN. 1977. Notes de cours de Phytopathologie générale. Fac. Sciences Agr. Gembloux, Belgique.

58. SEQUEIRA, L. and ROWE, P.R., 1969. Selection and utilization of Solanum phureja with high resistance to different strains of P. solanacearum. Am. Pot. Jour. 64 p. 451-462.
59. SEQUEIRA, L. and GRAHAM, T.L., 1976. Agglutination of avirulent strains of P. solanacearum by potato-lectin. Phytopathology Soc., 3.
60. SIRVEN, P., GUTANEGRE, J.F., PRIOUL, C. 1974. Géographie du Rwanda. Editions A. de Boeck Bruxelles. 175 p.
61. THURSTON, H.D., 1976. Resistance to bacterial wilt P. solanacearum Réf. 95, P. 58-62.
62. THURSTON, H.D., 1976. Breeding for resistance to bacterial wilt, in 71 p. 150-155.
63. VAUGHAN, E.K., 1944. Bacterial wilt of tomato caused by Phytomonas solanacearum. Phytopathology 34: 443-458.
64. WAMBEKE, W.N.A., 1961. Les sols du Rwanda-Urundi. Publication de l'INEAC.
65. ZALEWSKI, J.C. and SEQUEIRA, L. 1973. Inhibition of bacterial growth by extracts from potato tissues. Phytopathology 63: 942-944.
66. ZALEWSKI, J.C. and SEQUEIRA, L., 1975. An antibacterial compound from Solanum phureja and its role in resistance to bacterial wilt. Phytopathology 65: 1336-1341.