

N<sup>o</sup> D'ORDRE  
66

# THÈSES

PRÉSENTÉES

à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

**Maurice NIHOUS**  
Professeur au Lycée de Lille

---

**1<sup>re</sup> THÈSE :** RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LA MATURATION,  
LE REPOS ET LA GERMINATION DES GRAINES ET  
SEMENCES, DES TUBERCULES, DES RHIZÔMES ET  
DES BULBES.

**2<sup>e</sup> THÈSE :** PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

---

Soutenues le **2 DEC 1942** devant la Commission d'Examen

MM. A. MAIGE,            *Président.*  
A. DEHORNE            }  
P. PRUVOST            } *Examineurs.*

---

PARIS-LILLE  
IMPRIMERIE A. TAFFIN-LEFORT

—  
1942

**NIHOUS (Maurice).**

Recherches physiologiques sur la maturation, le repos et la germination des graines et semences, des tubercules, des rhizômes et des bulbes. — Lille, A. Taffin-Lefort, 24, rue Charles-de-Muysart, in-8° raisin, 148 pages.

*Thèse, Sciences Naturelles, Lille, 1942, n° 66.*

**NIHOUS (Maurice).**

Recherches physiologiques sur la maturation, le repos et la germination des graines et semences, des tubercules, des rhizômes et des bulbes. — Lille, A. Taffin-Lefort, 24, rue Charles-de-Muysart, in-8° raisin, 148 pages.

*Thèse, Sciences Naturelles, Lille, 1942, n° 66.*

**NIHOUS (Maurice).**

Recherches physiologiques sur la maturation, le repos et la germination des graines et semences, des tubercules, des rhizômes et des bulbes. — Lille, A. Taffin-Lefort, 24, rue Charles-de-Muysart, in-8° raisin, 148 pages.

*Thèse, Sciences Naturelles, Lille, 1942, n° 66.*

**NIHOUS (Maurice).**

Recherches physiologiques sur la maturation, le repos et la germination des graines et semences, des tubercules, des rhizômes et des bulbes. — Lille, A. Taffin-Lefort, 24, rue Charles-de-Muysart, in-8° raisin, 148 pages.

*Thèse, Sciences Naturelles, Lille, 1942, n° 66.*

N<sup>o</sup> D'ORDRE  
66

# THÈSES

PRÉSENTÉES

à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

**Maurice NIHOUS**  
Professeur au Lycée de Lille

---

1<sup>re</sup> THÈSE : RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LA MATURATION,  
LE REPOS ET LA GERMINATION DES GRAINES ET  
SEMENCES, DES TUBERCULES, DES RHIZÔMES ET  
DES BULBES.

2<sup>e</sup> THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

---

---

Soutenues le 6 1942 devant la Commission d'Examen

MM. A. MAIGE, *Président.*  
A. DEHORNE } *Examineurs.*  
P. PRUVOST }

---

◆\*◆

PARIS-LILLE  
IMPRIMERIE A. TAFFIN-LEFORT

---

1942

UNIVERSITÉ DE LILLE

FACULTÉ DES SCIENCES

MM.		
Doyen . . . . .	MAIGE, Professeur de Botanique générale et appliquée.	
Assesseur . . . . .	PRUVOST, Professeur de Géologie et Minéralogie.	
Professeurs honoraires.	{ HALLEZ, CHATELET, BARROIS, BRUHAT, FOSSE, PASCAL, PAUTHENIER, BÉGHIN, CHAZY, PARISELLE, FLEURY, SWYNGE- DAUW, MALAQUIN, JOUNIAUX. BERTRAND, CHAUDRON.	
Maitre de Conférences honoraire . . . . .	QUINET.	
Professeurs . . . . .	GAMBIER. . . . . Calcul différentiel et intégral.	
	LERICHE . . . . . Géologie générale et Géographie physique.	
	DEHORNE . . . . . Zoologie générale et appliquée.	
	KAMPÉ DE FÉRIET	Mécanique des fluides.
	CHAPELON . . . . . Analyse supérieure et Calcul des Probabilités.	
	GALLISSOT . . . . . Mathématiques appliquées et Astronomie.	
	CAU . . . . . Physique générale.	
	LAMBREY . . . . . Radiotélégraphie.	
	MAZET . . . . . Mécanique rationnelle et Mécanique expérimentale.	
	DOLLÉ . . . . . Hydrogéologie.	
	DUPARQUE . . . . . Pétrographie des Roches Combustibles.	
	ROUELLE . . . . . Physique et Électricité industrielles.	
	LEFEBVRE . . . . . Chimie appliquée et Chimie de la Houille.	
	HOCQUETTE. . . . . Biologie végétale et agricole.	
	FRANÇOIS . . . . . Chimie générale.	
WIEMANN . . . . . Chimie générale.		
Professeur sans chaire.	DECARRIÈRE . . . . . Chimie générale.	
Maitres de Conférences.	{ MARTINOT-LAGARDE, Mécanique des fluides.	
	LAINÉ. . . . . Physique.	
	HEIM DE BALSAC . . . . . Zoologie.	
	ROIG . . . . . Physique.	
	CORSIN . . . . . Paléobotanique.	
	{ GUILLEMONAT. . . . . Chimie générale.	
Chef du Secrétariat	Melle BLANCARD DE LÉRY.	

EN HOMMAGE RESPECTUEUX

à mon MAÎTRE :

Monsieur le Professeur **A. MAIGE**,  
*Correspondant de l'Institut,*  
*Doyen de la Faculté des Sciences de Lille.*

*En témoignage de reconnaissance*

à

Monsieur le Professeur **M. Hocquette**,  
de la Faculté des Sciences de Lille,  
qui m'a aidé de ses conseils et accueilli amicalement  
dans ses laboratoires.

à

Monsieur le Professeur **R. DE LITARDIÈRES**,  
de la Faculté des Sciences de Grenoble,  
qui m'a initié à la recherche botanique.

à

Mon défunt Maître **A. LESNES**,  
mon Professeur de Sciences au Collège du Quesnoy,  
qui, par son talent de vulgarisation,  
m'a fait aimer la Botanique.

*En témoignage d'affection :*

A mes **PARENTS**, à qui je dois tant,  
à ma **FEMME**, qui m'a souvent encouragé,  
à mes **FRÈRES**, à ma **SŒUR** et à mes **PROCHES**,  
à ma **FAMILLE**.

*En témoignage de sympathie :*

A mes **AMIS**.

## INTRODUCTION

C'est un fait d'observation banal que de nombreux organes reproducteurs : graines ou semences, bulbes, tubercules et rhizômes, fraîchement récoltés, sont incapables de se développer, même si on leur procure des conditions externes les plus favorables. Un bulbe d'oignon, un rhizôme de Tussilage, une pomme de terre ne germent pas dans le sol en Automne, tandis qu'au Printemps suivant leur germination est prompte, alors que les conditions ambiantes sont beaucoup moins favorables.

Il est notoire que la germination des graines de céréales fraîchement récoltées est souvent lente et capricieuse, mais, après conservation de quelques mois en lieu sec, elle est, au contraire, très rapide.

Dans d'autres cas, souvent observés dans les stations d'essais de semences, parmi les germinations généralement promptes des graines ou semences mises en expérience, certaines restent inertes pendant un temps plus ou moins long. Ce sont des graines « dormantes ».

On dit alors que ces organes exigent un temps de *repos* avant de germer.

La nature du phénomène du repos reste un des problèmes les plus obscurs de la Biologie Végétale. Quelquefois on l'appelle « sommeil », ce qui cache mal notre ignorance et suggère de trompeuses analogies avec le monde animal. Souvent on le considère comme un temps de « surmaturation » qui prépare de pleines capacités germinatives. L'évolution de la Biologie a surtout porté le naturaliste à en faire l'analyse physico-chimique, mais, si les résultats de ces travaux fragmentaires apportent quelques lumières qu'il ne faut pas dédaigner, ils ne nous expliquent guère l'ensemble du phénomène et ne répondent que partiellement aux questions que se pose le biologiste :

*En quoi consiste exactement le repos des graines et autres organes ? Quelles en sont les causes ? Comment cesse-t-il ? Est-il possible d'en réduire la durée et comment ?*

De toute évidence ces problèmes sont étroitement liés à ceux de la maturation et de la germination. En les associant dans le présent travail, nous avons essayé d'y répondre en expérimentant sûr de nombreuses espèces. Il nous a semblé que cette étude en « surface » présentait de gros avantages sur les études de détail parce qu'elle tendait à évaluer le phénomène dans sa totalité.

Nous avons donné, dans nos recherches, une part assez large à *l'imbibition*, qui traduit, avec beaucoup de sensibilité et de fidélité, les transformations physico-chimiques de l'organe en voie de maturation ou en germination :

1° les modifications des colloïdes cellulaires dont on connaît les affinités pour l'eau.

2° les variations dans la quantité et dans la qualité des matières dissoutes, qui sont les signes des phénomènes d'anabolisme et de catabolisme.

Enfin l'imbibition intervient dans le déclanchement de la germination et conditionne la pénétration des substances solubles.

Dans l'étude de la germination, nous nous sommes vivement intéressés aux capacités germinatives des graines fraîches et à la sensibilité des graines et des jeunes plantes vis-à-vis des solutions toxiques.

Nous avons commencé notre travail par l'étude des graines du Pois et du Haricot, ce qui peut paraître étonnant puisqu'elles germent très facilement, mais rien *à priori* ne nous autorisait à penser que le repos est rigoureusement spécifique des graines à germination retardée et tout indiquait, au contraire, qu'il peut être ébauché dans les graines à germination rapide. Nous verrons qu'en étendant notre étude aux graines fraîches plus ou moins mûres de ces espèces vulgaires, nous en avons tiré des enseignements qui nous ont orienté dans nos travaux ultérieurs et nous ont facilité la compréhension du repos des diverses graines avec ou sans albumen.

Les problèmes posés ont été examinés dans une *première partie* présentée sous la forme d'études monographiques des graines et semences groupées par familles, ce qui nous a permis de déceler des propriétés communes.

Dans une *deuxième partie*, nous les avons étudiés succinctement dans les bulbes, rhizômes et tubercules.

Enfin, dans la *troisième partie*, nous avons discuté les problèmes qui font l'objet de ces recherches à la lumière des résultats que nous avons obtenus et des publications sur ces questions, qui font l'objet d'un résumé au début et d'une liste bibliographique à la fin de ce travail.

\*  
\* \*

### Matériel

Il nous a été fourni PAR L'INSTITUT D'ESSAIS DE SEMENCES ET DE RECHERCHES AGRICOLES, PAR LE LABORATOIRE DE BOTANIQUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LILLE et en grande partie par nos soins aux environs de Lille et dans les fossés de la Citadelle.

Nos expériences, sauf indications contraires, ont été exécutées avec des graines récoltées l'année même, suivant des techniques que nous avons exposées dans un chapitre spécial précédant la première partie de ce travail.

---

## HISTORIQUE

Le repos des graines, des organes végétatifs qui servent à la reproduction et les problèmes qui s'y rattachent n'ont guère fait l'objet de travaux d'ensemble. Au point de vue historique FLEISCHER (26 *bis*) et CHAUVAUD (10) furent sans doute les premiers à signaler les difficultés de germination des semences du Rosier et de la Vigne. La fin du XIX<sup>e</sup> siècle ne paraît avoir apporté aucun travail important sur ces questions. D'après KIENTZ (53) les graines de nombreuses espèces arborescentes : Sapin blanc, Hêtre, Charme, etc., et d'après WIESNER (90) celles de *Viscum* ne germent qu'après un an de repos. Pour WINKLER (91) la germination des graines d'*Euphorbia exigua* peut s'étaler sur un temps de neuf ans. PFEFFER. W (74) attribue ce repos soit à un manque de perméabilité soit à « une période de repos inhérente », mais le savant physiologiste ne s'illusionne pas sur la valeur de l'explication ainsi donnée. Ce n'est qu'à partir de 1912 que parurent successivement les résultats des travaux de divers expérimentateurs entre autres : DAVIS W. E. et ROSE R. C. (22), CROCKER W. M. (15), TOOLE E. H. (85 *a* et 85 *b*), HARRINGTON G. T. (37), HARRINGTON et HITE B. C. (38), JOSEPH (49), KOBLET R. (58 *b*), etc... sur le repos simple (*Dormancy* des auteurs anglais et *Ruheperiode* des auteurs allemands). Quelques autres expérimentateurs, entre autres DAVIS W. E. (24) et SHUCK A. L. (83 *b*) en particulier, ont signalé des cas plus complexes où, après une première période de repos (*Primary dormancy*) à la suite de laquelle la germination est possible, les graines, sous l'influence de divers facteurs agissant temporairement, rentrent en quiescence pour un temps plus ou moins long (*Secondary dormancy*).

En outre KISSER J. (55) et NEUNIKE (70) dans un examen critique du phénomène de la germination, ont signalé des cas de germinations incomplètes déjà reconnues par HARRINGTON et HITE (38), et des germinations aberrantes. Ils considèrent les premières comme de simples extensions des radicules qui gonflent lors de l'imbibition et les secondes comme de « fausses germinations ». En tous cas, elles constituent un stade intermédiaire entre le repos et la germination franche.

De nombreux facteurs interviennent dans les phénomènes du repos, de la maturation et de la germination des graines. Ce sont d'abord les facteurs externes, puis les facteurs internes, enfin, éventuellement, les traitements que divers auteurs ont expérimentés.

Ce sont ces différents aspects de la question que nous allons examiner.

## Le repos et les facteurs de la germination

a) **Facteurs externes.** — Il est reconnu depuis longtemps que la germination ne peut se produire que si certaines conditions de température, d'humidité et d'aération sont réalisées. Le point qui intéresse ces travaux est de savoir dans quelles circonstances et comment elles peuvent influencer le repos des graines ou des organes végétatifs.

1° **LA TEMPÉRATURE.** — Les travaux de FLINT L. H. (29) sur les semences de *Lactuca sativa*, de KOBLET R. (58 b) sur les semences de *Pirus Malus*, de TOOLE E. H. (85 c) sur *Phleum pratense*, de KAMENSKY (53) sur *Trifolium incarnatum*, tendent à montrer l'influence améliorante d'une exposition préalable des graines aux basses températures (5-8°). Ce traitement tend à raccourcir nettement le temps de repos tandis qu'au contraire, les hautes températures (30°), ont une influence généralement retardatrice, et affaiblissent les taux de germination.

2° **L'OXYGÈNE.** — Les membranes constituent un certain obstacle à la pénétration de l'oxygène et à l'élimination du gaz carbonique issu de la respiration de l'embryon. Aussi certains auteurs, entre autres : KISSER J. et POSSNIG J. (57), TOOLE E. H. (85 b) et GADD I. (31) ont cru y trouver la cause du repos des graines qui serait en rapport avec la pénétration insuffisante de l'oxygène et le ralentissement de l'élimination du gaz carbonique.

GADD s'est exprimé sur ce point avec beaucoup de netteté :

« Die wahrscheinlichste Hypothese scheint mir zu sein, dass die gewisse »  
» Zeit nach der Ernte immer noch lebenden schalenzellen für ihre eigene »  
» Atmung den für die Einleitung der keimprozesse im Embryo notwendigen Sauerstoff selber verbrauchen und also nicht genügende Mengen »  
» davon durchlassen. »

(L'hypothèse la plus vraisemblable me paraît être que, pendant un certain temps après la récolte, les enveloppes encore vivantes employent pour leur propre respiration l'oxygène nécessaire à la germination de l'embryon et par suite, n'en laissent pas diffuser une quantité suffisante.)

3° **L'EAU.** — L'eau est un facteur connu de la germination. En général celle-ci peut commencer avant même que la graine soit saturée d'eau. Toutefois, la pénétration de l'eau est parfois difficile, ainsi que de nombreux expérimentateurs l'ont montré sur certaines graines dites « dures », spécialement abondantes dans la famille des Légumineuses, et il en résulte parfois un repos très long que les expérimentateurs ont réduit par de simples lésions des téguments, rendus ainsi perméables.

4° **LA LUMIÈRE :** Ce facteur ne paraît guère intervenir dans la germination. Toutefois, son influence comme stimulant a été signalée par LEHMANN F. (63), JACOBI (48), MAIER W. (66) respectivement dans la

germination des graines de *Ranunculus scleratus*, *Raphanus sativus*, *Sinapis alba* et *Phleum pratense*. FLINT (29) et SHUCK (83 b) expérimentant sur les graines de *Lactuca sativa* et de *Lycopersicum sativum* ont signalé des cas de stimulation par la lumière, mais ils ont été niés par KUHN (60) et RATT (78). Par ailleurs KINZEL (54) a signalé qu'au contraire la lumière retardait la germination des graines de *Nigella sativa*.

b) **Facteurs internes.** — Si les graines mises dans les meilleures conditions de température, d'aération et d'humidité ne germent pas, les causes doivent en être recherchées dans la graine même. Ce sont les facteurs internes de la germination.

1° INFLUENCE DES ENVELOPPES, — Ce sont d'abord les péricarpes des séchés des fruits charnus, l'endocarpe des drupes, les téguments des graines, les feuilles externes des bulbes tuniqués. Ces enveloppes réalisent une inhibition mécanique évidente, qui ne paraît pas d'ailleurs avoir beaucoup attiré l'attention des biologistes.

CROCKER W. M. (15), dès 1916, dans une étude sur le mécanisme du repos des graines, a nettement exprimé l'influence inhibitrice des enveloppes de la graine. HARRINGTON et HITE (38) démontrèrent plus tard le rôle des enveloppes parcheminées dans le repos des semences de *Pirus Malus*, mais le cas complexe de cette Rosacée ne leur a pas permis de tirer de conclusions définitives ; ces travaux et ceux de quelques autres expérimentateurs pouvaient faire croire qu'il ne s'agissait que de cas particuliers plutôt rares.

Enfin l'albumen peut, dans certains cas, exercer sur l'embryon une inhibition mécanique signalée par VON VEH R. et SÖDING H. (89).

#### 2° INFLUENCE DE LA MATURITÉ :

Un autre facteur, plus spécifiquement interne, est la maturité de la graine ou des organes végétatifs qui servent à la reproduction. Mais, à la complexité du problème du repos, s'en ajoute une autre, celle de la notion même de maturité, dont les caractéristiques, chez la plupart des auteurs, restent tout à fait imprécises ou passées sous silence. Certains se réfèrent à l'état de développement (poids ou volume de l'organe), d'autres aux capacités germinatives ; or, il s'en faut que ces propriétés différentes se superposent exactement. La maturation anticipée des graines a été signalée spécialement par BITTERA N. V. et GRÜBER F. V. (5), GILL N. J. (35). Ces auteurs ont remarqué que les graines de certaines Composées, extraites du capitule coupé avec la hampe florale deux jours après la floraison et séché, possèdent d'incontestables capacités germinatives.

Il en résulte une certaine confusion qui nous a conduit à préciser la notion de maturité et à en étudier les rapports avec les phénomènes de la germination.

## Rupture du repos des graines et des organes végétatifs

NIETHEIMER A. (71) examinant la question du repos des graines et de la stimulation croit que celle-ci est possible avec les graines à germination lente et échelonnée (Groupes II *a* et II *b* de sa classification), mais il la croit impossible avec les graines où le repos dure de 3 à 4 mois ou davantage.

**Inhibitions mécaniques.** — La rupture du repos peut être naturelle ou provoquée selon qu'elle est produite par l'évolution de la graine dans son milieu ou par l'intervention de traitements pratiqués par l'expérimentateur.

Des inhibitions mécaniques ont été signalées par SCHADE R. (81), HASSELBRING H. (39) dans les bulbes. Le premier auteur signale que la sortie des racines d'*Allium Cepa* est retardée par les tissus morts, et le second rapporte l'influence améliorante de l'eau chaude, qui, tuant les écailles les plus externes du bulbe de Naraisse, libère les parties internes de l'inhibition mécanique qu'elles subissent et facilite la germination du bulbe.

*Artificiellement*, on peut libérer l'embryon :

1<sup>o</sup> *par décortication* : cette méthode, signalée par HARRINGTON et HITE (38) a été reprise par quelques expérimentateurs ;

2<sup>o</sup> *par attaque avec l'acide sulfurique* : l'usage de l'acide sulfurique a été signalé par HILL A. W. (44), GIERSBACH J. (34) et FLEMION F. (28). Cette méthode a surtout été employée *associée* à d'autres traitements pour réduire la résistance des enveloppes très épaisses et très résistantes (noyau). Elle n'a pas, à notre connaissance, été utilisée sur les graines apparemment peu protégées.

**Autres types d'inhibition** : Les procédés, qui réduisent le repos que l'on observe, en dehors de toute inhibition mécanique des graines, des semences et des organes végétatifs, entrent dans deux catégories : 1<sup>o</sup> PROCÉDÉS PHYSIQUES. 2<sup>o</sup> PROCÉDÉS CHIMIQUES.

1<sup>o</sup> PROCÉDÉS PHYSIQUES.

a) *La température* : Différents auteurs ont signalé l'influence favorable d'une exposition préalable des semences de Rosacées et de Conifères, en milieu humide, à basse température. Citons en particulier : СЮКЕР et BARTON L. V. (16), BARTON L. V. (3 *a*) et KOBLET R. (58 *b*). La stratification hivernale, employée dans la pratique horticole pour réduire le temps de repos, se justifie, d'une part, par l'action combinée des bactéries et moisissures qui détruisent les enveloppes, par les basses températures, d'autre part, qui provoqueraient une certaine « *surmaturation* ».

Par contre, une exposition préalable à une température élevée, de 30° ou plus, retarde la germination des graines ramenées ultérieurement à la température de 20°. Ce fait a été signalé par KOBLET R. en parti-

culier avec les graines de *Pirus Malus*, par TOOLE E. H. (85 a) et 85 c) avec le caryopse d'*Avena sativa* où la dessiccation rapide au soleil provoque un allongement du repos. Le dernier auteur a aussi observé que les graines de *Phleum pratense* fraîchement récoltées, séchées à 50° C., restent ultérieurement en sommeil pendant 3 mois en milieu bien aéré et 3 mois supplémentaires en flacon fermé.

L'amélioration de la germination de diverses céréales citée par HARRINGTON G. T. (37), MUNERATI O. (68 a) et (68 b) et HEINISCH O. (42), causée par un climat doux, rentre dans le cadre des améliorations provoquées par les basses températures et l'humidité.

b) *L'immersion dans l'eau* : Le rôle de l'immersion dans l'eau dans le déclanchement de la germination des embryons dormants a été reconnu par quelques expérimentateurs : GEIGER M. (33) avec les Céréales, DAVIS W. E. (21 b) avec *Xanthium*, CHIPPENDALE (11) avec *Dactylis glomerata* et enfin par VON VEH (88). D'après ces auteurs l'immersion des graines, pendant un temps qui varie avec les espèces, provoquerait une réduction notable du temps de repos.

Une voix discordante, celle de LINCHAN P. A. (64), nie l'influence favorable de l'immersion dans la germination de *Dactylis glomerata*. Pour ce dernier auteur, la faible réduction du temps de repos est simplement provoquée par l'imbibition préalable des graines de *Dactylis* qui sont relativement dures.

c) *Les traumatismes* : le rôle des traumatismes (incisions ou ablations partielles des cotylédons, des bulbes et tubercules) ne paraît pas avoir attiré beaucoup l'attention des biologistes. Citons les travaux de KALITAJEV V. V. et GISCHENKO (52) qui ont signalé que l'élimination des fragments d'albumen des caryopses du blé provoque une nette accélération de la germination. Toutefois ces auteurs observent que la force de croissance (TRIEBKRAFT) y est plus faible que celle des témoins.

Par ailleurs, WISNIEWSKI P. (93) a montré que les lésions provoquées sur les bourgeons d'hiver de *Strawberries aloïdes* ont une influence nettement stimulante sur leur développement ultérieur.

d) *La dessiccation* : La rupture des inhibitions internes peut se produire, par simple séjour des graines en milieu sec. Cette maturation par dessiccation, signalée par de nombreux expérimentateurs, constitue un fait considéré comme banal. Toutefois HOTTER E. (46) et HEINRICH (43) ont fait remarquer que la dessiccation est loin d'être indispensable et que des graines fraîches de céréales étaient capables de germer.

2° PROCÉDÉS CHIMIQUES. STIMULATION ET TOXICITÉ. — Cette forme de stimulation a fait l'objet de très nombreux travaux qui tendent à en prouver l'efficacité. À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle NOBBE (73), PRILLEUX (75), BRUTTINI (7), SIGMUND (84), VANDEVELDE J. (87) ont démontré l'influence stimulante des solutions très étendues de diverses substances, spécialement des électrolytes, sur la germination des graines.

COUPIN en 1901 signale les effets stimulants des solutions de sels de potasse, mais CZAPEK (19), en rapportant ces travaux, ne pense pas

qu'on puisse en tirer de nettes conclusions car les enveloppes des graines sont très inégalement perméables aux substances étudiées. Plus récemment, citons EGOÛOVA (25), FABRI A. (27), ANDERSEN A. M. (1) KISSER J. et LORENZ N. (56), HEINISCH O. (41), CROCIONI (17), NIETHEIMER, etc..., qui ont employé diverses substances en solutions étendues : acides, bases, sels, et des substances organiques dans le trempage préalable des graines.

Sur les tubercules de *Solanum tuberosum*, d'après B. FRANK et F. KRÜGER (30) la bouillie bordelaise exercerait une influence stimulante dans l'apparition et la croissance des pousses. Des travaux importants, devenus classiques, ont été publiés par DENNY F. E. (23), GUTHRIE J. D. (36), MILLER (67 *a* et *b*), qui ont montré l'influence stimulante de divers produits sulfurés, de l'éther, etc... sur les mêmes tubercules.

Le passage de la stimulation à la toxicité, qui apparaît quand les solutions dépassent une certaine concentration, a été nettement mise en évidence par PFEFFER (74) à la suite de nombreux travaux sur les champignons et les algues et par HUEPPE F. (47) qui exprime ce fait par un énoncé qui a l'allure d'une véritable loi.

« Jeder Körper, der in bestimmten Konzentrationen Protoplasma tötet, in geringeren Mengen die Entwicklungsfähigkeit aufhebt, in noch geringeren Mengen umgekehrt als Reiz wirkt und die Lebenseigenschaften erhöht. »

La toxicité des sels de cuivre a été spécialement étudiée par RAULIN (77), NAEGELI (69), KAHLBERG et TRUE (50), HEALD (40), COUPIN (14), DEHÉRAIN et DEMOUSSY (24), CLARK (12), RUFZ de LAVISON (80), celle des sels de fer par Th. BOKORNY (6).

De tous ces travaux il se dégage essentiellement la haute toxicité des acides et des bases par leur ions H et OH et de certains cations lourds (Hg, Ag, Pb, Cu, etc.).

## Germination et polarité

L'étude des caractéristiques physico-chimiques de la graine au repos, fort incomplète d'ailleurs, n'a guère permis d'élucider le problème du repos car les transformations chimiques les plus simples et par suite les plus facilement analysables, n'apparaissent nettement qu'après le début de la germination. Pendant le repos elles sont faibles à tel point que TOOLE (85 *b*) dit :

« It is desappointing that studies of the changes during dormancy « or afterripening have provided so little help in understanding the « physiology of dormancy. »

Mais certaines caractéristiques dont les rapports avec la germination sont malheureusement loin d'être élucidés, méritent d'être examinées et rapprochées car elles peuvent aider à la compréhension des problèmes proposés.

Il existe d'abord une **polarité anatomique** dans les graines et les organes végétatifs, correspondant à la différenciation des diverses parties de l'embryon. Nous l'examinerons en détail dans nos propres conclusions. Mais, divers auteurs en ont signalé d'autres susceptibles d'intervenir ou de servir de témoin dans l'évolution du phénomène du repos.

A la polarité anatomique s'associe une **polarité physiologique**. GAIN (32) et DAVID (20), appliquant aux graines la notion de gradient axial exprimée par CHILD chez les animaux, ont montré que les diverses parties de la graine sont inégalement résistantes aux températures élevées. DAVID a montré que cette résistance décroît de la racine à l'extrémité des cotylédons suivant l'axe radicule-tigelle — base des cotylédons — extrémités des cotylédons. L'albumen, en général, posséderait une résistance supérieure à celle de l'embryon.

Divers auteurs ont aussi signalé une **polarité électrique**. CLARTH W. G. (13) dans les graines d'*Avena sativa* et de *Pisum sativum*, a montré qu'en général les extrémités apicales des cotylédons sont électro-négatives par rapport à la base. WENT F. W. (92) de son côté, a signalé l'existence d'une potentialité électrique générale dans le végétal ; ainsi, la base de l'axe hypocotylé de la jeune plante d'*Impatiens* serait électro-positive par rapport à l'extrémité supérieure et il rapporte qu'à la polarité physique s'associe une polarité chimique.

La polarité des tubercules a été signalée par BURKILL I. H. (9), CZAJA A. TH. (18) et SCHRANITZ F. (82).

De l'ensemble de ces travaux, il semble donc qu'il existe aussi un véritable gradient électrique lié à l'acidité ou à la basicité des organes....

Mais les auteurs n'ont guère montré le rôle que joue la polarité dans le phénomène de la germination, et il n'existe, à notre connaissance, aucun renseignement précis sur les variations des diverses polarités avec le développement de la graine ou des organes végétatifs (tubercules, etc...) La liaison même du phénomène avec ceux de la germination que nous allons examiner plus loin se présente comme une hypothèse vraisemblable. Examinons à ce point de vue les divers phénomènes de la germination.

a) *Catabolisme* : les tissus nourriciers sont désagrégés et digérés par les phénomènes diastasiques....

NIETHAMMER A. (71), TOOLE E. H. (85 a) et KOBLET R. (58 a) ont montré la faiblesse des phénomènes diastasiques dans les graines de Céréales et de Conifères au repos, et il s'agit bien dans les cas étudiés plus d'une insuffisance de diastases que de conditions de milieu défavorables. Cette insuffisance disparaît avec la germination qui est hautement productrice de diastases.

b) *Transport* : le transport des substances digérées dépend étroitement de la perméabilité. L'hémiperméabilité, comme on le sait, est caractéristique des jeunes tissus. On peut donc concevoir que les jeunes cellules soient relativement peu aptes à transmettre ces substances, tandis que les vieux tissus possèdent cette propriété au maximum.

Le milieu (sels dissous, acides, etc...) joue dans ce phénomène un rôle important. WENT, pense que la migration serait provoquée par la polarité électrique.

c) *Anabolisme* : dans les phénomènes de synthèse dont l'axe embryonnaire est le siège, les auxines et autres catalyseurs organiques jouent un rôle éminent (WENT — DOLK — PAAL, etc...). Quelques expérimentateurs ont montré justement le rôle important joué, par ailleurs, par les auxines dans les phénomènes de polarité : CZAJA (18), VON VEH et SÖDING (89), TUTSCHOVA (86). Ce dernier auteur a montré, en particulier, le rôle des auxines dans les phénomènes de fasciation et d'autre part, EISCHMICH (26), a montré l'influence déterminante des auxines dans la différenciation soit en tige, soit en racine des bourgeons adventifs de *Populus nigra*.

AUXINES ET INTOXICATION. — L'idée de l'intoxication de la graine a été fréquemment émise. MAZE (65) dès 1910 signalait la présence de petites quantités d'aldehydes dans les graines de *Pisum* immatures et fraîches mais les faibles doses de substance qu'il signale rendent très aléatoire l'identification du produit toxique.

SHUCK A. L. (83 a) a signalé que les graines de *Lactuca sativa* en repos laissent exsuder une substance toxique qui imprègne le substratum de germination.

Expérimentalement, l'intoxication acide des graines par la pulpe des fruits charnus a été signalée par divers auteurs, entre autres par KOSAKA H. (61) et surtout par KÖCKEMANN A. (59 a) et 59 b) qui y ont décelé des substances (« *Hemmungstoffe* ») qui entravent la germination des graines. Pour KÖCKEMANN, ces substances seraient voisines des auxines tandis que pour COPISAROW, elles seraient des acides organiques tels que l'acide malique.

Enfin, à côté des auxines agents stimulants ou peut-être d'intoxication, il faut citer les vitamines dont l'influence stimulante a été signalée par BERMER (4) ROBBINS W. J. et SCHMIDT N. B. (79), avec la vitamine B<sub>1</sub>.

---

## TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE

Nous allons passer en revue les techniques que nous avons suivies dans les différentes opérations que nous avons fait subir aux échantillons sur lesquels nous avons expérimenté.

**1<sup>o</sup> Imbibition.** — Les graines immergées absorbent l'eau jusqu'à saturation.

Nous appelons *taux d'imbibition* le poids d'eau absorbé par 100 gr. de graines *sèches* à température constante.

Le taux d'imbibition a été mesuré, sauf indications spéciales, à  $t = 20^{\circ}$ , en immergeant les graines dans l'eau distillée jusqu'à poids constant. L'eau distillée a l'avantage d'éliminer toutes influences que pourraient exercer des substances dissoutes. Celles-ci, il est vrai, présentent éventuellement l'avantage de régulariser la pénétration de l'eau dans les graines. En fait, nos mesures, faites après immersion dans l'eau de la canalisation à 0 gr. 4, de calcaire par litre ou dans de l'eau sucrée à 5 % de saccharose, nous ont donné, avec les graines à *taux d'imbibition* supérieur à 60 %, des résultats qui diffèrent peu (2 à 5 % en moins) de ceux obtenus avec l'eau distillée. Avec les graines dont le *taux* est inférieur à 50 %, les résultats sont sensiblement pareils, l'imbibition étant un peu plus lente.

Nous avons été amené à distinguer : 1<sup>o</sup> le *taux d'imbibition apparent* qui est la quantité d'eau absorbée par 100 grammes de graines ou semences avec leurs téguments et annexes ; 2<sup>o</sup> le *taux d'imbibition réel* ou poids d'eau absorbé par 100 grammes d'embryons nus. La comparaison entre ces deux *taux* nous a permis d'étudier l'influence des enveloppes des embryons sur le phénomène d'imbibition.

De nombreux essais nous ont montré que le *taux d'imbibition réel* est une **constante** de la graine qui a achevé son évolution sur la plante mère. Cette constante possède les caractères des constantes biologiques qui n'ont pas, bien entendu, la rigueur des constantes physiques. Les valeurs des *taux d'imbibition* données dans ce travail représentent une valeur moyenne autour de laquelle nous avons observé des fluctuations de 2 à 3 unités pour cent dans la mesure où les lots de graines employées étaient homogènes, c'est-à-dire constitués par des graines récoltées à pleine maturité. Les graines des espèces commerciales nous ont donné des fluctuations qui n'excèdent pas 5 % en général, avec les graines de *Phaseolus* et de *Pisum*. Quelques anomalies — celle que présentent, par exemple, les graines de *Pisum* ridées (Duc d'Albany, Téléphone, etc...) dont le *taux* est de 150 % alors que celui des graines lisses est de 95 % — que des recherches ultérieures permettront d'expliquer, n'entachent pas le principe même de cette constante biologique.

Cette stabilité du taux d'imbibition nous a incité à rechercher si elle se maintenait au cours d'imbibitions successives et nous avons fait subir, en général, aux graines trois cycles d'hydratation et de déshydratation.

2° **Degré d'hydratation.** — Notre attention, par ailleurs, a été attirée par l'état d'hydratation des graines fraîchement extraites des fruits.

Nous appelons **degré d'hydratation** des graines **fraîches** le poids d'eau qu'elles contiennent rapporté à 100 grammes de graines sèches. On le détermine par dessiccation ménagée des graines qui sont mises à la lumière diffuse en chambre sèche à  $t = 20^{\circ}$ , puis, la dessiccation est achevée sur exsiccateur à acide sulfurique, jusqu'à poids constant.

3° **Germination.** — Nos essais de germination, sauf indications spéciales, ont été exécutés à  $t = 20^{\circ}$  en cuvette fermée ou boîte de Pétri, sur coton humide, et poursuivis pendant plusieurs mois et même davantage en cas de nécessité. En cas d'échec à  $t = 20^{\circ}$ , les essais ont été recommencés à  $t = 30^{\circ}$ .

4° **Repos.** — L'expérience montre que, pour chaque espèce, il existe en général un temps minimum incompressible qui s'écoule entre la mise des organes en expérience et les premières manifestations morphologiques de la germination. C'est ce temps minimum que nous appelons **temps de latence**. Il y a donc repos des organes étudiés quand le temps qui précède la germination dépasse nettement le temps de latence. Ainsi la germination de graines de Pois mûres débute après 24 heures sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . Ce temps ne peut guère être sensiblement raccourci. Dans les mêmes conditions, des graines immatures ne germent, par exemple, que cinq jours plus tard. Leur repos est donc de 4 jours et il se mesure donc par déduction du temps de latence minimum de l'espèce.

Par ailleurs, la germination s'échelonne sur un certain temps ou **temps de germination**. Si ce temps est court — 48 h. avec les graines de Pois —, la germination est *condensée* et s'exprime par une courbe de fréquence très relevée en forme de cloche. Dans d'autres cas, elle s'étale sur des temps plus ou moins longs. Il existe, pour toute espèce, un temps de germination minimum incompressible. Dans le cas où la durée de la germination excède ce temps minimum, nous dirons également qu'il y a repos des organes mis en expérience.

De sorte que le repos peut porter soit sur l'allongement du temps de latence, soit sur l'allongement du temps de germination, ou sur les deux à la fois.

**RUPTURE DU REPOS.** — Le repos des graines et autres organes reproducteurs n'est pas un état irrévocable (72 c). Il peut être notablement réduit. A cet effet, nous avons employé diverses méthodes qui diminuent soit le temps de latence, soit le temps de germination ou les deux à la fois.

a) *par décortication* : les graines sont simplement dépouillées de

leurs téguments et annexes afin de libérer l'embryon. Cette opération est facile à réaliser avec des graines fraîches de grosseur suffisante. Avec des graines sèches il suffit d'un trempage préalable dans l'eau pour faciliter l'extraction des enveloppes. Les graines de petites dimensions se prêtent mal à cette opération.

b) *par sectionnement* : cette méthode consiste à sectionner l'une ou l'autre extrémité de la graine, ce qui libère partiellement l'embryon. Elle doit être pratiquée de façon à léser le moins possible l'embryon. Toutefois, nous avons remarqué que ces lésions, à moins qu'elles ne soient trop profondes, ne modifient guère la germination qui reste absolument normale. Dans le cas des sections préradiculaires où la radicule est fortement incisée, on observe simplement une production plus précoce de radicelles. Si les sections ont entamé les cotylédons très largement les plantes obtenues sont plus petites.

c) *par l'acide sulfurique* : les graines et semences sont immergées pendant un temps variable dans l'acide sulfurique à 66° Baumé qui détruit les enveloppes de la graine, mais l'action destructrice doit être limitée à un temps tel que l'embryon ne soit pas atteint.

Par ailleurs, les graines ou semences ainsi traitées doivent être soigneusement lavées jusqu'à élimination des traces d'acide et le lavage doit être d'autant plus long que l'immersion a été prolongée. Le lavage à l'eau calcaire donne rapidement une excellente élimination de l'acide. Dans tous les cas, après attaque sulfurique des graines et semences, nous nous sommes toujours assuré de la bonne qualité de la germination où l'influence acide, même légère, est facile à discerner (malformations des racines, etc...).

Cette méthode ne donne que des résultats incertains, ainsi que nous le montrerons avec les semences de *Bidens tripartitus*, quand l'inhibition résulte de la résistance des téguments internes car l'acide, en détruisant ces téguments, attaque souvent l'embryon qu'il tue.

Quand les semences forment une population peu homogène où les enveloppes des semences sont très inégalement résistantes, il est bien évident que l'action de l'acide, pendant un temps donné, n'est optimum que pour une partie de la population. Alors le réactif attaque insuffisamment les enveloppes des semences les plus résistantes et peut tuer ou altérer celles dont les enveloppes sont les moins résistantes. Il en résulte alors une chute des taux et le temps de germination, bien que raccourci, reste étalé, (Voir nos résultats avec *Datura Stramonium*.)

d) *par diverses solutions* : parmi les solutions expérimentées pour raccourcir le repos des embryons nus, nous avons, en général, employé des corps dissous à fonctions acide, base ou sel. Dans certains cas, nous avons choisi des oxydants et des réducteurs. La concentration a été dictée par les résultats obtenus dans nos recherches sur la toxicité qui, pour les plus actifs, commence à être sensible pour les concentrations de 4/10<sup>4</sup>.

5° **Toxicité.** — Nos recherches sur la toxicité de diverses solutions

vis-à-vis des graines et semences, font partie des travaux que nous avons exécutés en 1939-1940, au titre de la mobilisation scientifique, sous la direction de M. le Professeur HOCQUETTE. C'est au cours de ces recherches que nous avons observé les rapports entre la sensibilité aux toxiques et le degré de maturité des embryons, et mesuré l'intérêt que ces rapports pouvaient justement présenter dans l'*appréciation de la maturité*.

Par ailleurs, la sensibilité des graines et plantes, vis-à-vis de diverses solutions, présente évidemment un intérêt pratique dans la lutte et la destruction des plantes envahissantes des cultures (*Sinapis*, etc...). C'est pourquoi, la toxicité constitue une bonne part de ce travail.

Dans nos recherches sur la toxicité, nous avons essayé des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique, de soude, de sulfate de fer et de sulfate de cuivre et parfois d'autres sels. Ces corps représentent les fonctions fondamentales : acide, base, sel ; les deux sels expérimentés sont considérés comme des antiseptiques puissants.

En général, nous avons immergé des lots de 100 graines ou semences (parfois 50 ou 25 en cas de pénurie ou dans les cas où elles sont très volumineuses) dans des quantités de solution avec lesquelles ils représentaient un rapport de poids défini : 1/20, ce qui rend possible la comparaison des résultats obtenus avec diverses espèces.

Le temps d'immersion dans les solutions est choisi de telle manière que chaque graine absorbe au moins une quantité de liquide correspondant à 80 % du taux d'imbibition. Quant aux taux de germination, ils sont comptés à partir du moment où ils sont stabilisés. Nous verrons que les graines sans albumen, en général, germent rapidement, en quelques jours, dans la mesure où elles sont libérées de toute inhibition mécanique. De nombreux essais, concordants, nous ont prouvé que les germinations, même retardées par l'immersion dans les solutions étaient, en général, terminées 7 jours plus tard. C'est donc, après ce temps, que les taux ont été comptés. Quant aux germinations des graines à albumen avec lesquelles nous avons expérimenté, elles sont plus lentes ; elles sont en général achevées 15 jours plus tard. Ce n'est que très rarement que nous avons prolongé les germinations et l'évaluation des taux jusqu'à la pourriture des graines non germées.

**RÉSISTANCE DES JEUNES PLANTES A L'IMMERSION DANS LES SOLUTIONS CHLORHYDRIQUES. — RÉSISTANCE DE BASE.** — Les jeunes plantes immergées dans une solution étendue d'acide chlorhydrique (de concentration 2/10<sup>4</sup>) résistent à l'action acide pendant un temps plus ou moins long.

Avec les jeunes plantes (jusqu'au 5<sup>e</sup> jour) nous avons opéré de la manière suivante : les plantules sont immergées dans la solution acide à  $t = 20^{\circ}$  et sorties par lot de 10, après des temps d'immersion croissants ; après lavage, elles sont placées sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  et mises en observation. La résistance est mesurée par le temps d'immersion du dernier lot où survivent au moins 50 % des plantes.

Avec les plantes plus âgées (au delà de 5 jours), nous avons employé une méthode plus rapide. Immergées en solution acide, elles réagissent d'une manière très générale : après un certain temps d'immersion, les sommités des tiges subissent une forte réaction qui les courbe. Puis les extrémités des tiges perdent leur turgescence et se fanent. Cette perte de turgescence peut être considérée comme marquant l'extrême limite de la résistance, et le temps de résistance est le temps qui s'écoule entre le début de l'immersion et la perte de la turgescence d'au moins 50 % des plantes expérimentées.

Nous avons reconnu que les temps de résistance, mesurés par l'une ou l'autre méthode, étaient sensiblement équivalents, toutes autres conditions étant égales.

L'étude de la résistance des jeunes plantes cultivées à l'obscurité sur coton humide dépourvu de matières minérales, vis-à-vis de solutions chlorhydriques étendues, nous a montré qu'entre le début de la mise en germination, caractérisé par une haute résistance, et la mort des plantules aux approches de laquelle on observe au contraire une résistance sensiblement nulle, il existe, pour une espèce déterminée, dans des conditions fixées (température fixe, inanition, etc...), une résistance sensiblement constante que nous avons appelé **RÉSISTANCE DE BASE**.

6° pH. — Nous avons rarement fait usage du pH. Dans les cas où nous avons dû y recourir, nous avons employé la méthode colorimétrique qui, malgré ses défauts, nous a donné des résultats satisfaisants, dans des essais qui n'exigeaient pas d'ailleurs une grande précision.

(1) vs à un ds solut. chlorhyd. de conc.  $\frac{2}{104}$ .

---



## PREMIÈRE PARTIE

### GRAINES ET SEMENCES SANS ALBUMEN

---

#### A. Les-Légumineuses

##### I. *Pisum sativum* L. Pois cultivé. Variété Prince Albert.

**Germination.** — a) GRAINES MÛRES ET SÈCHES. — Mises entre deux lames de coton humide à  $t = 20^{\circ}$ , les graines commencent à germer 25 à 30 heures plus tard et la germination s'achève deux jours après avec des pourcentages élevés : 90-95 %.

Si l'on élimine les téguments des graines, en les grattant à sec, ou en les décortiquant après une immersion de 2 à 3 heures dans l'eau, la germination débute vers la 20<sup>e</sup> heure, soit quelques heures plus tôt. Cette constatation élémentaire nous a conduit, comme on le verra plus loin, à l'élimination des enveloppes des graines à germination retardée et à la mise en évidence d'un type de repos par inhibition mécanique.

b) GRAINES FRAÎCHES, PLUS OU MOINS ÉLOIGNÉES DE LA MATURITÉ. — Les graines fraîches, garnies de leurs téguments, mises sur coton humide, dans les conditions de milieu les plus favorables, donnent des germinations très précaires : les taux sont faibles et les cultures sont généralement envahies par les moisissures. Avec des graines fraîches, proches de la maturité, la racine et la tige se développent souvent sous les téguments qu'elles ne percent que difficilement. Quant aux graines fraîches, incomplètement développées, elles pourrissent rapidement.

Ces observations nous ont amené à éliminer les téguments des graines. Dans ces conditions, des graines fraîches de poids moyen 0 gr. 5, de degré d'hydratation 175 % — tirées de gousses vert olive, donc peu éloignées de la maturité — mises sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ , donnent une germination condensée qui débute après 36 à 40 heures et s'achève 4 à 5 jours plus tard avec des pourcentages très élevés : 98 à 100 %. Cette germination est un peu plus lente que celle obtenue avec les mêmes graines ayant subi une dessiccation ménagée, toutes autres conditions étant égales, mais les taux sont nettement meilleurs : 98-100 % au lieu de 90-95 %.

Des graines fraîches, de poids moyen 0 gr. 4 et de degré d'hydratation 260 %, germent 72 à 100 heures après la mise sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  et la germination s'achève 5 à 6 jours plus tard, avec des pourcentages de 95-98 %.

Avec des graines moins évoluées — de poids moyen 0 gr. 250, de degré d'hydratation 400 % — l'étalement est de 8 à 15 jours, les taux varient entre 40 et 70 % et les graines germées présentent diverses anomalies : les racines sont boursoufflées et les radicelles, dont le développement est précoce, tendent à fusionner.

Les graines, plus petites, de poids 0 gr. 2 et de degré d'hydratation d'environ 450 %, donnent des germinations précaires avec des taux très faibles : 5 à 10 %.

Enfin les graines de poids moyen 0 gr. 15, de degré d'hydratation 500 % ne donnent plus de germination : elles pourrissent quels que soient les soins apportés à la germination.

La germination des graines fraîches est donc subordonnée à leur état de développement que nous caractérisons par le poids moyen et surtout par le *degré d'hydratation*. Ce dernier caractère est particulièrement significatif : la germination est normale, comparée à celle donnée par les graines mûres sur la plante mère et séchées, quand les graines mises en expériences, dépouillées de leurs téguments, contiennent moins de 200 % d'eau.

REMARQUE. — Si les graines à fort degré d'hydratation, de 250 à 500 %, sont séchées *rapidement* hors du fruit et mises à germer à  $t = 20^{\circ}$ , elles pourrissent, même si on élimine leurs téguments, tandis qu'au contraire, ainsi que nous le verrons plus loin, la dessiccation *ménagée* leur procure de bonnes capacités germinatives.

Nous pouvons donc conclure que :

1<sup>o</sup> *La germination des graines mûres et sèches est rapide. Elle est légèrement entravée par les téguments qui inhibent nettement la germination des graines fraîches.*

2<sup>o</sup> *Les graines fraîches, dépouillées de leurs téguments, possèdent des capacités germinatives élevées qui s'affaiblissent avec le degré d'immaturation, capacités qui restent dans l'ensemble, toutes autres conditions égales, supérieures à celles des graines préalablement séchées.*

### Imbibition avant la germination

1. GRAINES MÛRES ET SÉCHÉES : a) *en milieu faiblement aérobie.* — Les graines sont simplement immergées dans un verre contenant de l'eau distillée, milieu beaucoup plus pauvre en oxygène que le coton humide.

En général, dans les premières heures qui suivent l'immersion des graines, l'absorption de l'eau est irrégulière et les mesures n'ont pas de signification précise car les résultats dépendent des divers accidents de la surface de la graine : éraflures, lésions, occlusion du hile. Certaines graines, assez dures, ne sont pénétrées par l'eau que 10 à 15 heures plus tard. Nous en avons régularisé l'imbibition par une double incision des téguments ou en grattant le hile. Ces précautions prises, toutes autres conditions étant égales, l'imbibition est sensiblement pareille dans tous

TABLEAU I

*Pisum Sativum* L. Prince Albert, t = 20°.

	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	9 h.	10 h.	11 h.	12 h.	13 h.	14 h.	15 h.	20 h.	24 h. M.H.(1)	
Après .....																		
A) graines entières, milieu faiblement aérobie .....	27 (2)	30,52	32,71	34,25	35,52	36,42	36,77	37,09	37,48	37,76	38,04	38,30	38,50	38,60	38,65	38,82	38,92	25mm
B) graines entières, milieu aérobie .....	25,71	29,28	31,15	32,63	33,74	34,84	35,87	36,35	36,84	37,37	37,79	37,93	38,13	38,32	38,51	39,33	39,52	47mm
C) embryons entiers .....	26,52	31,4	34,97	37,3	37,72	37,93	38,16	38,29	38,33	38,42	38,55	38,63	38,73	38,79	38,87	39,08	39,24	40mm
D) embryons à cotylédons isolés .....	27,22	32,15	34,86	36,55	37,40	37,27	37,31	37,39	37,57	37,79	37,88	38,01	38,20	38,35	38,47	38,63	38,63	

(1) Dans la dernière colonne, en M. H., nous avons porté l'accroissement moyen de l'imbibition par heure, calculé sur la base des 4 dernières heures.

(2) Poids en grammes.

les lots expérimentés. Avec des lots homogènes de 20 grammes comprenant le même nombre de graines de même poids, les variations de poids après 24 heures d'immersion n'excèdent pas 0 gr. 2, mais des lots hétérogènes peuvent présenter des fluctuations importantes de l'ordre du gramme et même davantage. Aussi les essais d'imbibition n'ont de sens, en général, que si l'on dispose d'échantillons très homogènes.

Dans cette étude nous avons immergé des lots de graines de 20 gr. à  $t = 20^{\circ}$ . Ils sont pesés toutes les heures jusqu'à la 15<sup>e</sup> heure, puis à la 20<sup>e</sup> et à la 24<sup>e</sup>. Nous trouvons les résultats de ces opérations dans la ligne A du tableau I.

La courbe (I) de la planche I, représentative du phénomène, montre que l'imbibition comprend essentiellement deux phases.

La première, AB, correspondant à la partie fortement ascendante de la courbe, dure les 6-7 premières heures. La seconde, BCD, va de la 7<sup>e</sup> à la 24<sup>e</sup> heure. L'imbibition, dont le rythme décroît progressivement, est représentée sensiblement, par une droite BC légèrement relevée sur l'axe des abscisses et la partie CD traduit une imbibition au rythme sans cesse décroissant et l'imbibition, à la 24<sup>e</sup> heure, tend vers zéro. Mais, alors interviennent les phénomènes de digestion et de synthèse de la germination qui provoquent, comme nous le verrons plus loin, une reprise très nette de l'imbibition.

A température plus basse :  $t = 12^{\circ}$ , la partie AB de la courbe se prolonge jusqu'à la 10<sup>e</sup> heure ; à température plus élevée ( $t = 30^{\circ}$ ) elle se termine à la 5<sup>e</sup> heure mais l'imbibition finale n'est guère différente de celle obtenue à 20<sup>o</sup>. Ainsi alors que le poids moyen des lots de poids initial 20 grammes à la 24<sup>e</sup> heure est de 38 gr. 9 à  $t = 20^{\circ}$ , à  $t = 12^{\circ}$ , il est de 38 gr. 6 et à  $t = 30^{\circ}$  de 39 gr. 6.

b) *En milieu franchement aérobie :*

Ce milieu est obtenu en saturant d'eau deux fines lames de coton entre lesquelles les graines sont placées. L'air y pénètre facilement ; ce milieu s'oppose au milieu aqueux, pauvre en oxygène. Le tableau des pesées en B, tableau I, et la courbe II (planche I) montrent — et ceci était facile à prévoir — que la première phase de l'imbibition est plus lente qu'avec des graines complètement immergées mais la 2<sup>e</sup> phase de l'imbibition en milieu aérobie est représentée sensiblement par une courbe plus relevée sur l'axe des abscisses et témoigne ainsi d'une absorption plus intense. L'imbibition finale est aussi plus élevée.

Cette influence favorable du milieu aérobie peut encore être mise en évidence de la manière suivante. Nous avons pesé un lot de graines qui est totalement immergé dans l'eau pendant 15 heures (poids initial = 20 gr.), soit 38 gr. 6. A la 20<sup>e</sup> heure, il pèse 38 gr. 8. Abandonné une heure à l'air libre, il subit une légère dessiccation et son poids tombe à 38 gr. 3. Immergé à nouveau, après les 4 heures qui suivent, son poids s'établit à 39 gr. 1, soit en augmentation de 0 gr. 3 sur le poids à la 20<sup>e</sup> heure d'immersion, en augmentation, par conséquent, vis-à-vis de

l'accroissement de l'imbibition pendant les cinq heures précédentes.

Un résultat analogue est obtenu en immergeant les lots de graines en expérience, non dans l'eau pure mais dans une solution aqueuse d'eau oxygénée à 4/10<sup>4</sup>.

*L'oxygène favorise donc la reprise de l'imbibition, sans doute en modifiant les colloïdes cellulaires, ou en provoquant — directement ou indirectement — la dislocation des matières de réserve.*

**Rôle des téguments.** — Nous avons déjà vu qu'ils sont à l'origine des irrégularités de l'absorption pendant les premières heures. Pour préciser leur action, nous avons répété les essais d'imbibition soit avec des embryons nus entiers, soit avec des embryons nus dont l'un des cotylédons a été isolé ce qui permet l'essuyage complet de l'embryon.

Les lignes C et D du tableau I rendent compte des résultats moyens obtenus avec les divers lots de poids initial 20 grammes, mis en expérience.

Si nous comparons ces résultats à ceux des lignes A et B nous constatons que les téguments retardent l'imbibition sans modifier sensiblement la valeur de l'imbibition finale.

La comparaison de la ligne A et de la ligne D du tableau I met en évidence l'imbibition plus faible des graines à cotylédons isolés. Ceci s'explique par le fait que, dans ce dernier cas, l'essuyage de l'eau, qui mouille les cotylédons, est complet, tandis qu'avec l'embryon entier il est difficile d'éliminer toute l'eau contenue entre les cotylédons. Dans la graine entière, la quantité d'eau résiduaire est très faible car elle est éliminée par le gonflement et la compression de l'embryon à l'intérieur des téguments.

*Valeur du taux d'imbibition.* — Si nous nous reportons aux expériences précédentes à diverses températures, nous constatons que le taux d'imbibition oscille entre 93 et 97 %, avec la moyenne de 95 %. C'est sensiblement le taux d'imbibition à  $t = 20^{\circ}$ . Dans le cas présent, l'influence des membranes est quasi négligeable et l'on peut confondre ici le taux d'imbibition réel avec le taux d'imbibition apparent.

**REMARQUE I.** — Naturellement la détermination des taux doit être faite en présence d'un excès d'eau soit par immersion, soit entre deux lames de coton fortement imprégnées d'eau, sans quoi la germination peut se déclencher avant que l'imbibition soit achevée surtout si la température est assez élevée, de l'ordre de 25 à 30° par exemple. En pratique, nous avons toujours opéré par immersion dans l'eau distillée à  $t = 20^{\circ}$  sans être gêné par la germination. Comme nous le verrons plus loin, la limite de l'absorption prégerminative, atteinte vers la 24<sup>e</sup> heure, est nettement fixée, car avec les phénomènes de la germination, apparaît un relèvement de la moyenne horaire de l'accroissement de l'imbibition.

**REMARQUE II.** — Le taux réel d'un embryon est très voisin de celui de ses cotylédons isolés qui représentent ici sensiblement les 99/100 de la

masse totale de l'embryon ce qui ne signifie nullement que l'axe embryonnaire possède un taux d'imbibition égal ou voisin de celui des cotylédons. Au contraire, celui de l'axe de *Pisum* est notablement plus élevé et atteint 180 à 200 %. Ceci prouve qu'il existe dans cette graine une « polarité hydrique » bien marquée, l'un des pôles étant l'axe embryonnaire fortement hydraté, l'autre pôle les cotylédons, beaucoup moins hydratés.

REMARQUE III. — Certaines variétés de *Pisum* à graines ridées nous ont fourni des taux nettement supérieurs à 95 %. C'est ainsi que le taux d'imbibition des graines de *Pisum*, variétés Téléphone ou Duc d'Albany, s'élève à 150 %.

IMBIBITIONS ET DÉSHYDRATATIONS SUCCESSIVES DES GRAINES MÛRES. — Les expériences qui suivent tendent à montrer l'influence d'une imbibition sur l'imbibition suivante et à reconnaître la stabilité des graines. Les graines sèches entières, avec leurs téguments, sont immergées pendant 24 heures à  $t = 20$ , puis après pesées, desséchées jusqu'à poids constant. Elles subissent ainsi 3 cycles successifs d'hydratation et de déshydratation. En  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  du tableau II sont portés les poids mesurés à la 24<sup>e</sup> heure et relatifs aux 3 immersions successives. En  $D_2$  et  $D_3$  les poids des lots après dessiccation correspondante.

TABLEAU II

*Pisum sativum* L. — Variété Prince Albert,  $t = 20^\circ$ .

	Poids INITIAL (graines sèches)	$H_1$	$D_2$	$H_2$	$D_3$	$H_3$
Lot 1.....	20 gr.	38 gr. 93	19 gr. 75	40 gr. 27	19 gr. 54	40 gr. 39
Lot 2.....	20 gr.	38 gr. 96	19 gr. 86	39 gr. 85	19 gr. 46	40 gr. 10
		1 <sup>er</sup> cycle		2 <sup>e</sup> cycle		3 <sup>e</sup> cycle

Il ressort de l'examen de ce tableau que les variations de poids d'un cycle à l'autre sont en effet assez faibles.

D'une part, les poids après la dessiccation décroissent légèrement, ce qui montre qu'une petite quantité de matière disparaît par dissolution ou corrosion à chaque trempage. D'autre part, le taux d'imbibition s'élève légèrement d'un cycle à l'autre. Cette élévation est vraisemblablement provoquée par la digestion des réserves. Mais dans l'ensemble les variations sont faibles. La graine mûre possède donc une stabilité élevée qui est corroborée par le pouvoir germinatif élevé que possèdent encore les graines qui ont subi les cycles d'hydratation et de déshydratation.

Nous concluons donc que :

1° *L'imbibition des graines mûres est un phénomène relativement rapide à courbe représentative caractéristique. Il n'est guère modifié par les variations de la température, mais il est légèrement favorisé par les milieux aérobie.*

*Le taux d'imbibition des graines de Pisum mûres est sensiblement constant. Il varie peu au cours de plusieurs imbibitions et déshydratations successives.*

2. GRAINES IMMATURES. — Les graines, extraites des fruits encore verts, possèdent des degrés d'hydratation très variables qui s'élèvent jusqu'à 600 % et même davantage si l'on expérimente avec des graines dans les premiers stades de leur développement. D'une manière générale, le degré d'hydratation diminue avec l'évolution de la graine. Voici, en effet, pour des graines de la variété *Prince Albert* les poids et les degrés d'hydratation correspondants obtenus avant la maturité.

TABLEAU III

POIDS DE LA GRAINE	DEGRÉ D'HYDRATATION
0 gr. 5	175 %
0 gr. 4	262 %
0 gr. 25	400 %
0 gr. 15	506 %
0 gr. 1.	535 %

Naturellement, aux approches de la maturité, le poids et le degré d'hydratation de la graine, qui se dessèche, diminuent parallèlement.

Nos recherches sur l'imbibition des graines immatures ont été exécutées avec des graines aussi semblables que possible, desséchées lentement dans le fruit d'abord à l'air libre puis en exsiccateur à acide sulfurique jusqu'à poids constant. Elles accusaient un degré d'hydratation relativement peu élevé : 225 %.

TABLEAU IV

*Pisum Sativum Prince Albert, t = 20°.*

Après	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	9 h.
Poids initial :									
20 gr. ....	22,27	28,13	37,22	41,73	45,24	49,35	50,53	51,54	52,48
Après	10 h.	11 h.	12 h.	13 h.	14 h.	15 h.	20 h.	24 h.	M.H.
Poids initial									
20 gr. ....	53,27	54,26	54,39	54,55	54,67	54,73	54,81	55,01	50 <sup>mm</sup>

Dans ce cas, nous constatons que le taux d'imbibition (175 %), supé-

rieur au taux des graines mûries sur la plante-mère, est inférieur au degré d'hydratation (225 %). On peut en déduire que la dessiccation provoque une modification des contenus cellulaires dans le sens d'une affinité moins grande pour l'eau. Mais, cette affinité reste toujours largement supérieure à celle des graines qui ont mûri sur la plante-mère.

Quant aux graines immatures fraîches, peu éloignées de la maturité, mises en imbibition à  $t = 20^{\circ}$ , elles absorbent un complément d'eau avant de germer. Ainsi, un lot de graines de degré d'hydratation égal à 225 % pesant 20 grammes, pèse 23 gr. 1 après 24 heures d'immersion et dans les 2 jours suivants qui précèdent la germination, successivement 23 gr. 2 et 23 gr. 3. Dans ce cas, comme précédemment, l'accroissement de poids s'atténue à la fin de l'imbibition qui précède immédiatement la germination.

Les graines fraîches très éloignées de la maturité, de degré d'hydratation 350 à 400 % après un complément d'imbibition sensiblement acquis en 24 heures, ne modifient plus leur poids jusqu'à ce que la germination se déclanche. Naturellement, en raison de la durée de ces expériences, l'imbibition doit être réalisée en mettant les graines entre deux lames de coton suffisamment humides pour que l'imbibition puisse se faire normalement mais il faut éviter un excès d'eau qui provoquerait la pourriture des graines.

#### IMBIBITION ET DÉSHYDRATATION SUCCESSIVES DES GRAINES IMMATURES PRÉALABLEMENT SÉCHÉES :

Cette dessiccation peut être obtenue de trois manières :

1<sup>o</sup> *Brutalement*, en sortant les graines fraîches de la gousse et en les laissant sécher à l'air libre, puis sur exsiccateur à acide sulfurique jusqu'à poids constant ;

2<sup>o</sup> *lentement*, en les laissant sécher dans le fruit détaché de la plante-mère et mis en atmosphère légèrement humide qui ralentit la dessiccation ;

3<sup>o</sup> *en combinant les deux méthodes*, c'est-à-dire en laissant les graines se dessécher partiellement dans les gousses en cuvette légèrement humide et en les sortant pour en achever la dessiccation à l'air libre puis sur exsiccateur à acide sulfurique.

Nous avons réalisé ces trois méthodes de la manière suivante : les gousses fraîchement cueillies, aussi semblables que possible, sont mises en cuvette fermée légèrement humide. Chaque jour un lot de graines est extrait et mis à sécher à l'air libre. Ainsi le lot 1 (voir tableau IV *bis*) est traité suivant le type 1 (dessiccation brutale) ; le lot 8 suivant le type 2 (dessiccation ménagée). Les autres lots 2 à 7 inclus suivant les deux premiers types combinés.

En H, nous avons indiqué les poids initiaux des lots de graines fraîches mises en expérience ; en H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> les poids après hydratation par immersion de 24 heures ; en D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> les poids des lots déshydratés ; en p. m. le poids moyen d'une graine après la 1<sup>re</sup> dessiccation. T. M.

TABLEAU IV bis

Pois Prince Albert, t = 20°.

	1 <sup>er</sup> cycle				2 <sup>e</sup> cycle				3 <sup>e</sup> cycle			
	H	D <sub>1</sub>	p.m.	H <sub>1</sub>	T.M.	D <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	T.M.	D <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>	T.M.	
Lot 1 — 1 <sup>er</sup> jour ...	91 gr. 50	24 gr.	120 <sup>mm</sup>	62 gr.	159 %	21 gr. 20	45 gr. 00	112 %	20 gr. 60	40 gr. 00	94 %	Dessiccation brutale
Lot 2 — 2 <sup>e</sup> jour ...	88 gr.	25 gr.	131 <sup>mm</sup>	65 gr.	160 %	22 gr.	54 gr. 00	154 %	20 gr. 20	46 gr. 00	130 %	
Lot 3 — 3 <sup>e</sup> jour ...	75 gr.	25 gr. 60	150 <sup>mm</sup>	68 gr. 5	167 %	24 gr. 70	64 gr. 80	162 %	23 gr. 50	64 gr. 00	171 %	
Lot 4 — 4 <sup>e</sup> jour ...	74 gr. 20	26 gr. 70	158 <sup>mm</sup>	69 gr. 10	161 %	25 gr. 80	68 gr. 00	163 %	24 gr. 10	67 gr. 30	179 %	Dessiccation de plus
Lot 5 — 5 <sup>e</sup> jour ...	70 gr. 00	25 gr. 00	153 <sup>mm</sup>	67 gr. 10	170 %	24 gr. 50	68 gr. 50	180 %	24 gr. 00	68 gr. 20	184 %	en plus ménagée
Lot 6 — 6 <sup>e</sup> jour ...	55 gr. 00	25 gr. 30	154 <sup>mm</sup>	66 gr. 00	163 %	24 gr. 40	64 gr. 90	179 %	24 gr. 00	67 gr. 00	179 %	
Lot 7 — 7 <sup>e</sup> jour ...	47 gr. 20	28 gr. 10	167 <sup>mm</sup>	68 gr. 00	140 %	27 gr. 30	70 gr. 50	158 %	27 gr. 00	70 gr. 00	156 %	
Lot 8 — 8 <sup>e</sup> jour ...	31 gr. 00	28 gr. 30	165 <sup>mm</sup>	69 gr. 10	143 %	27 gr. 50	70 gr. 90	157 %	27 gr. 50	72 gr. 00	161 %	Dessiccation ménagée

représente le taux d'imbibition après chaque cycle d'opération.

Si nous examinons le comportement des deux premiers lots, nous observons en particulier, à chaque cycle, une forte dégradation du poids de la matière sèche, l'imbibition passe successivement pour le 1<sup>er</sup> lot de 159 % à 112 % et enfin à 94 %. Ces graines, mises sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ , ne germent pas même si on les dépouille de leurs téguments. *Elles sont tuées* et n'ont pas survécu à la dessiccation brutale.

Au cours des 3 cycles, les graines du dernier lot maintiennent sensiblement leur taux d'imbibition (143 %, 157 %, 161 %) qui croît lentement comme celui des graines mûres (voir tableau II) et la matière sèche se dégrade légèrement. *Ces graines se comportent donc comme des graines mûries sur la plante-mère.*

Les lots 3-4-5-6-7 accusent les mêmes propriétés surtout les derniers ; avec les lots 3 et 4 la dégradation est encore sensible. Ainsi la *stabilité se crée progressivement* ; elle semble acquise par le séjour de 3 à 4 jours dans le fruit détaché de la plante-mère. Passé ce temps, la dessiccation brutale ne paraît plus avoir d'action nocive sur les graines.

Il en résulte donc que la dessiccation ménagée produit des graines qui possèdent les caractères de la graine mûre : stabilité et capacités germinatives, imbibition croissante avec les cycles d'hydratation et de déshydratation. Toutefois elles en diffèrent par une caractéristique : leur taux d'imbibition qui est nettement différent (150 à 180 % au lieu de 95 % avec les graines mûres).

Nous nous sommes demandé si ce taux élevé des graines immatures était irrévocable. Nous avons tenté de rendre la dessiccation plus ménagée encore en plaçant les gousses en milieu plus humide, en laissant les graines dans les gousses jusqu'à dessiccation complète, etc.... Nos résultats sont concordants : Les taux élevés se maintiennent ou varient très peu. Ils ne sont donc pas conditionnés par les traitements exercés après la cueillette des fruits. Mais si on les cueille au fur et à mesure qu'ils évoluent sur la plante-mère, le taux d'imbibition diminue progressivement jusqu'à sa valeur minimum.

Ceci nous permet de conclure :

1<sup>o</sup> *les graines séchées avant la maturité totale ont un taux d'imbibition inférieur au degré d'hydratation des graines fraîches correspondantes mais plus élevé que celui des graines mûres ;*

2<sup>o</sup> *Alors que la dessiccation brutale concourt à la formation de graines instables, la dessiccation lente et ménagée produit des graines stables dont les caractéristiques sont déterminées par les rapports avec la plante-mère. En tous cas elle crée un type de maturité anticipée caractérisé par un taux d'imbibition plus élevé que celui des graines qui achèvent leur évolution sur la plante-mère et ont acquis ainsi la maturité totale.*

Le rôle du fruit et des divers traitements est alors assez restreint, le fruit ménage la dessiccation et cède des matières qui diffusent dans la graine (voir en effet, dans la colonne p. m. du tableau IV bis, l'augmentation du poids sec des graines).

**Imbibition pendant la germination**

Les expériences prolongent celles qui ont été réalisées avec les graines pendant les premières 24 heures. Les lots de graines sèches sont trempés 8 heures avant la mise sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . Les graines commencent à être pesées à la 24<sup>e</sup> heure quand se manifestent les premiers signes de la germination, puis les pesées sont poursuivies tous les jours à la même heure pendant une huitaine de jours. Le tableau V rend compte des résultats obtenus.

TABLEAU V

*Pisum sativum*. Prince Albert,  $t = 20^{\circ}$ .

	POIDS INITIAL	Après (jours comptés à partir du début de la germination)								M.H.	
		1 j.	2 j.	3 j.	4 j.	5 j.	6 j.	7 j.	8 j.		
Graines sèches et mûres	Lot 1 .	38,9	40,1	43,8	47,4	53	57,1	62,2	66	71,5	102 <sup>mm</sup> s
	Lot 2 .	38,8	39,8	43,6	47,3	52,7	57,4	63,5	67,5	73,2	100 <sup>mm</sup> s
Graines fraîches (1)	Lot 1 .	38,8	40,5	43,5	47,1	50,4	53,5	58,5	64,5	69,5	161 <sup>mm</sup> s
	Lot 2 .	38,5	40,7	44 gr.	47,6	50,9	54,5	59	64,5	69,9	191 <sup>mm</sup> s

Si l'on fait, dans les deux exemples choisis, l'examen des moyennes horaires en (M. H.) au début de la germination, on observe nettement la reprise de l'imbibition (comparer avec la moyenne horaire, à la fin de la période prégerminative, dans les tableaux I et IV).

L'accroissement de l'imbibition des graines sèches, aussi bien que celle des graines fraîches, s'élève légèrement avec le développement de la germination, vraisemblablement en raison de l'augmentation des surfaces absorbantes, sans doute aussi en raison de l'évolution des colloïdes cellulaires et de la transformation des réserves.

*L'accroissement de l'imbibition est donc un critérium très sûr du début de la germination.*

**Repos des graines de *Pisum sativum***

Comme nous l'avons vu au cours de la germination, avec la graine mûre dépouillée de ses téguments, le temps de latence est sensiblement de l'ordre de 24 heures à  $t = 20^{\circ}$ . Il est légèrement réduit par l'élimination des membranes.

Avec la graine fraîche, dépouillée de ses téguments, le repos varie entre un jour et deux semaines.

Passé ce temps, les graines qui n'ont pas germé pourrissent.

(1) Caractéristiques des graines fraîches : poids moyen 0 gr. 45, degré d'hydratation : 225%. En M. H. sont portées les moyennes horaires de l'imbibition, rapportées à 20 gr. de matières sèches initiales, pendant les deux premiers jours de la germination.

INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS SUR LE REPOS DES EMBRYONS  
FRAIS ET IMMATURES DE *Pisum* :

Nous avons fait nos essais avec des lots d'embryons de poids moyen 0 gr. 4 et de degré d'hydratation 250 %.

A la suite de nos essais sur l'imbibition des embryons frais, nous avons été souvent frappé par les capacités germinatives accrues des lots ayant subi un trempage de 24 à 48 heures, ou des lésions accidentelles. Nous avons donc étudié l'influence :

*de l'immersion* : les embryons sont immergés pendant 18 heures dans l'eau pure à  $t = 20^{\circ}$  ;

*des traumatismes* : les cotylédons des embryons sont coupés transversalement et réduits à leur moitié proximale ;

*de diverses solutions* : le permanganate de potasse de concentration  $5/10^4$ , l'eau de Javel commerciale de concentration  $4/10^4$ , la soude de concentration  $4/10^4$ , où les embryons sont immergés pendant 5 heures, l'éther gazeux à 0 gr. 1 par litre d'air où les embryons sont placés pendant le même temps. Après traitement, les embryons sont lavés à l'eau pure et mis sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ .

Le tableau VI rend compte des capacités germinatives des embryons traités, comparées à celles des témoins, et de la réduction du temps de repos qui en résulte.

TABLEAU VI

*sat. num*  
*Pisum* Prince Albert — degré d'hydratation : 250 % —  $t = 20^{\circ}$ .

	TEMPS DE LATENCE	TEMPS DE GERMINATION	REMARQUES
Germination normale (témoins) .....	3-4 j.	6 à 7 j.	Plantules normales.
Après immersion .....	1 j. 1/2-2 j.	3 j.	Plantules très vigoureuses
» traumatismes ....	1 j. 1/2-2 j.	3 j.	Plantules très vigoureuses plus petites que les témoins.
» traitement au per- manganate ....	1 j.	3 j.	Plantules assez grêles à réaction géotropique très marquée.
» traitement à l'eau de Javel ..	2 j.	4 j.	Intoxication légère — racines boursoufflées.
» à l'éther .....	2 j.	4 j.	Plantules normales.
» à la soude .....	2 j.	3 j.	Plantules très vigoureuses

*Conclusion* : ces traitements ont un effet convergent et favorisent nettement la germination en réduisant le temps de latence et le temps de germination.

REMARQUE I. — Parmi nos essais infructueux citons ceux tentés en atmosphère suroxygénée obtenue sous cloche par l'action de l'oxylite sur l'eau. Dans ce cas nous n'avons pas obtenu de forçage dans la germination des graines en expérience.

REMARQUE II. — Les diverses parties des plantes, immergées dans la solution de permanganate de potasse, fixent très inégalement l'ion  $MnO^4$  qui passe rapidement à l'état d'oxydes de manganèse. En effet, alors que la radicule et spécialement l'extrémité apicale noircit rapidement, la tigelle ne fixe pas le colorant et la démarcation entre les deux organes est très nette. Quant aux cotylédons ils sont très inégalement teintés de brun.

### Résistance des embryons nus à l'immersion dans diverses solutions

I. EMBRYONS MÛRS ET SECS. — Nous avons recherché l'influence des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique, de soude, de sulfate ferreux et de sulfate de cuivre à diverses concentrations où les graines séchées, dépouillées de leurs téguments, sont immergées pendant 5 heures, à  $t = 20^{\circ}$ .

Nous avons rassemblé dans le tableau VII les taux de germination après ces divers traitements.

TABLEAU VII

*Section*  
Pisum Prince Albert,  $t = 20^{\circ}$ .

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	$2/10^4$	$4/10^4$	$6/10^4$	$8/10^4$	$1/10^3$	$5/10^3$	$1/10^2$	$5/10^2$	OBSERVATIONS
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HCl	80	68	72	66	52	4	0	0	La germination est retardée de 1 à 3 j. par les di- vers traitements
NaOH	96	92	92	92	84	28	0	0	
$SO_4Fe$	92	84	84	84	76	28	0	0	
$SO_4Cu$	92	88	76	52	32	0	0	0	

Nous pouvons en déduire que :

1<sup>o</sup> les pourcentages de germination décroissent avec la concentration des solutions et s'abaissent notablement avec les concentrations comprises entre  $1/10^3$  et  $5/10^3$ . Ces solutions sont toxiques ;

2<sup>o</sup> la sensibilité des embryons mûrs et secs est plus marquée vis-à-vis du sulfate de cuivre que vis-à-vis de la soude ou du sulfate ferreux et même l'acide chlorhydrique, sensibilité qui s'exprime, d'une part par la chute des taux, d'autre part par le retard déjà indiqué dans la colonne des observations.

REMARQUE. — Nous avons observé que le traitement acide provoquait l'apparition de diverses anomalies comparables à celles déjà citées à propos de la germination des graines fraîches (boursouffure des racines, etc...) et sur lesquelles nous reviendrons à propos des essais de toxicité sur les graines fraîches où elles sont encore plus apparentes.

### II. RÉSISTANCE DES EMBRYONS NUS ET MÛRS, après trempage préalable.

Dans ces essais, les embryons traités ont préalablement acquis par

trempage de 8 heures une imbibition sensiblement totale. Le tableau VIII rend compte des taux de germination après traitement.

TABLEAU VIII

*Pisum* Prince Albert, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	OBSERVATIONS
HCl	90	88	24	12	0	0	0	0	
NaOH	96	92	32	0	0	0	0	0	Les germinations sont retardées de 1 à 3 jours
SO <sub>4</sub> Fe	92	92	88	84	72	0	0	0	
SO <sub>4</sub> Cu	88	84	24	0	0	0	0	0	

Nous pouvons donc conclure à l'identité de ces résultats avec ceux du tableau précédent mais *la toxicité est fortement aggravée*.

### III. RÉSISTANCE DES EMBRYONS NUS ET FRAIS PROCHES DE LA MATURITÉ.

Nous avons répété les essais précédents dans les mêmes conditions avec des embryons frais de même variété, de degré d'hydratation 175 % donc proches de la maturité.

TABLEAU IX

*Pisum* Prince Albert, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	OBSERVATIONS
HCl	96	88	84	20	0	0	0	0	Accélération de la germination pour les faibles concentrations — léger retard à partir de la concentration 6/10 <sup>4</sup> et diverses anomalies.
NaOH	96	96	92	80	82	36	0	0	
SO <sub>4</sub> Cu	92	92	88	84	88	86	0	0	
SO <sub>4</sub> Fe	96	96	92	90	88	84	24	0	

*Les embryons frais, proches de la maturité, possèdent une résistance comparable à celle des embryons secs et mûrs, nettement supérieure à celle des embryons mûrs et secs préalablement trempés, toutes autres conditions étant égales.*

Examinons maintenant les anomalies déjà observées dans la germination des graines sèches par l'influence de l'acide chlorhydrique, de la soude et du sulfate de cuivre. Les résultats qui suivent ont été observés au 5<sup>e</sup> jour après la mise sur coton.

1° *Solutions chlorhydriques* : la solution de concentration 2/10<sup>4</sup> a une influence légèrement stimulante. A la concentration de 4/10<sup>4</sup>, des bour-

soufflures apparaissent sur quelques racines. D'autres sont bifurquées avec tendance à la fasciation et à la production précoce de radicelles. La solution de concentration  $6/10^4$  provoque la boursouffure générale des racines et le rabougrissement des plantules.

Avec la concentration de  $8/10^4$ , on observe la mort générale des embryons.

2° *Solutions de sulfate de cuivre* : l'influence de ce sel devient sensible à partir de la concentration de  $6/10^4$  pour laquelle les racines sont nettement plus courtes que celles des témoins (1/2 cm. au lieu de 3 à 4 cm.). Les cotylédons sont légèrement attaqués.

Après trempage dans les solutions de concentration  $8/10^4$ , les racines des embryons ne se développent plus. Les tiges sont plus courtes que celles des témoins. Les cotylédons sont nettement attaqués.

La solution de concentration  $1/10^3$  donne des cultures à tiges réduites à 1/2 cm. A la concentration de  $5/10^3$ , les embryons sont tous tués.

*Ces résultats prouvent que la résistance, vis-à-vis des agents chimiques, croît de la racine aux cotylédons.*

3° *Solutions de soude* : a faible dose, jusqu'à la concentration de  $6/10^4$ , la soude non seulement maintient les hauts pourcentages de germination, mais en outre elle la condense et en accélère le déclanchement. Elle évite les anomalies : boursouffures, fasciation, etc., observées dans la germination des graines fraîches immatures.

Au delà de la concentration  $6/10^4$ , les solutions de soude sont toxiques.

REMARQUE I. — La haute résistance des embryons frais, comparée à celle des embryons mûrs trempés, doit encore retenir notre attention.

Elle prouve que la *dessiccation n'est pas, comme on le croit communément, un facteur favorable à la viabilité de la graine*. Elle diminue, en effet, leur résistance aux solutions toxiques, elle en diminue aussi, comme on l'a vu, les capacités germinatives.

REMARQUE II. — Ces marques de la haute vitalité des graines fraîches ne s'observent qu'avec les graines à faible degré d'hydratation, c'est-à-dire compris entre 100 et 200 %.

Pour les degrés plus élevés la résistance aux solutions étudiées décroît rapidement. Ainsi avec les solutions chlorhydriques, pour un degré d'hydratation des embryons égal à 250 %, la résistance a pour plafond la concentration de  $2/10^4$  et pour une hydratation de 300-350 %, la résistance tombe au-dessous de la concentration du dix-millième, le temps d'immersion étant de 5 heures comme dans les essais précédents.

Il en résulte qu'au cours de son évolution, l'*embryon frais devient progressivement de plus en plus résistant vis-à-vis des substances chimiques dissoutes*. Le maximum de résistance est atteint pour un degré d'hydratation compris entre 150 et 100 %, c'est-à-dire aux approches de la maturité. Elle décroît enfin avec la dessiccation. Il est bien évident qu'inversement, la *résistance aux solutions chlorhydriques, par exemple, peut nous renseigner avec assez de fidélité sur l'état de maturation de la graine*.

\*  
\* \*  
\*

N. B. — Les résultats obtenus dans ce travail avec la variété Prince Albert ont été confirmés avec de nombreuses autres variétés à grains lisses.

## II. *Phaseolus vulgaris* L. Haricot vulgaire

**Germination :** a) DES GRAINES MÛRES ET SÉCHÉES. — Cette germination ne présente aucun caractère particulier. Entre deux lames de coton humide à  $t = 20^{\circ}$ , les graines commencent à germer 25 à 30 heures plus tard et la germination se termine après 3 à 4 jours avec des pourcentages variant entre 75-95 %. Nous avons remarqué que les taux sont relativement peu élevés avec les variétés à téguments coriaces. Par ailleurs, la graine de *Phaseolus* est sensible à un excès d'eau ; aussi, sauf indication contraire, nos germinations ont été obtenues entre deux lames de coton trempées puis fortement tordues.

### b) DES GRAINES FRAÎCHES A DIVERS STADES DE LEUR DÉVELOPPEMENT :

Les graines entières, c'est-à-dire celles dont les embryons sont contenus dans leurs téguments, ne germent pas, en général, si leur degré d'hydratation est supérieur à 200 %. Si les graines sont proches de la maturité, elles germent irrégulièrement ; toutefois, certaines variétés, le Haricot noir de Belgique par exemple, peuvent donner d'assez bonnes germinations.

Par contre, les embryons nus et frais nous ont donné des germinations généralement satisfaisantes.

Les embryons de poids moyen 0 gr. 770, de degré d'hydratation 110 %, tirés des gousses jaune-verdâtre non desséchés, de la variété noir de Belgique, mis sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ , germent 15 à 20 heures plus tard avec des taux remarquablement élevés — souvent 100 %.

Les embryons de même variété tirés des gousses encore vertes, de poids moyen 0 gr. 580, de degré d'hydratation 160 %, nous ont donné de bonnes germinations qui débutent 48 heures après la mise sur coton et s'achèvent en 2 jours avec des taux élevés de 97-98 %.

Des embryons hydratés à 230 % et de poids plus faible 0 gr. 420, germent encore avec des pourcentages assez élevés, 80 % en moyenne et un retard plus net de 3 à 4 jours.

La germination des embryons de poids plus faible présente un intérêt particulier. Avec les embryons de degré d'hydratation 300-350 %, de poids 0 gr. 3 — 0 gr. 2 correspondant à 60 et 40 mmgr. de matières sèches, la germination se déclenche après 24 heures, mais elle s'arrête presque aussitôt et la racine, d'ailleurs agéotropique, atteint alors 3 à 4 mm. L'inertie de la graine peut durer ainsi de 8 jours à un mois ; pendant ce temps les cotylédons qui sont verts jaunissent assez rapidement et l'extrémité de l'axe radiculaire pourrit. Enfin, la germination reprend ;

de nombreuses radicules et racines adventives apparaissent, la tigelle croît et manifeste un géotropisme très net.

Nous avons complété nos observations avec des embryons de la variété *Princesse à rantes* en expérimentant avec des embryons frais pesant 0 gr. 150, de degré d'hydratation 275 %, de poids sec 40 mmgr. Dans ce cas, la germination se déclenche franchement 12 jours plus tard mais elle est précédée par les états prégerminatifs suivants :

Après la mise sur coton humide, la graine absorbe d'abord de l'eau — 10 à 15 % de son poids initial. — Cette imbibition dure 1 à 2 jours puis s'arrête. Aussitôt après la racine s'allonge de quelques millimètres sans réaction géotropique. Puis dans un deuxième temps, après un arrêt de 3 à 4 jours, l'extrémité des racines, qui est en général filamenteuse, se recourbe nettement. Cette réaction géotropique s'arrête vite et les extrémités des racines pourrissent. Enfin, au 12<sup>e</sup> jour après la mise sur coton humide, les radicules apparaissent, la tigelle croît, etc... en même temps que l'imbibition reprend sa marche ascendante.

En résumé : *les graines fraîches enveloppées de leurs téguments ne germent pas ou germent irrégulièrement ; dépouillées de leurs téguments elles germent facilement. Les taux et les modalités de la germination varient avec leur degré de développement.*

**Imbibition avant germination.** — Nous avons repris les diverses expériences et mesures faites avec les graines de *Pisum*. Nous les exposerons succinctement.

GRAINES MÛRES ET SÉCHÉES. — Dans le tableau X on trouvera l'analyse de l'imbibition de divers lots de variétés noir de Belgique, en fonction du temps exprimé en heures.

En A) Lot de 20 gr. immergé à t = 20°.

En B) » » à t = 12°.

En C) » » à t = 30°.

En D) lot de 20 gr. entre deux fines lames de coton largement imprégnées d'eau à t = 20°.

TABLEAU X

*Phaseolus vulgaris*, noir de Belgique, t = 20°.

POIDS EN GRAMMES APRÈS :											Moyenne horaire de l'accroissement de l'imbibition pen- dant les 4 der- nières heures.
	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	8 h.	12 h.	20 h.	24 h.	
Lot A	22,0	28,0	34,5	36,2	37,5	38,6	39,0	39,3	39,9	41,1	50 mmgr.
Lot B	21,2	26,6	33,1	35,2	36,3	37,2	38 0	38,6	39,3	39,5	50 mmgr.
Lot C	25,1	31,6	36,4	37,6	38,5	39,1	40,7	41,4	41,6	41,9	75 mmgr.
Lot D	22,3	25,2	32,1	34,0	35,4	36,5	39,4	40,6	41,7	42,1	100 mmgr.

Ces résultats sont donc comparables à ceux obtenus avec les graines de *Pisum*. Nous reconnaissons, dans ce tableau, le même type d'imbibition et les mêmes influences favorables provoquées par l'élévation de température et le milieu aérobie. Toutefois, l'imbibition est plus lente dans les deux premières heures à cause de la forte adhérence des membranes qui ralentissent la pénétration de l'eau. Par contre, elle croît ensuite plus vite puisqu'à la 6<sup>e</sup> heure, en moyenne 90 % de l'imbibition totale sont atteints alors qu'avec les graines de *Pisum*, au bout du même temps, elle n'est que de 80 %.

Enfin, le taux d'imbibition est de 105 % environ.

REMARQUE. — Certaines variétés, par exemple le Blanc d'Espagne, nous ont donné des taux qui s'élèvent à 150 %.

IMBIBITION ET DÉSHYDRATATIONS SUCCESSIVES DES GRAINES MÛRES. — Les graines de *Phaseolus* sont traitées comme celles de *Pisum*. Dans le tableau XI, on trouvera en H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, les poids maxima après immersion dans l'eau pendant 24 heures. En D<sub>1</sub>, les poids initiaux et en D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> les poids après les deux dessiccations. En T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> les taux d'imbibition à chaque cycle.

TABLEAU XI

*Phaseolus vulgaris*, noir de Belgique, t = 20°.

	D <sub>1</sub> (Poids initial) en gr.	H <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>
Lot 1 ...	20,00	41,00	105 %	19,10	39,00	105 %	17,80	37,20	109 %
Lot 2 ...	20,00	41,10	105 %	19,20	39,80	107 %	18,00	37,50	108 %

Nous pouvons remarquer que les pertes de matières sèches, après chaque traitement, sont plus élevées qu'avec les graines mûres de *Pisum*. D'ailleurs, à la 24<sup>e</sup> heure de chaque imbibition, le liquide est trouble et fermente si on l'abandonne à lui-même. En outre, le poids maximum, après imbibition de 24 h., décroît à chaque cycle. Autrement dit, la dégradation atteint les deux termes du cycle et les graines de *Phaseolus*, finalement, supportent assez mal les hydratations et déshydratations successives.

IMBIBITION DES GRAINES SÉCHÉES AVANT LA MATURITÉ. — Les essais sont les mêmes qu'avec les graines de *Pisum*. Les lots de 20 grammes mis en expérience proviennent de la variété noir de Belgique de degré d'hydratation 145 %.

TABLEAU XII

*Phaseolus vulgaris*, noir de Belgique, t = 20°.

Après ..	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	9 h.
Poids ...	23,7	29,09	35,67	39,24	41,55	42,97	43,57	43,57	43,78
Après ...	10 h.	11 h.	12 h.	13 h.	14 h.	15 h.	20 h.	24 h.	
Poids ...	43,89	43,94	44,00	44,10	44,15	44,21	44,30	44,40	

Accroissement horaire de l'imbibition dans les 4 dernières heures = 25 mmgr.

L'imbibition des graines séchées avant la maturité est donc très rapide, apparemment bien plus rapide que celle des graines mûres. Mais si on rapporte l'absorption à la 5<sup>e</sup> heure à l'imbibition finale, on trouve, dans les deux cas, que le rapport est égal à 80 % environ.

Notons encore que le taux maximum à la 24<sup>e</sup> heure n'est plus que de 122 %, donc en recul vis-à-vis du degré d'hydratation, mais il reste notoirement supérieur au taux d'imbibition des graines mûries sur la plante-mère. Nous avons déjà signalé cette propriété dans l'étude de la germination des graines de *Pisum*.

IMBIBITION ET DÉSHYDRATATIONS SUCCESSIVES DES GRAINES IMMATURES. — Nous nous sommes également préoccupé du comportement des graines, à divers états de leur développement, vis-à-vis des trois cycles consécutifs d'hydratation et de déshydratation. Nous avons usé de la même technique qu'avec les graines de *Pisum* en nous limitant toutefois à trois lots. Le premier a été séché brutalement à l'air libre puis sur exsiccateur à acide sulfurique, aussitôt après la cueillette des fruits ; le 2<sup>e</sup> a été conservé 3 jours dans les gousses en cuvette légèrement humide et séché ensuite à l'air libre, le dernier desséché dans sa gousse après 8 jours de conservation en cuvette légèrement humide.

Dans le tableau XIII se trouvent les résultats de nos essais.

TABLEAU XIII

*Phaseolus vulgaris*, noir de Belgique, t = 20°.

	Degrés d'hydra- tation	D <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	T.M.	D <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	T.M.	D <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>	T.M.
Lot 1	156 %	20 gr.	45,7	128 %	17,6	39,1	123 %	16,4	35,7	117 %
Lot 2	114 %	20 gr.	43,7	118 %	19,2	41,1	114 %	18,2	40,9	124 %
Lot 3	80 %	20 gr.	45,0	125 %	19,2	44,5	132 %	18,3	43,0	135 %

En H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, les poids des lots après imbibition totale.

En D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, les poids des lots déshydratés jusqu'à poids constant.

En T. M., les taux à chaque cycle.

Ces résultats confirment ceux obtenus avec les graines de *Pisum* et avec celles de *Phaseolus* qui ont mûri sur la plante-mère :

1° la dessiccation brutale du 1<sup>er</sup> lot provoque une dégradation assez élevée des graines après les 3 cycles d'hydratation et de déshydratation ;

2° les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> lots et spécialement le dernier, se comportent sensiblement comme des graines mûries sur la plante-mère.

IMBIBITION DES GRAINES FRAÎCHES PLUS OU MOINS ÉLOIGNÉES DE LA MATURITÉ. — Nous avons obtenu avec les graines de *Phaseolus* des



**Repos des graines de *Phaseolus*.** — Le repos des graines mûres et sèches est évidemment très court, il est beaucoup plus net avec les graines fraîches. Ce fait a déjà été exposé au chapitre de la germination *Il s'agit bien d'un véritable repos car, pendant ce temps, l'augmentation de poids des graines est nulle et l'imbibition stabilisée.*

**INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS SUR LA DURÉE DU REPOS.** — Divers traitements, déjà étudiés avec les graines de *Pisum*, raccourcissent le repos des graines fraîches de *Phaseolus*, ainsi que le montrent les résultats, acquis avec des graines de poids 0 gr. 345, de degré d'hydratation 290 %, et contenus dans le tableau XVI.

TABLEAU XVI

*Phaseolus vulgaris*, noir de Belgique, t = 20°.

TRAITEMENT	TEMPS DE LATENCE	DURÉE DE LA GERMINATION	OBSERVATIONS
Germination normale (témoins) .....	6	8	Plantes normales.
Après sectionnement des cotylédons (réduits à leur moitié proximale) .....	4	4	Plantes très robustes, de petite taille.
Après immersion dans l'eau (24 h.) .....	4	4	Plantes plus robustes que les témoins.
Après immersion de 5 h. dans solution de permanganate de potasse à 5/10 <sup>4</sup> .	3	3	Plantes grêles à réactions géotropiques très nettes.
Après immersion de 5 h. dans solution d'eau de Javel à 5/10 <sup>4</sup> .....	3	7	Racines légèrement attaquées, plantules rabougries.

**Résistance des graines à l'immersion dans diverses solutions**

Après immersion de 5 heures dans les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique, de soude, de sulfate de cuivre et de sulfate ferreux à diverses concentrations nous avons obtenu des taux de germination qui sont portés dans les tableaux XVII, XVIII et XIX. Dans le tableau XVII se trouvent les taux obtenus avec les embryons mûrs secs.

Dans le tableau XVIII les taux obtenus avec les embryons mûrs et secs préalablement trempés 8 heures dans l'eau pure.

Dans le tableau XIX les taux obtenus avec les embryons frais, sensiblement mûrs, de degré d'hydratation 110 %.

TABLEAU XVII

*Phaseolus vulgaris*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	OBSERVATIONS
HCl	88	80	60	4	0	0	0	0	La toxicité du sulfate de cuivre dépasse nettement celle des autres solutions. Le sulfate de fer jusqu'à concentration de 8/10 <sup>4</sup> a une influence fortement améliorante.
NaOH	96	92	96	92	72	8	0	0	
SO <sub>4</sub> Cu	60	24	24	20	0	0	0	0	
SO <sub>4</sub> Fe	96	100	92	96	92	84	0	0	

TABLEAU XVIII

*Phaseolus vulgaris*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	OBSERVATIONS
HCl	80	72	24	0	0	0	0	0	Mêmes remarques qu'au tableau XVII mais la toxicité est généralement plus élevée.
NaOH	96	92	88	88	40	0	0	0	
SO <sub>4</sub> Cu	30	0	0	0	0	0	0	0	
SO <sub>4</sub> Fe	100	96	96	92	96	72	16	0	

TABLEAU XIX

*Phaseolus vulgaris*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	OBSERVATIONS
HCl	100	92	52	4	0	0	0	0	Mêmes remarques. La graine fraîche est nettement plus résistante que la graine séchée ou trempée, spécialement vis-à-vis du sulfate de cuivre.
NaOH	100	100	96	92	92	0	0	0	
SO <sub>4</sub> Cu	86	82	20	0	0	0	0	0	
SO <sub>4</sub> Fe	100	100	96	96	96	92	0	0	

Il faut remarquer en outre que dans l'ensemble *la graine de Phaseolus est beaucoup plus sensible aux toxiques que celles de Pisum.*

REMARQUE I. — On pourrait croire que la plus grande résistance des graines fraîches aux solutions chlorhydriques est due à une fixation plus faible des ions H. Il n'en est rien ainsi qu'en témoigne les essais suivants où nous avons déterminé le pH des solutions acides, de pH initial 3,8, où les graines de *Phaseolus* réparties en 3 lots (lot 1 : embryons frais de degré d'hydratation 151 % ; lot 2 : embryons frais de degré d'hydratation 115 % ; lot 3 : embryons secs : taux d'imbibition 108 % trempés 8 heures) sont immergées pendant 5 heures. C'est, en effet, le lot 2 qui fixe le plus énergiquement les ions H car, en 5 heures, ainsi qu'en témoi-

gnent nos essais, le pH y est monté à 6,2 tandis que pour les lots 1 et 3, il prend pour valeur respective 5,2 et 4,8.

REMARQUE II. — Les essais de résistance aux solutions acides que nous avons entrepris avec des embryons frais de *Phaseolus* aux divers stades de leur développement nous ont conduit aux résultats déjà obtenus avec ceux de *Pisum* : leur résistance aux solutions d'acide chlorhydrique, maximum aux approches de la maturité, décroît avec l'élévation du degré d'hydratation de l'embryon et cette chute de résistance est beaucoup plus rapide qu'avec les embryons de *Pisum* puisque pour un degré d'hydratation de 250 % et pour une immersion de 5 heures la concentration limite de la solution est seulement de  $\frac{0,25}{10^4}$ .

### Caractéristiques de quelques Légumineuses

1<sup>o</sup> LUPINUS ALBUS L. — Comme les graines de *Pisum* et de *Phaseolus* la graine fraîche du Lupin, dépouillée de ses téguments, germe bien même avant d'avoir acquis la maturité totale.

Le taux d'imbibition de la graine est d'environ 125 %, taux notablement plus élevé que celui de *Pisum* et de *Phaseolus*.

2<sup>o</sup> CYTISUS LABURNUM L. — Capacités germinatives élevées des graines fraîches à taux d'hydratation inférieur à 150 %. Quand les taux sont comprise entre 150 % et 200 %, les germinations sont débiles et s'infectent facilement. Le taux d'imbibition est d'environ 125 %.

3<sup>o</sup> VICIA CRACCA L. — La graine germe facilement, même à l'état frais. Le taux d'imbibition est de 91 %.

4<sup>o</sup> VICIA ERVILIA L. — Graines dures dont le taux d'imbibition est de 96 %.

5<sup>o</sup> VICIA FABA L. — Capacités germinatives élevées des graines fraîches à taux d'hydratation inférieur à 180 %. Taux d'imbibition : 95 %.

6<sup>o</sup> LATHYRUS PRATENSIS L. — Graine dure dont le taux d'imbibition est de 103 %.

## B. Les Rosacées

La graine des Rosacées est contenue soit dans un akène, soit dans un fruit charnu et l'embryon dans diverses enveloppes : noyau des drupes, parchemin des pépins, téguments internes généralement fins et souples, par suite très résistants.

Il est tout à fait exceptionnel d'obtenir dans un temps très court, quelques jours par exemple, une germination typique de semences de Rosacées, même si l'on réalise les conditions externes les plus favorables.

La difficulté même de cette germination est attestée par le nombre infime de germinations de semences de Prunier, Cerisier, Abricotier, etc...

comparé à la prodigalité extrême avec laquelle elles sont déversées, par la consommation humaine, dans les jardins et autres terres arables. Aussi beaucoup d'auteurs estiment que ces semences exigent une longue surmaturation avant qu'elles n'acquièrent leur pouvoir germinatif. Il est d'ailleurs d'usage en arboriculture fruitière de les stratifier en terrains humides durant l'Hiver, traitement qui a pour effet d'écourter la période de repos.

### *Geum urbanum* L. Benoit

#### A. — Germination

1<sup>o</sup> AKÈNES MÛRS ET SECS. — Les semences ont été placées dans les conditions habituelles, c'est-à-dire entre deux lames de coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . Dans certains essais, nous avons observé que la germination débute une quarantaine de jours après la mise sur coton humide et s'arrête rapidement avec un taux de 10 à 15 %. Elle reprend 30 à 35 jours plus tard pour atteindre finalement un mois après, les taux de 75 à 80 %. La germination est donc achevée en 3 mois environ.

Dans d'autres essais, les germinations débutant plus tôt, 8 à 15 jours après la mise sur coton, se développent irrégulièrement avec des interruptions de temps variables et s'étalent sur 2 à 3 mois.

*En résumé, la germination des akènes de Geum urbanum est fort irrégulière.*

Pendant les 4 mois qui suivent la récolte et la dessiccation, les akènes, conservés en chambre sèche, germent avec les mêmes irrégularités. Au 5<sup>e</sup> mois de conservation, les germinations s'améliorent par diminution graduelle des temps de latence et au 6<sup>e</sup> mois, nous avons obtenu des germinations très condensées qui débute au 8<sup>e</sup> jour et s'achèvent quelques jours plus tard avec des pourcentages de 85-90 %. La courbe de la germination est alors une courbe typique en cloche. *La dessiccation prolongée améliore donc la germination.*

2<sup>o</sup> AKÈNES MÛRS ET SÉCHÉS, DÉPOUILLÉS DE LEURS ENVELOPPES IMMÉDIATEMENT APRÈS LA RÉCOLTE. — L'extraction des enveloppes est assez délicate car les akènes sont de petite taille. Après trempage de quelques heures dans l'eau on maintient l'akène sur coton humide avec une pince et on le gratte avec un fin scalpel jusqu'à élimination des téguments dont le plus interne est particulièrement souple et résistant.

Les embryons nus germent après 4 à 6 jours à  $t = 20^{\circ}$  avec des pourcentages élevés — 90 à 95 %, — donc supérieurs à ceux obtenus avec les graines enveloppées dans leurs téguments. Le long repos observé est donc dû à la résistance des enveloppes que les embryons sont d'abord incapables de briser. Il s'agit bien d'une inhibition mécanique et non d'une débilité de l'embryon provoquée par une insuffisance respiratoire. En effet, la perforation des membranes et l'exposition des akènes dans une atmosphère plus riche en oxygène que l'air ordinaire, n'améliorent pas la germination.

Avec des graines en quiescence sur coton humide depuis deux mois et dont les enveloppes sont déjà partiellement dégradées, nous avons pu briser les inhibitions mécaniques par d'autres procédés. La moitié de ces semences ayant été conservée comme témoin, l'autre moitié a été divisée en 3 lots, traités respectivement pendant 15 heures par des solutions de chlorure de sodium à 5 %, de sulfate de magnésium à 5 %, de saccharose à 10 % ; les semences ainsi traitées sont lavées et immergées dans l'eau pure pendant deux heures puis mises sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . Alors que les semences témoins ne commencent à germer que 3 semaines plus tard après la désintégration bactérienne des membranes, après 7 à 8 jours les semences traitées germent normalement avec des taux de 70 à 80 %. Or, ainsi que le montrent divers essais, les solutions employées ont sur l'embryon nu, soit une influence nulle (saccharose), soit une influence retardatrice (sulfate de magnésium et chlorure de sodium). En effet, les embryons nus, traités par les solutions aqueuses à 5 % de ces derniers sels, donnent des plantes moins vertes et des taux de germination plus faibles. Il faut donc exclure l'hypothèse d'une influence stimulante sur l'embryon et conclure à une inhibition mécanique des enveloppes. Les membranes dont la résistance est déjà affaiblie par un séjour de deux mois sur coton humide, imbibées par les substances solubles, sont disloquées par les forces osmotiques lors du trempage dans l'eau pure.

3<sup>o</sup> SEMENCES FRAÎCHES, DÉPOUILLÉES DE LEURS ENVELOPPES. — Nous avons récolté, vers le 25 juillet 1941, des akènes de *Geum* encore verts, donc immatures. Nous en avons extrait les embryons nus qui, sur coton humide, à  $t = 20^{\circ}$ , nous ont donné d'excellentes germinations qui débutent 4 jours plus tard et s'achèvent en 2-3 jours avec des taux de 98-100 %.

Les embryons nus des akènes mûrs non desséchés donnent d'excellentes germinations.

En résumé, *la germination des semences mûres séchées se déclanche tardivement. Sa durée est longue et les taux relativement peu élevés.*

*L'élimination des enveloppes provoque une germination rapide des embryons en même temps que l'élévation des taux.*

*Les embryons nus de *Geum urbanum* germent même avant d'avoir atteint la maturité.*

## B. — Imbibition

Nous avons déterminé dans de premiers essais le taux d'imbibition apparent des semences de *Geum* en immergeant des lots de 0 gr. 6 dans l'eau et en les pesant toutes les heures jusqu'à la 6<sup>e</sup> heure, puis à la 8<sup>e</sup>, à la 24<sup>e</sup>, enfin à la 48<sup>e</sup> et à la 72<sup>e</sup>.

La ligne A du tableau XX rend compte des progrès de l'imbibition.

TABLEAU XX

*Geum urbanum*, t = 20°.

Après :	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	8 h.	24 h.	48 h.	72 h.
A) Taux d'imbibition. Akènes entiers .....	25 %	29 %	30 %	35 %	38 %	40 %	42 %	57 %	60 %	60 %
B) Akènes perforés .	30 %	39 %	44 %	50 %	55 %	58 %	60 %	60 %	60 %	60 %
C) Graines nues ..	32 %	41 %	50 %	53 %	56 %	57 %	59 %	59 %	59 %	59 %

Ces résultats montrent qu'après avoir progressé assez rapidement pendant les deux premières heures, l'imbibition se trouve presque complètement arrêtée pendant la 3<sup>e</sup> heure et reprend ensuite régulièrement en s'atténuant progressivement.

Avec des akènes perforés par des trous d'épingles (ligne B) l'imbibition est beaucoup plus rapide et surtout plus régulière. On peut en conclure que l'arrêt de la 3<sup>e</sup> heure est causé par l'imperméabilité temporaire des téguments internes.

Dans d'autres essais où les semences, traitées pendant 5 minutes par l'acide sulfurique à 66° Baumé, nous ont fourni des embryons libérés du péricarpe desséché et, au moins en partie, des téguments internes, l'imbibition, obtenu après lavage et séchage, nous a donné des résultats (ligne C) qui corroborent pleinement ceux des expériences précédentes.

*La lenteur de l'imbibition a donc pour cause, la faible perméabilité des téguments internes.*

Nous avons déjà vu qu'ils constituent un obstacle direct à la germination. Indirectement, ils la retardent encore légèrement en entravant la pénétration de l'eau dans l'embryon.

#### Repos des semences de *Geum urbanum*

Le repos n'est donc provoqué que par la résistance mécanique des enveloppes ; on ne peut invoquer un défaut de respiration car la perforation des membranes ne provoque aucune accélération dans la germination. En milieu humide, les membranes sont détruites par l'action bactérienne ; l'échelonnement de la destruction et l'irrégularité des germinations sont liés à l'inégale résistance des enveloppes. Dans la nature, ce travail de désintégration dure tout l'Hiver.

En atmosphère sèche, l'évolution des membranes est tout à fait différente. Une dessiccation de quelques mois rend les membranes cassantes et le gonflement de la graine, lors de l'imbibition, libre définitivement l'embryon.

Il en résulte, comme nous l'avons déjà fait remarquer, que la dessiccation, contrairement à une opinion communément répandue, n'améliore pas

les capacités germinatives de l'embryon mais tend simplement à réduire la résistance des membranes. En effet, les embryons nus, extraits de graines séchées et conservées six mois à un an, n'ont jamais manifesté une viabilité supérieure à celle des embryons frais, toutes autres conditions étant égales. Au contraire, nous avons déjà montré que leurs capacités germinatives sont plus faibles puisqu'elles se manifestent par des taux plus bas et ce fait confirme les résultats identiques obtenus avec les graines de *Pisum* et de *Phaseolus*.

### Résistance à l'immersion dans diverses solutions

Les *embryons nus* sont trempés trois heures dans les solutions habituelles. Le tableau XXI rend compte des résultats obtenus.

TABLEAU XXI

• *Geum urbanum* t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
—	—	—	—	—	—	—	—	—
HCl	85	21	2	0	0	0	0	0
NaOH	90	67	56	40	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	40	8	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	91	90	85	83	72	30	0	0

Il est clair que la sensibilité des embryons de *Geum urbanum* vis-à-vis des solutions précédentes étudiées est nettement plus élevée que celle des Légumineuses. Nous retrouverons ce caractère, avec plus de netteté, avec d'autres Rosacées.

### *Prunus avium* L. Cerisier cultivé

La semence est un noyau qui contient l'embryon. Nous avons été frappé par les inégalités de développement des embryons extraits du fruit mûr. Souvent le noyau du fruit des variétés précoces est vide et l'amande complètement atrophiée. Certaine variété de Bigarreaux hâtifs nous ont ainsi donné jusqu'à 75-80 % de semences qui flottent quand on les immerge dans l'eau. L'amande bien développée, qui emplit entièrement le noyau, ne s'observe que chez les espèces tardives. En général, l'embryon n'occupe qu'une partie du noyau et les malformations sont fréquentes.

L'embryon de *Prunus avium* présente donc des caractères très nets de débilité.

### Hydratation et imbibition

Les amandes extraites des *fruits mûrs* accusent à la dessiccation une perte de poids souvent très importante. Dans le tableau XXII nous avons reporté les diverses caractéristiques de l'embryon, y compris la reprise d'eau qui est complète après 24 heures d'immersion dans l'eau.

TABLEAU XXII

*Prunus avium* t = 20°.

POIDS MOYEN EMBRYON FRAIS	POIDS MOYEN EMBRYON SÉCHÉ	DEGRÉ D'HYDRATATION	REPRISE EN 24 HEURES
0 gr. 082	0 gr. 020	310 %	302 %
0 gr. 095	0 gr. 030	217 %	220 %
0 gr. 100	0 gr. 033	209 %	223 %
0 gr. 115	0 gr. 038	203 %	210 %
0 gr. 130	0 gr. 055	136 %	141 %
0 gr. 144 (griottes)	0 gr. 083	73 %	76 %

L'embryon de *Prunus* extrait du fruit mûr présente souvent un degré d'hydratation élevé.

Comme on le voit la reprise d'eau est rapide. Elle est totale en 24 heures environ et le taux d'imbibition dépasse légèrement le degré d'hydratation. De rares variétés accusent des taux assez bas. Le taux de 73 %, par exemple, a été obtenu dans nos travaux, avec des cerises griottes récoltées, très mûres, en fin septembre. Nous regrettons de n'avoir pu nous procurer, malgré nos efforts, les fruits de variétés sauvages, souche de nos variétés cultivées, qui nous auraient probablement fourni un matériel plus stable et des caractéristiques de base très utiles. Signalons toutefois que des essais entrepris avec des semences de *Prunus Mahaleb*, dont les embryons sont bien développés, nous ont donné un taux d'imbibition qui s'élève à 54 %.

REMARQUE. — Les graines de *Prunus avium* supportent très mal les imbibitions et déshydratations successives puisqu'elles perdent après 3 cycles jusqu'à 25 % de leur poids et leur pouvoir germinatif, déjà précaire, devient nul.

IMBIBITION DES EMBRYONS FRAIS ET NUS. — Notre attention a été attirée par des lots d'embryons nus et frais à degré d'hydratation élevé, donc immatures, avec lesquels l'imbibition est continue, contrairement à ce que nous avons observé avec les embryons frais et nus de *Pisum* et de *Phaseolus* fort éloignés de la maturité où l'absorption, après une progression initiale qui dure de 2 à 3 jours, s'arrête jusqu'au déclenchement de la germination. Ce type d'imbibition continue est nettement exprimé par le tableau XXIII.

TABLEAU XXIII

		<i>Prunus avium</i> t = 20°.					
LE :	28 juin	29	30	1 <sup>er</sup> juillet	2	4	6
Poids d'un lot de 6 embryons nus..... (Poids initial : 0 g. 510 degré d'hydratation : 265 %.)	0,510	0,530	0,550	0,570	0,595	0,640	0,675
LE :	8 juillet	10	12	14	16		
Poids d'un lot de 6 embryons nus..... (Poids initial : 0 g. 510 Degré d'hydratation: 265 %.)	0,730	0,800	0,850	0,900	0,940	Germination	

Nous avons reconnu que ce fait est général avec les embryons immatures de *Prunus avium*. Nous verrons, au chapitre de la germination, que ce phénomène est provoqué par l'évolution des embryons qui, à défaut d'une germination typique, subissent certaines transformations, en particulier un fort gonflement des cotylédons.

**Germination.** — Dans la pratique culturale, les noyaux d'espèces sauvages sont stratifiés avant l'hiver. La germination débute au printemps suivant.

Les amandes *séchées lentement*, dépouillées de leurs enveloppes et mises sur coton humide à différentes températures : 20°-25°-30°, ne germent que rarement. En général, elles pourrissent après un temps plus ou moins long, plus rapidement à température élevée. Par contre, les *embryons frais* possèdent des capacités germinatives incontestables. Les expériences qui suivent, ont porté sur des embryons de poids moyen 0 gr. 1 et de degré d'hydratation 220 %. Dans les premiers jours qui suivent la mise sur coton humide à la lumière diffuse, une certaine proportion de graines : 20 à 30 % pourrissent. Après un repos de 4 à 6 jours un faible pourcentage commence à germer. Souvent ces germinations manquent d'énergie. On y observe une certaine lenteur dans la croissance, un géotropisme peu marqué, une débilité générale des plantules. Enfin, la moitié environ des embryons mis en expérience ne germent pas mais subissent l'évolution suivante : leurs cotylédons grossissent régulièrement et, au bout de huit à dix jours, commencent à verdir à leur extrémité distale. Ainsi, en une vingtaine de jours, un embryon mis en expérience est passé de 0 gr. 1 à 0 gr. 25, soit en augmentation de poids de 150 % par rapport au poids initial, provoquée par une forte augmentation de volume des cotylédons. La racine, à son tour, se développe mais sa croissance s'arrête rapidement et l'organe ne présente aucune réaction géotropique. Ces formes, évidemment aberrantes, n'évoluent pas. Au bout de 2 à 3 semaines elles pourrissent.

La température n'influe pas sur ce phénomène mais à haute température les embryons pourrissent plus rapidement.

La proportion de ces germinations atypiques s'élève avec le degré d'hydratation des embryons. Par contre, au fur et à mesure que le poids de l'embryon augmente et que parallèlement le degré d'hydratation diminue, la proportion des germinations aberrantes s'abaisse sans d'ailleurs disparaître complètement. Avec les graines de poids 0 gr. 140 et de degré d'hydratation 73 %, nous n'en avons obtenu qu'une proportion de 15 à 20 %.

**Repos.** — Comme on le voit dans les cas les plus favorables où la germination est normale, l'embryon nu germe après avoir été maintenu quelques jours sur coton humide. Parfois, le repos est plus long et les embryons subissent souvent une germination atypique.

#### INFLUENCE DE QUELQUES TRAITEMENTS SUR LA DURÉE DU REPOS. —

Nous avons tenté d'améliorer ces germinations précaires en usant des procédés améliorants employés avec les graines de *Pisum* et de *Phaseolus*. Le permanganate de potasse, l'eau de Javel très dilués nous ont donné des résultats négatifs. Par contre, nous avons obtenu une amélioration très nette et des germinations convenables en traitant, pendant 5 heures, les embryons par des solutions de soude de concentration inférieure à  $6/10^4$ .

De même, l'immersion pendant 5 heures dans le sulfate ferreux, jusqu'à la concentration de  $1/10^3$ , nous a donné de bonnes germinations sans formes aberrantes.

L'immersion dans l'eau a une influence également favorable mais moins nette. Les noyaux sont immergés dans une eau renouvelée tous les 2 ou 3 jours pour éviter les putréfactions. Ils y restent une quinzaine de jours pendant lesquels des embryons en pourcentage assez faible, 15 à 20 %, meurent et pourrissent. Les embryons nus, qui survivent, donnent des germinations assez condensées avec de rares formes aberrantes et des taux de 60-75 %. Toutefois, les plantules restent souvent assez débiles.

#### RÉSISTANCE DES GRAINES FRAÎCHES A DIVERSES SOLUTIONS. —

La question ne se pose que pour les graines fraîches puisque les graines desséchées sont, en général, tuées par la dessiccation.

Nous avons déjà exposé l'influence du sulfate ferreux et de la soude. Vis-à-vis des deux autres solutions habituellement employées dans nos essais, à l'état frais, les embryons de *Prunus avium* sont très sensibles aux solutions d'acide chlorhydrique et de sulfate de cuivre. En effet, toutes les graines de *Prunus avium*, y compris les embryons à faible hydratation, ne résistent pas à une immersion de 3 heures dans les solutions dont la concentration est supérieure à  $0,25/10^4$ .

En résumé les embryons de *Prunus avium* sont débiles. Leur capacité germinative est faible, leur résistance aux toxiques très réduite.

Quelles sont les causes de cette débilité ?

Elle peut provenir :

- 1° d'un défaut de maturation ;
- 2° des conditions internes propres à l'espèce ou débilité héréditaire ;
- 3° des conditions dans lesquelles l'embryon se développe et spécialement de l'inhibition du noyau.

\* \* \*

*Prunus Armeniaca* L. Abricotier cultivé

La semence d'*Armeniaca* est encore un noyau très épais contenant une amande bien développée qui le remplit complètement et à la maturité du fruit, l'embryon est, en général, bien conformé.

**Hydratation et imbibition.** — Pendant la période où s'achève la maturation sur l'arbre, le degré d'hydratation s'abaisse progressivement et très rapidement. Voici un exemple des différents taux d'hydratation que nous avons observé pendant le mois qui précède la maturité définitive et la chute des fruits.

TABLEAU XXIV

	<i>Prunus Armeniaca</i> , t = 20°						
	15 juin	20 juin	25 juin	30 juin	5 juillet	10 juillet	15 juillet
Degré d'hydratation à l'extraction du fruit.	245 %	223 %	194 %	135 %	96 %	65 %	58 %
Taux d'imbibition après 24 heures d'immersion	234 %	212 %	190 %	135 %	97 %	60 %	57 %

En général, la reprise d'eau, qui est totale en 24 heures, n'atteint pas le degré d'hydratation à l'extraction du fruit. Ce fait a déjà été observé et signalé lors de notre étude sur les graines de *Pisum* et de *Phaseolus*.

Les abricots qui arrivent sur les marchés, surtout ceux des premiers arrivages, sont généralement cueillis un peu avant leur maturité afin de mieux supporter le transport. Aussi, le taux d'hydratation y est-il généralement très élevé, surtout dans les échantillons qui proviennent des expéditions de Juin. Il atteint fréquemment 200 à 260 %. En Juillet, il oscille autour de la moyenne de 100 %. Il est assez rare d'obtenir, par cette voie, des graines de taux inférieurs à 70%. On les observe avec les semences extraites des abricots les plus tardifs ou qui, cueillis trop tard, arrivent dans nos gares dans un état de décomposition assez avancé. On l'observe naturellement dans les fruits complètement mûrs et tombés de l'arbre. Quoi qu'il en soit, toutes ces graines possèdent un taux d'imbibition caractéristique. Il n'est guère modifié par la dessicca-

tion et la dessiccation ménagée que nous avons répétée avec les semences de *Prunus Armeniaca*, selon la méthode déjà employée avec les graines fraîches de *Pisum*, a confirmé pleinement la stabilité du taux d'imbibition. Ainsi un lot de graines qui, à l'extraction du fruit le premier jour de nos essais, accusait un taux d'hydratation de 235 %, mis en cuvette humide pendant 3 semaines, modifie légèrement son taux qui tombe à 222 %. Nous voyons donc que cette caractéristique de la graine est déterminée par les rapports avec la plante-mère et se trouve définie au moment où le fruit est cueilli, ce qui confirme les résultats analogues obtenus avec les graines de *Pisum* et de *Phascolus*.

*Imbibitions et déshydratations successives.* — Les graines de *Prunus Armeniaca*, de faible hydratation, 100 à 57 %, supportent avec beaucoup de stabilité les trois cycles d'hydratation et de déshydratation successives. Ainsi un lot de 3 gr. 850 (poids sec) de degré d'hydratation 59 %, après la 3<sup>e</sup> dessiccation, accusait un poids de 3 gr. 820 et n'avait donc perdu que 30. mmg. dans la triple série de manipulations.

La stabilité des graines à fort degré d'hydratation est nettement moins élevée. Ainsi, un lot d'hydratation moyenne égale à 180 %, de poids initial sec 5 gr. 750, a perdu, après le 3<sup>e</sup> cycle, 0 gr. 5 de matières sèches soit environ 11 %.

L'embryon de *Prunus Armeniaca* possède donc une haute stabilité vis-à-vis des immersions et dessiccations successives. Ceci le distingue nettement de celui de *Prunus avium* qui supporte très mal de telles opérations. D'ailleurs, après ce traitement, les embryons de *Prunus Armeniaca* gardent, au moins partiellement, leur pouvoir germinatif puisqu'un lot de graines de degré d'hydratation égal à 61 %, après les 3 cycles qui ont duré environ un mois, germe encore avec un taux de 50-55 %. Toutefois la germination tend à s'étaler et les jeunes plantes ne sont pas vigoureuses, ce qui trahit une chute des capacités comparable à celle que l'on observe toujours dans la germination des vieilles graines.

IMBIBITION DES EMBRYONS NUS. — Alors que les graines fraîches, enveloppées dans leurs téguments, absorbent un complément d'eau, atteint en deux jours et bien avant que la germination se produise, au contraire les embryons nus et frais absorbent de l'eau très régulièrement jusqu'à la germination. Cette propriété a déjà été signalée à propos de nos recherches sur l'embryon de *Prunus avium*. Un lot de 14 gr. 60 de degré d'hydratation 227 %, mis sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  et pesé tous les jours, nous a fourni le tableau d'imbibition suivant :

TABLEAU XXV

		<i>Prunus Armeniaca</i> , $t = 20^{\circ}$ .								
Dates ...	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
—	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	
Poids en gr.	14,60	14,90	15,20	15,42	15,67	15,89	16,20	16,70	17,20	
									germination commençante	

**Germination.** — Les pépiniéristes stratifient les semences aussitôt l'extraction du fruit et les sèment au Printemps quand la radicule commence à apparaître entre les deux valves du noyau désagrégé par les agents physiques et surtout par le travail intense des bactéries et moisissures.

Si la graine fraîche est dépouillée de ses téguments et du noyau, la germination est alors beaucoup plus rapide. Avec des graines de degré d'hydratation inférieur à 120 %, on obtient d'excellentes germinations qui débutent 4 à 5 jours après la mise sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  et les pourcentages sont toujours très élevés : 98-100 %.

Avec des embryons nus de poids moyen 0 gr. 8 et de degré d'hydratation 235 %, la germination débute 8 jours plus tard et s'achève assez lentement : 10 à 12 jours après. Toutefois, les taux sont élevés, de 95 à 98 %. Mais certaines graines manifestent une inertie prolongée et de telles germinations ne conduisent pas à des plantes bien vigoureuses. Leur géotropisme reste toujours assez vague.

L'élévation de la température ne modifie guère les modalités de la germination. Elle ne l'améliore pas. Elle en diminue les taux.

Les graines desséchées lentement dans leurs noyaux, donnent des germinations, qui débutent, à  $t = 20^{\circ}$ , 4 à 10 jours après la mise sur coton, selon le degré d'hydratation initial des graines mais les taux sont toujours nettement plus faibles qu'avec les graines fraîches, toutes autres conditions étant égales.

Quant aux graines desséchées rapidement par extraction de la graine hors du noyau, elles ne donnent que des germinations précaires ; les pourcentages sont relativement faibles, de 35 à 45 %, et les plantes, plutôt frêles, s'infectent fréquemment.

**Repos des graines de *Prunus Armeniaca*.** — Avec des embryons nus dont le taux d'imbibition est minimum ou voisin du minimum, le temps de latence est de 4 jours environ. Les embryons nus immatures peuvent subir un repos de un à dix jours.

D'une manière générale, et spécialement avec les embryons à fort degré d'hydratation, le repos peut être réduit par les traitements déjà étudiés avec les graines précédentes. Ceux qui nous ont donné les meilleurs résultats sont le sectionnement des cotylédons et l'immersion dans l'eau ou mieux l'immersion pendant 5 heures dans une solution de soude de concentration  $5/10^4$ .

En immergeant les noyaux quelques jours dans l'eau, ou en les maintenant en cuvette humide pendant une dizaine de jours, on obtient, après éliminations des enveloppes, des germinations comparables à celles données par les graines à faible degré d'hydratation : les plantes sont robustes, leur géotropisme est très marqué.

*La nécessité d'un long repos pour assurer la bonne germination des graines de Prunus Armeniaca est donc une légende.*

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — Les essais d'immersion dans l'acide chlorhydrique et dans les solutions de sulfate de cuivre très dilué, des graines, quelque soit leur degré d'hydratation, se sont régulièrement terminés par la mort des embryons, même avec des immersions de faible durée : 3 heures par exemple dans des solutions de concentration 1/10<sup>4</sup>.

Nous voyons donc qu'à des capacités germinatives élevées et à une grande résistance à l'immersion dans l'eau, s'oppose une grande sensibilité vis-à-vis du sulfate de cuivre et de l'acide chlorhydrique.

Quant aux solutions de soude et de sulfate de fer à la concentration de 2 à 4/10<sup>4</sup>, nous avons déjà dit qu'elles ont sur les embryons de *Prunus Armeniaca* l'influence améliorante déjà reconnue avec les graines de *Prunus avium*. Elle est encore très sensible sur les embryons séchés depuis quelques mois.

#### *Prunus domestica* L. Prunier cultivé.

**CARACTÈRES DE LA SEMENCE.** — Dans les variétés hâtives, les graines contenues dans le noyau du fruit, sont très souvent atrophiées et celles qui sont normalement conformées emplissent incomplètement la cavité du noyau. Par contre, les embryons des variétés tardives sont généralement normaux et les noyaux bien remplis (Reine-Claude verte, Quetsche, etc...). Cette remarque a déjà été faite dans notre étude sur les graines *Prunus avium*. Les caractères et le comportement des graines du Prunier le rapprochent beaucoup des graines de *Rosacées* arborescentes déjà étudiées. Aussi nous nous bornerons à rapporter assez succinctement les résultats de nos observations.

**Hydratation et imbibition.** — Les embryons de *Prunus domestica* subissent, dans leur hydratation, une évolution analogue à celle de *Prunus Armeniaca*. Les espèces où la maturité du fruit est précoce, possèdent des amandes généralement incomplètement développées qui atteignent un haut degré d'hydratation : de 200 à 250 %. Avec les espèces plus tardives, dans le cours des mois d'Août et Septembre, les taux baissent rapidement et atteignent des valeurs minima d'environ 60 % (Tableau XXVI).

TABLEAU XXVI

*Prunus domestica*, t = 20°.

DATES	VARIÉTÉS	DEGRÉ D'HYDRATATION	TAUX D'IMBIBITION APRÈS 24 h.
12 août	Reine-Claude verte	82 %	80 %
15 »	»	74 %	79 %
20 »	»	58 %	59 %
25 »	Quetsche	71 %	68 %
23 septembre	»	59 %	58 %

Donc l'état d'hydratation évolue parallèlement à la maturation comme

nous l'avons déjà observé avec les graines de *Prunus Armeniaca* et le taux d'imbibition de la graine totalement mûre est compris entre 55 et 60 %. En pratique, ce taux est atteint dans les fruits qui, bien mûris sur l'arbre, tombent tardivement sur le sol. En tous cas, le moment auquel le fruit est cueilli détermine et fixe la valeur du taux d'imbibition de la graine. Nous avons essayé par divers traitements de le faire varier, en particulier, en desséchant très lentement des graines de diverses variétés en cuvette légèrement humide. Après cette opération qui a duré 3 à 4 semaines, les graines ainsi traitées ont accusé sensiblement les mêmes taux d'imbibition que les témoins, de même origine, desséchés en quelques jours dans le noyau ou hors du noyau. Ainsi se vérifie une fois de plus que *le taux d'imbibition et le type de maturité sont définis par les rapports avec la plante-mère.*

**IMBIBITIONS ET DÉSHYDRATATIONS SUCCESSIVES.** — Les graines à taux d'imbibition de 55 à 60 %, après les 3 cycles d'opérations, ne perdent en moyenne que 1 à 2 % de leur poids sec initial. A chaque cycle, par ailleurs, le taux d'imbibition ne se modifie guère. Les graines, de degré d'hydratation compris entre 70 à 80 %, perdent environ 7 % de leur poids initial et avec les graines de degré d'hydratation 150-200 %, la perte est de 10 à 15 %.

*Donc la graine à faible taux d'imbibition (55 à 60 %) supporte les imbibitions et les déshydratations successives avec une grande stabilité. Cette stabilité décroît avec l'élévation du taux d'imbibition.*

**IMBIBITION DES EMBRYONS FRAIS AVANT ET PENDANT LA GERMINATION.** — Nous avons expérimenté avec des embryons nus et frais de diverses variétés, à différents degrés d'hydratation, avec des résultats identiques. Voici par exemple ceux obtenus avec des embryons, de degré d'hydratation 82 %, mis en expérience sur coton fortement humide à  $t = 20^{\circ}$ .

TABLEAU XXVI

		<i>Prunus domestica</i> , $t = 20^{\circ}$ . Variété « Reine-Claude ».										
Après	1 j.	2 j.	3 j.	4 j.	5 j.	6 j.	7 j.	8 j.	9 j.	10 j.	11 j.	
Poids .	8,10	8,53	8,92	9,20	9,52	9,93	10,31	10,710	11,26	12,21	13,05	
(en gr.)	avant la germination					pendant la germination						

*L'imbibition est donc un phénomène continu. Avec la germination, on observe un léger relèvement du rythme de l'imbibition.*

**GERMINATION.** — Les semences extraites des fruits sont stratifiées par les pépiniéristes comme celles de l'Abricotier. Elles germent au Printemps suivant. Les germinations sur coton humide à 20, ou à 30°, d'embryons *séchés*, dépouillés de leurs enveloppes, sont en général mauvaises, en particulier à  $t = 30^{\circ}$  où les pourcentages obtenus, de l'ordre

de 25 à 30 %, sont toujours inférieurs à ceux observés à  $t = 20^{\circ}$  où ils s'élèvent à 60-70 %. Si le degré d'hydratation est supérieur à 80 %, les taux de germination ne dépassent pas 20-50 % et les plantes sont frêles. Beaucoup d'embryons pourrissent. Avec les graines à faible degré d'hydratation les pourcentages restent relativement peu élevés : 60-70 %, les plantes assez frêles s'infectent facilement.

Par contre, les embryons *frais, extraits du fruit mûr*, donnent en général des germinations d'autant meilleures que leur degré d'hydratation est faible. S'il est compris entre 70 et 57 %, la germination se déclanche 4 jours après la mise sur coton à  $t = 20^{\circ}$  et s'achève rapidement en 3-4 jours, avec des taux très élevés de 98 à 100 %.

Avec des embryons plus hydratés, la germination est retardée de quelques jours et les taux progressivement plus faibles. Avec des embryons à fort degré d'hydratation, les germinations peuvent devenir atypiques comme chez *Prunus avium* et présenter un retard assez long (10 jours).

**Repos.** — *Le long repos des graines de Prunus domestica est encore une légende*, ainsi qu'en témoignent les expériences décrites au chapitre de la germination.

Avec des embryons de faible degré d'hydratation, dépouillés de leurs enveloppes, le repos n'excède pas 1 à 3 jours. Avec des graines plus fortement hydratées, il s'échelonne entre 4 et 10 jours mais après une immersion dans l'eau de 48 à 72 heures ou après ablation de la partie terminale des cotylédons, le temps de repos est raccourci de 3 à 5 jours et les germinations sont plus condensées que chez les témoins.

**Résistance à l'immersion dans les solutions chlorydriques et de sulfate de cuivre.** — Les graines séchées, dont la viabilité est faible, sont tuées par des traces de ces substances (solution à 0,25/10<sup>4</sup>).

Les graines fraîches, même celles à faible degré d'hydratation et à capacités germinatives élevées, ne résistent pas à des immersions de 3 heures dans les solutions précitées de concentration 1/10<sup>4</sup>. Elles supportent à peine la solution à 0,5/10<sup>4</sup>. Celles à fort degré d'hydratation sont tuées par l'immersion dans de telles solutions.

Il faut souligner les analogies que présentent vis-à-vis des solutions toxiques les embryons de *Prunus avium*, de *Prunus domestica* et de *Prunus Armeniaca* dont la faible résistance est comparable à celle des embryons très immatures de **Pisum** et de **Phaseolus**.

### ***Prunus Persica* L. Stokes. Pêcher cultivé**

L'embryon est aussi contenu dans un noyau lignifié, très résistant. L'amande des variétés précoces, est en général très atrophiée ou incomplètement développée. Il est relativement rare d'en trouver qui emplissent complètement la cavité du noyau, exception faite pour les variétés tardives telle que la Pêche-abricot, etc.... C'est là une analogie avec quelques

Rosacées déjà étudiées. Nous résumerons rapidement les propriétés de l'embryon de *Prunus Persica*.

**Degré d'hydratation et maturité. — Imbibition.** — Les embryons, tirés de fruits encore éloignés de la maturité, contiennent de fortes proportions d'eau : 300 à 500 %. Dans les fruits mûrs de variétés précoces, le degré d'hydratation reste encore très élevé : de 200 à 250 % tandis que celui des variétés tardives est relativement bas, de 100 à 125 %. Les taux les plus bas nous ont été fournis par des pêches très tardives récoltées dans la région du Nord, fin Septembre. Ce fait a retenu notre attention. Pendant l'année 1941, ces fruits furent retardés dans leur maturation, toujours péniblement acquise dans nos régions pendant les étés doux et humides. Malgré ces conditions apparemment défavorables, et peut-être même en vertu de cette végétation prolongée, les amandes extraites possédaient le taux d'hydratation très bas de 56 % et une stabilité remarquable vis-à-vis des déshydratations et hydratations successives.

Ceci tendrait à prouver que le climat joue un rôle important dans l'évolution de la maturation et des caractéristiques de l'embryon de *Prunus Persica*.

S'il est notoire qu'un climat chaud hâte le développement du fruit et sa maturation, par contre, ainsi qu'en témoignent nos observations, il provoquerait l'atrophie de l'embryon. Un climat tempéré provoquerait un retard considérable dans le développement du fruit mais la graine se développerait lentement, régulièrement et l'embryon atteindrait son développement total et le taux d'imbibition minimum. Le climat aurait donc une action différentielle sur le péricarpe charnu et la graine en conditionnant l'antagonisme qui s'exerce sans doute entre eux.

**HYDRATATIONS ET DÉSHYDRATATIONS SUCCESSIVES.** — Les embryons de degré d'hydratation supérieure à 150 %, sont très fortement dégradés par trois cycles successifs d'hydratation et de déshydratation. Les phases d'hydratation traînent en longueur, 7 à 8 jours, et les graines restent molles. La stabilité des graines à faible degré d'hydratation 55 à 70 % est élevée et les phases d'imbibition de 3 à 4 jours, après lesquelles la graine réacquiert sa turgescence primitive, sont relativement plus promptes.

**Germination.** — Si la germination de la graine dans un noyau est pénible et requiert la stratification, par contre les *embryons nus* et *frais* à  $t = 20^{\circ}$ , sur coton humide, donnent de bonnes germinations, du moins avec les graines à taux d'imbibition : de 57 à 60 %. Elle débute 4 à 5 jours après la mise sur coton et dure 2 à 3 jours et donne des embryons normaux.

Avec des embryons à taux d'imbibition élevé : 200 à 250 %, les temps de latence et de germination sont nettement plus longs, 8 à 10 jours

d'une part, 7 à 8 jours d'autre part ; les taux plus faibles et les formes atypiques plus abondantes.

Ces germinations sont nettement améliorées par l'immersion dans l'eau pendant 5 à 6, jours par le traitement alcalin (soude à 2/10<sup>4</sup> pendant 4 heures), et par l'ablation de l'extrémité des cotylédons. Ce dernier traitement nous a donné en particulier des germinations condensées sans formes atypiques. Les formes atypiques sont ici encore caractérisées par la croissance inégale des cotylédons, par des torsions ou un allongement anormaux de la tigelle, parfois par la boursoufflure des racines et la multiplication exagérée des radicelles.

**Repos.** — Le repos de l'embryon de *Prunus Persica*, comme celui des embryons des Rosacées déjà étudiées, varie avec son taux d'imbibition mais il peut, près traitement, se réduire à 2 ou 3 jours.

**Résistance à l'immersion dans diverses solutions.** — Les embryons de *Prunus Persica* présentent une grande sensibilité vis-à-vis des solutions d'acide chlorhydrique et de sulfate de cuivre qui les tuent, quel que soit le taux d'imbibition des graines, après une immersion de 3 heures à la concentration de 0,5/10<sup>4</sup>.

### ***Pirus Malus* L. Pommier**

Les semences de *Pirus Malus* sont des pépins dont les enveloppes cornées sont très résistantes. Les embryons, bien développés, même ceux des fruits immatures, emplissent complètement les enveloppes. Ce caractère distingue déjà *Pirus Malus* des espèces de Rosacées arborescentes déjà étudiées mais dans un fruit qui peut héberger 10 semences au maximum, souvent de nombreux pépins sont totalement avortés : 25 à 90 %, quelquefois 100 %.

**Degré d'hydratation.** — **Imbibition.** — Par l'étude de ces caractéristiques nous avons encore reconnu que :

1<sup>o</sup> le degré d'hydratation des embryons diminue au fur et à mesure que la maturation du fruit progresse.

2<sup>o</sup> le taux d'imbibition est défini par le moment où le fruit est détaché de l'arbre.

3<sup>o</sup> le taux d'imbibition présente un minimum atteint par la graine tirée du fruit *mûri sur l'arbre*. Sa valeur est de 57-58%, assez rarement observée avec les pépins des pommiers indigènes.

4<sup>o</sup> Ce taux est stable. Il se maintient au travers des 3 cycles d'hydratation et de déshydratation pendant lesquels les embryons ne perdent que 1 % de leur poids sec initial et conservent leur pouvoir germinatif.

Nous avons observé souvent cette stabilité élevée dans l'étude des graines issues de fruits importés des États-Unis (pommes dites de Californie) et rarement avec nos espèces indigènes (Bon Pommier, Belle Fleur, etc. Cette instabilité est d'ailleurs associée, en général, à des taux

d'imbibition qui s'élèvent à 60-70 % et quelquefois plus, donc nettement supérieurs au taux d'imbibition, minimum. D'autre part, l'imbibition de l'embryon nu est rapide, car elle est réalisée en 4 heures environ. Par contre, le pépin entier exige, pour s'imbiber, une immersion d'environ 48 heures mais le taux d'imbibition reste sensiblement le même.

**Germination.** — Dans la pratique de l'arboriculture fruitière, il est recommandé de faire sécher les pépins et de les stratifier à l'Automne. Ils germent au Printemps lorsque se trouve consommée la pourriture des enveloppes qui bloquent l'embryon.

**GERMINATION DES EMBRYONS NUS.** — Les embryons *frais* à faible degré d'hydratation 57-60 % mis sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  germent rapidement. Au 3<sup>e</sup> jour, les cotylédons s'écartent et verdissent légèrement, cependant que la radicule commence à croître. En 4 ou 5 jours la germination est généralement terminée avec des pourcentages élevés : 90-95 %, si on expérimente avec des embryons extraits de pépins de pommes de Californie. Avec les embryons tirés de nos pommes indigènes nous avons trouvé souvent des formes anormales avec des racines boursoufflées et des tigelles, tordues comparables aux anomalies déjà signalées dans nos études précédentes. Dans certains cas les cotylédons grossissent très inégalement et les réactions géotropiques des racinês manquent de netteté. Ces anomalies, ainsi que nous le verrons plus loin, sont souvent comparables à celles observées sur des embryons mûrs mis en germination, après attaque par des solutions toxiques très étendues.

Au fur et à mesure que le degré d'hydratation s'élève les germinations s'étalent et les formes atypiques deviennent de plus en plus nombreuses.

Les embryons *nus et séchés*, de taux d'imbibition faible : 57 à 60 % germent bien mais les taux sont moins élevés qu'avec des embryons frais correspondants et la dessiccation ne fait pas disparaître les formes atypiques ; des embryons secs à fort degré d'hydratation donnent des germinations très irrégulières avec de forts déchets : de 20 à 100 %, et beaucoup de formes atypiques ; et par conséquent la dessiccation n'apporte aux embryons aucun surcroît de maturation car, s'il en était ainsi, le taux d'imbibition se trouverait abaissé et les capacités germinatives élevées, ce qu'on n'observe nullement. Aussi la *dessiccation n'est-elle nullement nécessaire et tend plutôt à affaiblir les capacités germinatives des embryons.*

Quant aux arbustes obtenus avec des embryons nus, mûrs et frais, de degré d'hydratation 57-58 %, ils sont vigoureux. Un lot d'entre eux provenant d'une germination obtenue en Septembre 1939, mis en terre, a résisté à l'hiver 1939-1940 pourtant très rigoureux. Leur taille, toutefois, paraît légèrement inférieure à la moyenne.

En résumé, *les germinations typiques sont obtenues avec des embryons nus bien mûrs (taux d'imbibition 55-57 %).*

**Repos.** — Le temps de latence est réduit à quelques jours par l'éli-

mination des enveloppes. L'immersion dans l'eau des embryons, avant la mise en germination, a une influence hautement favorable dans l'élimination des formes atypiques. Ainsi des semences tirées de fruits mûrs et contenant des embryons à degré d'hydratation assez élevé : 70-90 %, qui fournissent régulièrement des formes aberrantes, immergés 5 à 8 jours dans l'eau à température moyenne de 20° et dépouillées de leurs enveloppes, nous ont donné des germinations sensiblement normales et comparables à celles obtenues par la stratification ou les traitements à basses températures préconisés par divers auteurs.

Dans certains cas, où la germination s'arrête après un début de croissance de la racine, il suffit d'immerger les embryons une seconde fois dans les mêmes conditions que précédemment et la germination se poursuit. La généralité de la méthode à l'immersion tend donc à s'affirmer. Son action très nette sur les graines immatures de pois et de haricot, s'exerce donc aussi sur les embryons des Rosacées et tout se passe comme si ce traitement apportait aux embryons qui ne sont pas mûrs ce complément de maturation, qui conduit à des germinations typiques qui se déclenchent après quelques jours sur coton humide et s'achèvent rapidement 3 ou 4 jours avec des pourcentages élevés. Les plantules sont saines et vigoureuses, leur racine et leur tige manifestent des réactions géotropiques très nettes.

Les traitements par immersion dans la soude à  $1/10^4$  et dans le sulfate de fer à  $5/10^3$  pendant 3 heures nous ont donné des résultats également très favorables, avec élimination des formes aberrantes.

**Résistance à l'immersion dans diverses solutions.** — Les embryons de *Pirus Malus* sont résistants. C'est ainsi que dans des essais préliminaires, nous avons observé que des embryons nus, à taux d'imbibition de 56 %, trempés pendant 10 heures dans une solution d'acide chlorhydrique à  $5/10^4$ , donnaient encore des germinations, avec formes aberrantes, il est vrai. Nous avons ainsi été amenés à multiplier les essais de résistance avec diverses solutions, en particulier des solutions oxydantes et des solutions réductrices.

Les embryons, trempés 10 heures dans les solutions à essayer, sont lavés puis mis à germer à  $t = 20^\circ$ . Le tableau XXVIII contient les résultats de nos diverses expériences, réalisées avec des embryons extraits de pommes de Californie.

La résistance des embryons est donc remarquable, et de plus les oxydants jusqu'à une certaine dose, sauf le bichromate de potasse, ont une influence stimulante assez nette. Il est vrai que, par ailleurs, l'hypo-sulfite de soude, même à forte concentration, a aussi une influence très favorable et il est très difficile de tirer de ces expériences une conclusion générale. Le cas de résistance le plus probant est celui offert par l'immersion dans le permanganate de potasse. Outre les immersions indiquées dans le Tableau XXVIII, nous avons immergé des embryons dans la solution à 1 % pendant 4 jours ; après un tel traitement on obtient

encore une ébauche de germination. Par contre, les embryons, à degré d'hydratation plus élevé, sont tués par les solutions d'acide chlorhydrique à concentration supérieure à  $1/10^4$ .

TABLEAU XXVIII

*Pirus Malus*, t = 20°.

	SOLUTIONS	CONCENTRATIONS	TEMPS DE LATENCE	TEMPS DE GERMINATION	OBSERVATIONS
	Témoins		3 j.	4-5 j.	Germination normale.
OXYDANTS	Eau de Javel commerciale	$1/10^4$	2 j.	3 j.	Bonne germination bien condensée, racines rabougries.
		$5/10^4$	2 j.	4 j.	
		$1/10^3$	3 j.	6 j.	
	Permanganate de Potasse	$1/10^4$	2 j.	3 j.	Germination condensée.
		$5/10^4$	3 j.	3 j.	id.
		$1/10^3$	4 j.	5 j.	Plantules tordues.
		$1/10^2$	4 j.	6 j.	Plantules très tordues.
	Borate de Soude	$1/10^3$	3 j.	3 j.	Germination normale.
		$5/10^2$	5 j.	6 j.	Plantes chétives — formes aberrantes.
	Chlorate de Potasse	$1/10^2$	3 j.	3 j.	Germination normale.
$5/10^2$		5 j.	6 j.	Plantes chétives.	
Bichromate de Potassium	$1/10^4$		4 j.	6 j.	Germination ralentie.
	$5/10^3$		pas de germination		Plantules tuées.
RÉDUCTEURS	Hyposulfite de Soude	$5/10^2$	2 j.	2 j.	Très belle germination.
		$1/10$	4 j.	5 j.	Germination rabougrie.
Bisulfite de Soude	$1/10^3$	4 j.	6 j.	Germination ralentie.	
	$5/10^2$	4 j.	6 j.	Plantes atrophiées.	
Acide chlorhydrique	$1/10^4$	2 j.	6 j.	Germination condensée.	
	$5/10^4$	4 j.	7 j.	Plantules rabougries et aberrantes.	
Crésyl	$2/10^4$	3 j.	4 j.	Bonnes germinations.	
	$5/10^4$	5 j.	7 j.	Plantes tordues.	

On remarquera qu'à partir d'une certaine concentration les diverses solutions provoquent l'apparition de formes aberrantes, comparables à celles observées dans la germination des graines immatures. Nous avons d'ailleurs déjà signalé ce fait significatif. Par contre, on observe très nettement qu'en dessous d'une certaine concentration elles agissent comme stimulant. Ce fait important apparaissait déjà dans nos essais sur les graines précédemment étudiées.

INFLUENCE INHIBITRICE DE LA PULPE DU FRUIT. — Nous avons vérifié que la pulpe du fruit est capable d'inhiber le développement de l'embryon nu. Celui-ci, placé sur coton humide à t = 20° entre deux couches de pulpe, renouvelées tous les jours, ne germe pas.

RÉSISTANCE DES PÉPINS ENTIERS. — Nous avons soumis les pépins

à une immersion prolongée pendant 15 heures dans des solutions aqueuses de Crésyl à 5 %, 30 %, 50 %; après traitement les embryons dépouillés de leurs enveloppes sont lavés puis mis sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ .

Les embryons du 1<sup>er</sup> lot germent normalement avec des pourcentages élevés : 90 %. Les embryons du 2<sup>e</sup> lot germent encore très lentement, en une dizaine de jours avec un pourcentage plus faible, de 50 à 55 %. Ils donnent de nombreuses plantules tordues. Les embryons du 3<sup>e</sup> lot donnent encore des germinations à faible taux de 10 à 15 % et les plantes sont naines, tordues et boursoufflées.

Les enveloppes protègent donc énergiquement l'embryon.

### **Caractéristiques de quelques semences de Rosacées**

**PIRUS COMMUNIS L.** — La semence ou pépin contient un embryon généralement bien développé. Le taux d'imbibition est de 56 %. Germination identique à celle de *Pirus Malus*. Résistance élevée vis-à-vis des solutions toxiques.

En résumé : caractères analogues à ceux de l'embryon de *Pirus Malus*.

**SORBUS DOMESTICA L.** — Embryon assez résistant dont le taux d'imbibition est 59 %.

**CYDONIA OBLONGA MILLER.** — La semence est un pépin doublé d'une enveloppe de mucilage. Le taux d'imbibition est de 56 %.

**GRATÆGUS OXYACANTHA L.** — Drupe à noyau très compact, très dur ; souvent l'embryon est avorté ou même « vitrifié ». Les capacités germinatives sont très réduites.

Taux d'imbibition : 60 %.

**AGRIMONIA EUPATORIA L.** — Akène scléreux, à germination très retardée. Il germe environ deux mois après la mise sur coton à  $t = 20^{\circ}$ . La germination s'étale d'ailleurs irrégulièrement pendant les quelques mois qui suivent.

L'embryon frais et nu germe en 3 jours à  $t = 20^{\circ}$ .

Le taux d'imbibition est de 58 %.

**Conclusions sur les graines de quelques plantes de la famille des Rosacées.** — 1<sup>o</sup> Les graines de Rosacées sont contenues en général dans des enveloppes très résistantes : péricarpe desséché, noyau, téguments parcheminés, qui réalisent une protection efficace contre les agents chimiques en même temps qu'un obstacle à la germination qu'elles retardent considérablement.

2<sup>o</sup> Les embryons nus et séchés, à taux d'imbibition élevé, ont, en général, des capacités affaiblies par rapport aux embryons frais de même origine et de mêmes caractéristiques.

3<sup>o</sup> Les embryons frais, à faible taux d'imbibition possèdent des capacités germinatives généralement élevées. Avec l'élévation des taux d'imbibition les germinations s'étalent et présentent souvent des cas d'atypie.

4° Le taux d'imbibition des embryons les plus mûrs est compris entre 55 et 60 %. Mais alors que ce taux est aisément atteint par les graines contenues dans un akène et même dans un fruit à évolution lente (pépins des Pomacées), il l'est difficilement dans les graines des fruits charnus à évolution rapide (drupe de *Prunus avium*, etc... qui mûrit deux ou trois mois après la floraison). Il semble donc qu'il y ait un certain antagonisme entre la maturation du fruit et celle de la graine. Un climat chaud et sec interviendrait dans cette évolution en favorisant le développement du fruit. Doux et humide, il favoriserait le développement de la graine.

5° Enfin, les embryons, exception faite de celui de certaines Pomacées, sont très sensibles aux solutions toxiques. Cette sensibilité s'explique dans une large mesure par une maturité généralement incomplète. Ce défaut de maturité s'explique dans une certaine mesure, dans les fruits charnus, par la déficience causée à l'embryon par la concurrence vitale entre le péricarpe du fruit et la graine. Enfin, elle trouverait peut-être aussi son origine dans les conditions biologiques défavorables créées par des enveloppes particulièrement épaisses et résistantes.

## C. Crucifères

### I. *Sinapis arvensis* L. Moutarde des champs

Les téguments les plus externes de la graine sont constitués par plusieurs couches de cellules mortes qui absorbent fortement l'eau et forment une enveloppe mucilagineuse.

**Imbibition.** — L'imbibition est rapide mais les enveloppes rendent difficile l'appréciation exacte du temps d'imbibition et la détermination du taux réel. L'imbibition paraît complète en 4 heures et le taux apparent obtenu de l'ordre de 130 %. Dans d'autres expériences nous avons immergé des lots de *Sinapis* dans l'eau pendant 1 heure puis en frottant les graines avec un linge rugueux nous en avons éliminé le mucilage. Les mesures ultérieures montrent que le taux est nettement abaissé et atteint 70 %. Enfin, nous avons traité les lots de graines par l'acide sulfurique à 66° Baumé pendant 25 minutes et désagrégé ainsi les téguments externes. Les graines lavées sont frottées et séchées, puis mises à tremper à  $t = 20^\circ$ .

Dans ce cas, le taux d'imbibition réel est de 55 %.

**REMARQUE.** — Les cotylédons repliés favorisent la rétention de l'eau, qu'il faut épuiser par compression assez vive et répétée entre deux feuilles de buvard.

**Germination.** — Les graines sèches et mûres germent vingt heures environ après la mise sur coton humide à  $t = 20^\circ$  avec des pourcentages de 95 à 98 %.

Les graines, fraîches proches de la maturité, dépouillées de leurs enveloppes, possèdent des capacités germinatives élevées. Elles donnent des

taux de 98-100 % au cours de germinations qui se déclenchent 25 à 30 heures après la mise sur coton. Avec les graines de degré d'hydratation plus élevé : 90 %, nous avons encore obtenu d'excellentes germinations qui débutent 2 jours après la mise sur coton. Enfin les germinations s'affaiblissent progressivement et s'annulent pour les taux d'hydratation de l'ordre de 200 %.

**Résistance à l'immersion dans l'eau et dans diverses solutions.** — En raison de l'intérêt que présente la destruction de cette plante envahissante des cultures, la résistance des graines et des plantes de *Sinapis* vis-à-vis de l'immersion dans l'eau et dans diverses solutions, a fait l'objet de notre part de recherches assez étendues.

**RÉSISTANCE A L'IMMERSION DANS L'EAU.** — Les graines sont immergées dans l'eau non renouvelée, sorties par lots de 50 et mises à germer sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ .

Voici les taux de germination en fonction du temps d'immersion :

TABLEAU XXIX

		<i>Sinapis arvensis</i> , $t = 20^{\circ}$ .										
Temps (en heures)	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	12 h.	14 h.	16 h.	18 h.	
Taux	98 %	94 %	94 %	96 %	92 %	94 %	94 %	94 %	88 %	84 %	82 %	
Temps (en heures)	20 h.	30 h.	40 h.	50 h.	60 h.							
Taux	84 %	50 %	30 %	8 %	4 %							

Le pouvoir germinatif des graines de *Sinapis* tend donc à s'annuler après une immersion de 50 heures dans l'eau non renouvelée, la période critique étant comprise entre 20 et 30 heures.

**RÉSISTANCE A L'IMMERSION DANS DIVERSES SOLUTIONS.** — Les graines sèches sont immergées pendant 3 heures dans les solutions à essayer puis lavées et mises sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . Les résultats obtenus sont contenus dans le tableau XXX.

*Résistance aux solutions acides et basiques.* — L'influence des solutions acides sur les taux de germination se manifeste énergiquement dès la concentration de  $6/10^4$ , en particulier avec l'acide chlorhydrique.

**REMARQUE.** — Parmi les graines normales, de couleur ambrée, fournies par la Station d'essais de semences de la Faculté des Sciences de Lille, nous avons observé des graines à téguments noirs qui donnent à la germination des plantes apparemment identiques aux plantes normales. Ces graines noires de *Sinapis*, que nous avons trouvées dans nos échantillons dans la proportion de 2 à 5 %, présentent vis-à-vis des acides une résistance particulièrement élevée puisque dans tous nos essais, elles

ont résisté aux traitements acides dans les solutions jusqu'à la concentration de  $1/10^3$ .

Il s'agit donc d'une variété acido-résistante.

Par ailleurs, la toxicité des solutions basiques, vis-à-vis des graines de *Sinapis arvensis*, est sensiblement égale à celle des acides.

TABLEAU XXX

*Sinapis arvensis*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	1/10 <sup>4</sup>	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	1/10	2/10
HCl	93	86	67	4	9	2	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub> H	90	88	87	40	3	3	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	94	87	71	40	30	5	0	0	0	0	0
NaOH	98	98	51	50	5	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	92	87	85	50	11	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	83	16	2	2	2	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	97	96	85	56	50	53	10	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	96	95	97	95	95	90	91	80	0	0	0
SO <sub>4</sub> Ca	96	95	95	96	95	91					
(ClO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Ba	95	95	96	95	96	94	96	92	92	41	10
ClO <sub>3</sub> Na	98	96	97	95	96	96	96	92	81	63	21
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Na <sub>2</sub>	96	95	95	92	93	92	90	71	4	3	0
SO <sub>2</sub> Na <sub>2</sub>	96	96	97	93	90	92	91	86	5	0	0
CO <sub>2</sub> Na <sub>2</sub>	96	94	94	96	85	86	21	0	0	0	0
SCNONH <sub>4</sub>	96	96	95	94	95	95	83	71	0	0	0
ASO <sub>4</sub> Na <sub>3</sub>	98	96	97	80	61	21	0	0	0	0	0
NaCl	98	97	98	96	96	77	96	96	92	51	0

*Résistance à diverses solutions de sulfates.* — Les sulfates employés sont très solubles sauf le sulfate de calcium (2 gr. 3 par litre) ; aussi pour ce dernier, les résultats n'ont-ils de signification que pour les concentrations inférieures à  $5/10^3$ .

*Nous constatons, une fois de plus, la haute toxicité du sulfate de cuivre et à un degré moindre, celle du sulfate ferreux.*

RÉSISTANCE A DIVERSES SOLUTIONS DE SELS. — Les chlorates et le chlorure de sodium en solution ont donc une influence quasi nulle.

L'hyposulfite de soude, le sulfite de soude et le sulfo-cyanate d'ammonium sont faiblement toxiques.

*Le sel le plus nettement toxique est l'arseniate de soude dont la toxicité est comparable à celle des bases et acides.*

**RÉSISTANCES DES GRAINES EN GERMINATION VIS-A-VIS DE QUELQUES PRODUITS EN POUDRE.** — Les graines sont mises sur coton humide à  $t = 20^\circ$ , sur un lit de substance à essayer, réduite en poudre (soufre en fleur, ferricyanure de fer, arséniate de cuivre, arsenite de cuivre).

- Voici les taux et les caractéristiques des germinations obtenues :
- sur soufre en fleur : germination normale, 98 % en 2 jours
  - sur ferricyanure de fer :                   »                   , 98 %                   »
  - sur arséniate de cuivre : germination médiocre, 30 % en 6 jours  
(germination arrêtée)
  - sur arsenite de cuivre : germination nulle.

Ces résultats prouvent qu'au contact des substances insolubles (soufre, ferricyanure de fer) ou très peu solubles, la germination est normale, dans la mesure où leur toxicité n'est pas trop élevée. Les arséniate et arsenite de cuivre jouissant, par l'association des deux ions toxiques : le cuivre et l'arsenic, de propriétés toxiques très élevées, de simples traces de ces substances, qui ne sont pas strictement insolubles passant en solution dans l'eau, suffisent à tuer les jeunes plantes.

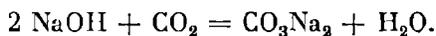
**RÉSISTANCE AUX SOLUTIONS TOXIQUES, EN FONCTION DU TEMPS D'IMMERSION.** — Les lots de graines sèches sont immergés dans les solutions d'acide chlorhydrique, de soude, de sulfate de cuivre et de sulfate ferreux à la concentration de  $2/10^4$ , pendant des temps croissants : 3 h., 6 h., 10 h., 15 h., 20 h., et 30 h. et après lavage, mis à germer à  $t = 20^\circ$  (tableau XXXI).

TABLEAU XXXI

Après :	3 h.	6 h.	10 h.	15 h.	20 h.	30 h.
HCl	90	70	4	0	0	0
NaOH	97	88	84	80	2	0
SO <sub>4</sub> Cu	88	60	10	2	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	97	96	82	61	40	0

Le cas de la soude est à examiner car, si la *toxicité de l'acide chlorhydrique et du sulfate de cuivre s'élève avec la durée de l'immersion, par contre celle de la soude se stabilise sensiblement de la 6<sup>e</sup> à la 15<sup>e</sup> heure.*

L'hypothèse la plus plausible est la suivante : L'imbibition étant acquise en 3 heures environ, la graine en activité prégerminative commence à rejeter du gaz carbonique qui neutralise rapidement la soude suivant la réaction :



Cette hypothèse peut être partiellement vérifiée en mesurant au début de l'expérience le pH de la solution de soude et en répétant la mesure à la 6<sup>e</sup> heure, à la 10<sup>e</sup> heure et à la 20<sup>e</sup> heure. Voici les résultats de nos essais : la solution sodique (de pH = 9,8), qui sert au trempage

des graines accuse, après 3 heures de traitement, une très faible diminution du pH qui tombe à 9,6 ; à la 6<sup>e</sup> heure il n'est plus que de 7,8 ; à la 10<sup>e</sup> heure de 7,2 et à la 20<sup>e</sup> heure de 7,2 c'est-à-dire voisin de la neutralité. La chute du pH, qui est faible pendant les 3 premières heures, correspondant à l'imbibition totale des graines, est provoquée par la fixation des ions OH. La chute ultérieure du pH plus intense et plus rapide, ne peut être causée que par la neutralisation de la soude par un élément à diffusion rapide, vraisemblablement le gaz carbonique. La mort des graines résulterait alors, en partie de la toxicité de la solution, en partie de la durée de l'immersion.

**RÉSISTANCE DES JEUNES PLANTES DE *Sinapis arvensis* AUX SOLUTIONS AQUEUSES D'ACIDE CHLORHYDRIQUE.** — Les jeunes plantes de *Sinapis arvensis*, immergées dans les solutions acides, meurent après un temps d'immersion qui varie avec l'âge de la plante et la concentration de la solution. Pour une concentration déterminée, le temps d'immersion minimum, qui provoque la mort, peut donc servir à mesurer la résistance de la plante.

Avec des plantes de 7 jours, immergées dans 50 cc. de solutions de concentration croissantes, nous avons ainsi obtenu à  $t = 20^{\circ}$  des temps de résistance contenus dans le Tableau XXXII.

TABLEAU XXXII

CONCENTRATION EN HCl.	<i>Sinapis arvensis</i> , $t = 20^{\circ}$ .					
	2/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1 %	5 %	10 %
Temps de résistance.	3 h. 3/4	2 h. 1/2	1 h.	20 minutes	10 minutes	5 minutes

**REMARQUE.** — Le rapport des poids entre les plantes immergées et la solution est de 1 à 50, afin d'obtenir une bonne immersion des plantes.

A ces résultats correspond la courbe reproduite à la planche II.

Ce tableau montre très nettement qu'entre les concentrations de 5/10<sup>3</sup> et 1 %, la résistance décroît très rapidement. Cette zone de concentration représente une zone critique qui sépare la zone de destruction brutale située au-dessus 1 % et la zone de destruction ménagée en-dessous de 5/10<sup>3</sup>.

**RÉSISTANCE DES PLANTES EN FONCTION DE LEUR AGE.** — Nos essais ont été exécutés avec le souci d'éviter l'influence des variations d'éclairément qui modifient fortement la résistance à mesurer ; les plantes sont soumises le jour à une lumière diffuse faible, aussi égale que possible, et les essais faits le matin à 8 h. à la sortie des plantes de l'obscurité. Nos essais ont porté sur des plantes développées sur coton humide, à la lumière diffuse, donc dans des conditions alimentaires précaires. Les résultats sont portés dans la Ligne I du Tableau XXXIII.

TABLEAU XXXIII

*Sinapis arvensis*, t = 20°.

AGE EN JOURS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Résistance en heures :												
(I)	4	3	2 1/2	2	2	1 3/4	1 1/4	3/4	3/4	1 1/2	2	2
(II)									1	2 1/2	2 1/2	1 1/2
(III)			2 1/2	2	2 1/2	3 1/2	3 3/4	3 3/4	3	3	2 1/2	2 1/2
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
(I)	1 1/4	1	3/4	1	1	1 1/2	1 1/2	1	1/2	1/4	mort	
(II)	1 1/2	1 1/4	2 1/2	1 3/4	1 3/4	2	2 1/4	2 3/4	31	2	2	
(III)	3	3 1/4	4	4 1/2	3 1/2	3	2 1/2	3	4	5	4 3/4	

(Concentration de la solution chlorhydrique C = 2/10<sup>4</sup>).

Nous observons donc que la résistance des jeunes plantes de *Sinapis arvensis* n'est pas constante. C'est un phénomène d'allure périodique.

Le Tableau XXXIII montre en effet, que pendant les 20 premiers jours de développement, la résistance passe alternativement par des maxima et des minima (Ligne I). Dans nos essais en lumière vive, sur coton humide (Ligne II) et en lumière vive, sur coton imprégné de solution de Knop (Ligne III), nous avons observé que le phénomène a la même allure. Mais à la lumière vive, la résistance moyenne est accrue, surtout en présence de solutions nutritives : les maxima sont singulièrement plus élevés et les dépressions correspondent encore à une résistance élevée.

Quant à la résistance élevée constatée dans les deux premiers jours, elle est due à la protection de l'embryon par les téguments de la graine.

RÉSISTANCE DES PLANTULES EN DÉVELOPPEMENT A L'OBSCURITÉ COMPLÈTE. — Dans nos expériences, les plantules ne disposent d'autres réserves que celles contenues dans les cotylédons ; à partir du moment où elles sont épuisées, elles subissent l'inanition totale, exception faite pour l'eau.

TABLEAU XXIV

*Sinapis arvensis*, t = 20° — solution HCl 2/10<sup>4</sup>.

AGE DES PLANTES (en jours)	1	2	3	4	5	6	7	8
(Résistance (en heures et min.))	4 h.	3 h.	2 h.	1 h.	45 m.	40 m.	35 m.	45 m.
AGE DES PLANTES (en jours)	9	10	11	12	13	14	15	
Résistance (en heures et min.)	45 m.	50 m.	45 m.	40 m.	25 m.	10 m.	0	

Nous observons donc qu'à partir du 5<sup>e</sup> jour, jusqu'au 12<sup>e</sup>, la résistance est sensiblement constante ; à partir du 12<sup>e</sup>, elle décroît rapidement et s'annule avec la mort de la plante.

La courbe de la planche III exprime l'allure du phénomène et traduit

ce fait important qu'il existe chez *Sinapis*, dans les conditions d'inanition précitées, une résistance sensiblement constante que nous appellerons **résistance de base**.

**RÉSISTANCE AUX PULVÉRISATIONS ACIDES.** — *Méthode* : Les lots à essayer, cultivés sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ , à la lumière diffuse, sont prélevés en découpant le coton qui les supporte et dressés sur une soucoupe. Ils sont soumis à une pulvérisation fine avec un pulvérisateur à parfums. Après la pulvérisation, le coton support est lavé à l'eau calcaire pour neutraliser l'acide qui a coulé le long des plantes. Ces conditions se rapprochent de celles obtenues en pleine terre qui contient toujours des quantités suffisantes de calcaire pour neutraliser l'acide qui tombe sur le sol.

Voici les résultats que nous avons obtenus avec des lots de plantes de 7 jours : elles résistent aux pulvérisations pratiquées avec les solutions chlorhydriques à la concentration de  $2/10^4$ .

Elles résistent partiellement aux pulvérisations acides à la concentration de  $1/10^3$ .

Elles sont tuées quand la solution acide atteint la concentration de  $5/10^3$ .

Il est bien évident qu'aux dépressions correspondent les résistances plus faibles ; les plantes sont alors presque toutes tuées avec la solution acide à  $1/10^3$ . Aux maxima, par contre, les plantes sont à peine attaquées par l'acide à  $1/10^3$ . Enfin, jusqu'au 20<sup>e</sup> jour elles succombent, quelque soit leur âge, aux pulvérisations acides à la concentration de  $5/10^3$ .

En résumé ces résultats ne font que confirmer ceux obtenus par la méthode à l'immersion, en premier lieu l'existence de la *zone critique* comprise entre les concentrations  $5/10^3$  et  $1/10^3$ .

### ***Lepidium campestre* L. Passerage champêtre**

La graine de *Lepidium campestre* est enveloppée de téguments fortement parcheminés rendus très rigides par une assise de cellules hautes à parois épaisses. A la germination, la déhiscence de la graine se fait suivant deux fentes longitudinales.

**Degré d'hydratation et imbibition.** — Le degré d'hydratation décroît progressivement pendant la maturation du fruit. Le taux d'imbibition de la graine entière atteint 67%. Il est acquis d'ailleurs assez rapidement, en 5 heures environ. Toutefois, ce taux n'est qu'un taux apparent. Comme celui de *Sinapis*, l'embryon, qui est replié, contient une certaine quantité d'eau que l'on peut faire disparaître en éliminant d'abord les enveloppes par le traitement à l'acide sulfurique à  $66^{\circ}$  Baumé et en comprimant ensuite assez fortement les embryons entre des feuilles de papier buvard. Dans ces conditions, le taux réel est de l'ordre de 53 %.

**STABILITÉ DE LA GRAINE.** — Après trois cycles d'immersion de 5 heures

et de déshydratation, les lots de graines traités perdent 5 % environ de leur poids initial à l'état sec. Mais, les capacités germinatives s'affaiblissent sensiblement après le 2<sup>e</sup> cycle, les pourcentages tombent à 80-90 et après le 3<sup>e</sup>, ils sont de l'ordre de 30 à 40.

**Germination.** — Les graines *fraîches*, proches de la maturité, dépouillées de leurs enveloppes, germent totalement en 4 ou 5 jours sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ .

Les graines, mûries sur la plante-mère et *séchées*, germent assez rapidement à  $t = 20^{\circ}$ . La germination débute après environ 60 heures et s'achève deux jours plus tard avec des pourcentages très élevés de 95 à 98 %.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — Les graines sont traitées suivant la méthode habituelle. Elles sont immergées dans les solutions à essayer pendant 4 heures.

TABLEAU XXXV

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Lepidium campestre</i> , $t = 20^{\circ}$ .									
	1/10 <sup>4</sup>	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	
HCl	100	98	98	100	97	95	51	0	0	
NaOH	98	98	96	97	96	97	91	12	0	
SO <sub>4</sub> Cu	100	100	98	97	95	98	96	93	96	
SO <sub>4</sub> Fe	100	98	98	97	98	97	95	93	96	

Ce tableau montre la haute résistance des graines de *Lepidium* aux diverses solutions. Toutefois, nous ferons remarquer que, si le sulfate de cuivre à partir de la concentration de 2/10<sup>4</sup> est pratiquement inactif vis-à-vis des taux, les graines ainsi traitées germent plus tardivement, environ 4 jours plus tard et leur croissance est sensiblement ralentie. Les solutions chlorhydriques produisent d'ailleurs les mêmes effets à partir de la concentration de 1/10<sup>3</sup> jusqu'à 1/10.

TABLEAU XXXVI

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Lepidium campestre</i> , $t = 20^{\circ}$ .									
	1/10 <sup>4</sup>	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	
HCl	98	95	96	92	80	0	0	0	0	
NaOH	100	100	98	98	95	94	21	0	0	
SO <sub>4</sub> Cu	100	100	96	92	90	81	15	0	0	
SO <sub>4</sub> Fe	98	98	98	95	96	95	80	30	0	

Comme l'extraction des embryons nus est quasi impossible à cause de la forte résistance des téguments et comme nous soupçonnions fortement les téguments de la graine d'être la source de cette haute résistance en entravant la pénétration des substances actives, nous avons sectionné et détaché un millimètre environ de l'extrémité de la graine opposée à la radicule afin de permettre une diffusion plus rapide des solutions. Après les essais, nous avons obtenu, toutes autres conditions égales, des taux qui témoignent d'une toxicité plus forte (Tableau XXXVI).

Ces résultats se rapprochent sensiblement de ceux obtenus avec *Sinapis arvensis*. Mais dans l'ensemble, la résistance de *Lepidium* reste légèrement supérieure à celle de *Sinapis* sauf toutefois à l'immersion dans les solutions de sulfate de cuivre, beaucoup moins actives vis-à-vis des graines de *Lepidium*. Mais dans la graine ainsi sectionnée, la pénétration des ions ne se fait que par la section dont la surface est faible ; aussi leur influence est-elle atténuée et la résistance mesurée n'est pas la résistance réelle des embryons. Nous avons donc recherché la sensibilité des graines de *Lepidium campestre* en exécutant nos essais au moment de la déhiscence de la graine c'est-à-dire à la 50<sup>e</sup> heure après la mise sur coton, au moment où la graine s'entr'ouvre et où les solutions peuvent ainsi pénétrer facilement. Nous avons dans ces conditions obtenu les taux suivants (Tableau XXXVII).

TABLEAU XXXVII

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Lepidium campestre</i> , t = 20.									
	1/10 <sup>4</sup>	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	1/10
H Cl	100	98	97	98	97	98	0	0	0	0
NaOH	100	97	97	93	90	87	5	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	92	90	90	92	90	89	89	89	87	84
SO <sub>4</sub> Fe	100	97	100	100	98	100	96	100	96	95

Ces résultats, assez voisins de ceux du tableau XXXV, pourraient passer pour contradictoires si nous n'avions observé que, pendant l'immersion dans les solutions et spécialement dans celles de sulfate de cuivre et de sulfate de fer, les fentes de déhiscence de la graine, laissant apparaître l'amande nettement visible en blanc sur le fond noir des téguments, disparaissent après une demi-heure d'immersion, ce qui arrête rapidement l'action des solutions toxiques.

En résumé : les téguments de la graine de *Lepidium* sont très peu perméables aux ions des solutions essayées. Avec l'élimination d'une partie des téguments l'embryon devient nettement sensible aux ions toxiques. Certains, contractant les enveloppes et s'opposant ainsi à la déhiscence, élèvent la résistance des graines.

L'imperméabilité des membranes se trouve confirmée par nos observations faites sur la pénétration du sulfate de cuivre. Après traitement

de 10 heures dans une solution à 10 %, celui-ci imprègne nettement une grande partie de l'épaisseur des enveloppes car les coupes, traitées par l'ammoniaque, bleussent nettement *sauf l'assise cellulaire la plus interne*. Ce dernier fait explique naturellement la haute résistance de la graine, la pénétration des substances essayées jusqu'à l'embryon étant sans doute très faible ou nulle.

RÉSISTANCE AUX SOLUTIONS CHLORHYDRIQUES DES JEUNES PLANTES PENDANT LES PREMIERS JOURS DE LEUR DÉVELOPPEMENT. — Sur des plantules âgées de 7 jours, nous avons repris avec *Lepidium campestre* les essais de résistance à l'immersion dans les solutions chlorhydriques à diverses concentrations et les résultats obtenus sont contenus dans le Tableau XXXVIII.

TABLEAU XXXVIII

		<i>Lepidium campestre</i> , t = 20°.					
CONCENTRATION EN HCl		2/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1 %	5 %	10 %
Temps de résistance		1 h. 3/4	1 h.	40 m.	15 m.	6 m.	4 m.

Ces résultats sont du même ordre que ceux déjà obtenus avec *Sinapis* et n'appellent pas de nouveaux commentaires.

Par ailleurs voici, avec la technique déjà employée pour *Sinapis*, les temps de résistance aux solutions chlorhydriques de concentration 2/10<sup>4</sup> des jeunes plantes de *Lepidium*, pendant les 18 premiers jours de culture sur coton et eau distillée à t = 20° à la lumière diffuse. Les mesures ont commencé le 3<sup>e</sup> jour après la mise sur coton humide, c'est-à-dire avec la germination commençante (Tableau XXXIX).

TABLEAU XXXIX

		<i>Lepidium campestre</i> , t = 20°.										
AGES :		1 j.	2 j.	3 j.	4 j.	5 j.	6 j.	7 j.	8 j.	9 j.	10 j.	11 j.
Résistance en heures		*	*	3	2	1 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2	3/4	1	1 1/2
AGES :		12 j.	13 j.	14 j.	15 j.	16 j.	17 j.	18 j.				
Résistance en heures		1 1/4	3/4	3/4	3/4	1/2	3/4	1/2				

Le phénomène est aussi d'allure périodique. On peut observer encore l'atténuation progressive des maxima qui traduit la chute de la résistance vis-à-vis de la solution chlorhydrique au fur et à mesure que l'inanition s'accroît. Mais dans leur affaiblissement, les maxima, même faibles, expriment les réactions périodiques de la plante vis-à-vis de l'inanition.

Les influences de la lumière et de la solution de Knop conduisent aux résultats déjà observés avec les graines de *Sinapis*.

La résistance basale, mesurée à partir du 7<sup>e</sup> jour avec des cultures sur coton humide à l'obscurité, est de 35 minutes environ.

RÉSISTANCE AUX PULVÉRISATIONS. — Les jeunes plantes ne résistent pas aux pulvérisations exécutées avec les solutions chlorhydriques à la concentration du millième.

*Les plantes de Lepidium se comportent donc sensiblement comme celles de Sinapis, vis-à-vis des solutions acides.*

***Thlaspi arvense* L. Tabouret des champs**

La graine est contenue dans des téguments très coriaces garnis de côtes.

**Germination des graines mûries sur la plante-mère et séchées.** — Nous nous sommes spécialement intéressés à la germination des graines mûres. Deux mois après la mise sur coton, divers lots de *Thlaspi* ne nous avaient donné que des pourcentages de germination très faibles : 2-5 % ; dans certains lots même aucune graine n'avait germé ; à  $t = 30^{\circ}$ , les résultats ne sont pas sensiblement améliorés, les taux atteignant 7-8 %. Après six mois de mise en germination, les pourcentages restent faibles (10-15 %) et les germinations très irrégulières. Nous n'avons pas poussé nos expériences plus loin mais il est vraisemblable que la germination dans le sol peut s'étaler sur un temps beaucoup plus long, peut-être sur une ou plusieurs années.

Il en résulte que *les graines mûres de Thlaspi germent très difficilement.*

Cette germination, qui contraste singulièrement avec celles des *Lepidium*, *Sinapis* et diverses autres Crucifères, a retenu notre attention. La méthode par sectionnement permet déjà de résoudre partiellement le problème de ce long repos. Les graines, sectionnées au hasard, donnent un nombre assez élevé de germinations en quelques jours.

La position de la radicule étant difficile à repérer, cette méthode reste grossière et il est préférable de traiter les graines par l'acide sulfurique concentré à 66° Baumé qui est un désintégrant énergique des membranes. Il faut rechercher par tâtonnement le temps optimum pendant lequel les graines doivent être immergées dans l'acide pour obtenir une désintégration convenable des téguments sans altérer l'embryon. Dans le cas présent, cet optimum est de 3 minutes environ. Quarante-huit heures plus tard après lavage et mise sur coton, la germination commence et s'achève 2 à 3 jours après avec les taux de 95-98 %.

Après immersion de une ou deux minutes dans l'acide, les taux de germination sont respectivement de 15 % et 45 %. Les graines non germées, sectionnées, donnent de bonnes germinations, tandis qu'après traitement acide de dix minutes et d'un quart d'heure, qui conduisent à des taux de 62 % et 2 %, les graines ont perdu tout pouvoir germinatif.

Il en résulte que la faiblesse des taux est provoquée dans le 1<sup>er</sup> cas par une attaque insuffisante des enveloppes, dans le deuxième par l'action prolongée et par suite trop énergique de l'acide qui tue de nombreux embryons.

On peut donc conclure que *le repos des graines de Thlaspi est provoqué par la résistance des téguments.*

Les résultats obtenus par ce traitement tranchent nettement la question du repos des graines de *Thlaspi*. C'est un repos par inhibition mécanique, qu'une immersion de faible durée dans l'acide permet de rompre. Dans ce cas, le temps de latence avant la germination est tout à fait comparable à celui des Crucifères déjà étudiées. La graine mûre possède donc des capacités germinatives élevées et immédiates. D'ailleurs, les graines incomplètement mûres ou même assez éloignées de la maturité, de degré d'hydratation 100 %, dépouillées de leurs enveloppes, donnent des germinations convenables qui débent 4 jours après la mise sur coton et s'achèvent en 7 jours environ avec des taux de 80-85 %.

Une fois de plus nous constatons que *les graines, plus ou moins éloignées de la maturité, possèdent des capacités germinatives élevées.*

**Imbibition.** — Le taux d'imbibition de la graine mûrie sur la plante-mère, acquis au bout de 5 heures environ, s'élève sensiblement à 52 %.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — Naturellement, les lots de graines sont d'abord traités pendant 3 minutes dans l'acide sulfurique à 66° Baumé puis lavés pour éliminer l'acide et enfin immergés 4 heures dans les solutions à essayer. Voici, après ces traitements, les taux de germination obtenus au 7<sup>e</sup> jour après l'immersion (Tableau XL).

TABLEAU XL

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Thlaspi arvense</i> , t = 20°.							
	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	85	60	31	0	0	0	0	0
NaOH	95	92	92	95	92	43	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	96	86	85	60	30	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	98	95	92	61	50	8	0	0

*La sensibilité de Thlaspi est semblable à celle des Crucifères étudiées.*

*La résistance basale est de l'ordre de 35 minutes vis-à-vis des solutions chlorhydriques à la concentration de 2/10<sup>4</sup>.*

#### **Caractéristiques des graines de quelques Crucifères**

**BRASSICA SATIVA L.** — Chou cultivé dit de Milan. — Graine à germination rapide. Le taux d'imbibition des graines avec leurs téguments est en moyenne de 62 %. Débarrassés de leurs téguments, après traitement d'une minute dans l'acide sulfurique et frottement, les embryons nus immergés accusent une augmentation de poids maximum de 54 %, atteinte en 3 heures.

**BRASSICA NAPUS L.** — Navet cultivé. — Graine à imbibition rapide à taux maximum de 53 %. Résistance de base de 1 heure 05.

**RAPHANUS SATIVUS L.** Radis cultivé. — Graine à germination rapide. Taux d'imbibition : 50 %. Résistance de base = 1 minute 10.

**LEPIDIUM SATIVUM, L.** Passerage cultivé. — Graine à enveloppe mucilagineuse qui peut être éliminée par traitement à l'acide sulfurique et frottement. Imbibition totale atteinte en 4 heures. Le taux d'imbibition s'élève à 52 %.

**SISYMBRIUM OFFICINALE.** Sisymbre officinal. — Graine germant 2 à 3 jours après la mise sur coton à  $t = 20^{\circ}$ . Excellente germination des graines fraîches dépouillées de leurs enveloppes. Taux d'imbibition : 53 %.

## D. Cucurbitacées

### *Cucurbita maxima.* Potiron

Graine plate très grosse, à téguments externes parcheminés, spongieux intérieurement, à téguments internes fins et membraneux.

**Imbibition.** — L'étude de l'imbibition ne comporte aucune difficulté expérimentale. Dans de premiers essais nous avons déterminé l'imbibition de la graine entière. Dans des essais ultérieurs, nous avons fait la même détermination après élimination des téguments externes. Les résultats obtenus dans ces deux catégories d'expériences sont très dissemblables ainsi qu'en témoigne le Tableau XLI.

TABLEAU XLI

*Cucurbita maxima*,  $t = 20^{\circ}$ .

Après :	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	6 h.	12 h.	24 h.
Taux d'imbibition des graines entières ..	16 %	48 %	52 %	56 %	65 %	76 %	76 %
des graines sans téguments externes ....	13 %	20 %	26 %	30 %	40 %	45 %	45 %

L'influence des membranes externes retentit sur le taux final qu'elles élèvent tant par le remplissage par l'eau des espaces compris entre l'embryon et les membranes externes que par le taux d'imbibition de ces dernières qui s'élève à 250 %. Le rythme même est notablement influencé. Dans la 2<sup>e</sup> heure, en effet, le taux fait un bond de 16 à 48 % ; c'est la phase de remplissage des cavités et du tissu spongieux des enveloppes externes, soit 32 % environ d'eau qui, soustraits du taux final (76 %), donnent sensiblement le taux réel (45 %). Il est d'ailleurs aisé de voir que les résultats de la 2<sup>e</sup> ligne du tableau XLI correspondent

sensiblement à ceux de l'heure suivante de la 1<sup>re</sup> ligne, diminués de 32 %. Enfin, nous avons calculé le taux d'imbibition de l'embryon nu. Sa valeur est d'environ 48 %. Elle doit être considérée comme une évaluation par excès, car dans les essais opérés avec l'embryon nu, une certaine quantité d'eau s'intercale entre la base des deux cotylédons qui s'écartent légèrement pendant l'imbibition et il est difficile de l'éliminer entièrement, même en glissant un fin buvard entre les cotylédons. Par contre, les téguments internes maintiennent l'un contre l'autre les cotylédons qui gonflent et réduisent au minimum les espaces résiduaire.

Le taux d'imbibition, obtenu avec des embryons nus où l'un des cotylédons a été séparé, ce qui permet un bon essuyage avant les pesées, s'élève à 43 %. Dans ce dernier cas, voici les taux obtenus en fonction du temps d'immersion.

TABLEAU XLII

*Curcubita maxima*, t = 20°.

Après :	1/2 h.	1 h.	1 h. 1/2	2 h.	3 h.	12 h.	24 h.
Poids .....	8,51	9,31	9,72	10,07	10,52	10,63	10,63
(poids initial 7 g. 4)							
Taux .....	15 %	26 %	31 %	35 %	42 %	43 %	43 %

A ces mesures correspond la courbe I (Planche IV) où l'imbibition est rapportée à 20 gr. de graines sèches. Cette courbe rappelle dans une certaine mesure celle de *Pisum* et de *Phaseolus* mais dans sa phase initiale elle est plus redressée, en rapport sans doute avec la forme de la graine (les cotylédons sont plats, et la surface d'absorption proportionnellement plus élevée).

En tous cas, ces courbes des embryons nus sont caractéristiques. Dans le cas de *Cucurbita*, elle est nettement différente de celles obtenues avec les embryons contenus dans leurs enveloppes : courbe II de la planche IV, ce qui montre que la courbe d'imbibition de la graine entière peut nous renseigner rapidement sur les influences dues aux membranes.

**Germination.** — Les graines mûres et sèches germent rapidement après 15 heures à l'étuve à 30°. A t = 20°, la germination est plus lente. Elle débute 48-72 heures environ après la mise sur coton humide. Les taux sont en général élevés (90 %).

Les graines fraîches, tirées du fruit mûr, germent beaucoup plus lentement. A t=30°, la germination débutant 10 jours plus tard, ne s'achève que 10 jours après et les pourcentages sont de 50 à 60 %. Ce fait ne prouve d'ailleurs pas que la dessiccation améliore le pouvoir germinatif des embryons. En effet, si l'on dépouille les embryons frais de leurs enveloppes externes et internes, à t = 30°, la germination débute 12 heures plus tard et s'achève en 24 heures, souvent avec des taux de 98-100 %. On obtient d'ailleurs le même résultat en éliminant les téguments qui recouvrent la radicule ou en sectionnant l'extrémité préradiculaire.

Nous remarquons donc, une fois de plus, que la dessiccation n'a d'autre effet que de faire évoluer les éléments des membranes et de réduire leur résistance mécanique.

Nous avons observé de bonnes capacités germinatives avec des graines incomplètement mûres, à degré d'hydratation élevé : 80 à 100 % à condition d'en éliminer les enveloppes. La germination, plus lente, se déclenche 2 à 3 jours plus tard et les taux sont moins élevés : 85 à 90 %. Si le degré d'hydratation des graines s'élève au-dessus de 100 %, les germinations deviennent mauvaises tant par le ralentissement du phénomène que par la chute des taux (30 à 50 %) et la qualité des plantes qui sont frêles.

Nous constatons encore, ce fait a déjà été signalé plusieurs fois au cours de ce travail, que les meilleures capacités germinatives s'observent dans les essais exécutés avec des *embryons nus et frais, aux approches de la maturité*. Ce fait semble donc être général.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions et à d'autres traitements.** — Outre les essais habituels avec les solutions d'acide, de base et de sels, nous avons recherché l'influence de la pulpe du fruit sur la germination de la graine de *Cucurbita maxima*.

Nous avons opéré de la manière suivante : Nous avons réduit par broyage la chair du fruit en une pulpe fine. Les graines, dépouillées de leurs enveloppes, sont mises sur coton humide et recouvertes d'une couche de pulpe de 2 à 3 mm. et mises en germination à l'étuve à 30°. La germination ne se produit pas. Les embryons s'arquent ou se tordent légèrement et les radicules, parfois courbées suivant un géotropisme négatif, subissent alors une inversion géotropique. De telles plantules, maintenues 4 à 5 jours dans la pulpe renouvelée toutes les 12 heures pour éviter les fermentations, sont retirées et lavées puis mises ultérieurement sur coton humide à  $t = 30^{\circ}$ . Elles germent mais les plantes obtenues présentent tous les caractères d'une intoxication profonde, assez semblable à celle observée après attaque avec des solutions acides étendues : racines courtes et boursoufflées, cotylédons tordus, plantes très chétives.

Nous avons obtenu des résultats identiques et plus probants, puisqu'on ne peut invoquer les difficultés respiratoires que peuvent rencontrer les graines de *Cucurbita maxima*, avec la solution aqueuse de la pulpe obtenue en broyant 200 gr. de celle-ci avec 50 gr. d'eau distillée et filtrée sur coton. Ce filtrat se prête mieux aux expériences que la pulpe : on peut le concentrer ou surtout l'étendre. En l'absence de toute identification de la substance active et de son dosage, nous avons reconnu qu'une action prolongée, par arrosage quotidien répété 5 jours, tue les graines ; avec une solution au cinquième elles sont *fortement intoxiquées* ; à plus faible dose, avec une solution au dixième, elles sont *légèrement intoxiquées* ; quant à la dilution du vingtième, elle a pour simple effet de provoquer *un retard de la germination*. La solution étendue au centième, au

contraire, provoque *une stimulation* de la germination et de la croissance des jeunes plantes.

Nous ferons remarquer que la substance n'est pas spécifique car avec l'extrait aqueux de la pulpe de *Cucurbita maxima* nous avons obtenu d'excellentes inhibitions de graines de *Solanum nigrum*, etc....

Par ailleurs, nous avons procédé avec des embryons nus aux essais habituels avec les solutions d'acide chlorhydrique, de soude, de sulfate de cuivre, de sulfate de fer, (Tableau XLIII) avec une immersion de 2 heures.

TABLEAU XLIII

*Cucurbita maxima*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	OBSERVATIONS
HCl	100	96	96	94	88	16	0	0	A partir de la concentration 4/10 <sup>4</sup> , perturbations géotropiques des racines.
NaOH	100	96	96	96	92	24	0	0	
SO <sub>4</sub> Cu	96	96	90	84	62	16	0	0	A partir de la concentration 6/10 <sup>4</sup> , perturbations géotropiques très nettes des racines.
SO <sub>4</sub> Fe	100	100	96	92	96	88	60	0	

Ce tableau montre, par les taux élevés qu'il contient, que *Cucurbita maxima* présente une haute résistance aux agents toxiques. Toutefois, à partir de la concentration de 5/10<sup>4</sup> des solutions d'acide chlorhydrique et de sulfate de cuivre, les plantes traitées, qui survivent, présentent en général des anomalies de croissance telles que l'enroulement des racines, l'agéotropisme et même, pour les concentrations plus élevées, la boursofflure des racines.

Nous pouvons donc conclure que *l'embryon de Cucurbita est inhibé par la pulpe du fruit* ; il est résistant aux toxiques ; à faible dose, certains provoquent des anomalies de croissance.

#### *Cucumis Melo*. Melon cultivé

**Imbibition.** — L'imbibition des graines est comparable à celle de *Cucurbita maxima*. Elle est complète en 2 heures avec des embryons nus et atteint le taux de 42 %. La détermination du taux apparent donne des résultats légèrement plus élevés : 43 %. La graine pourvue de son tégument interne s'imbibe complètement en 4 heures et la graine entière s'imbibe dans le même temps mais avec des modalités nettement différentes. En effet, avec cette dernière, à la fin de la première heure, le taux d'imbibition est de 26 %, sensiblement égal à celui que l'on observe avec les embryons nus et plus élevé que celui acquis dans le même temps par la graine enveloppée du tégument interne (15 %). Cette imbibition rapide des graines entières est due, non à une imbibition réelle de l'embryon, mais au remplissage partiel des cavités comprises entre

l'embryon sec et les téguments externes ; l'existence de ces lacunes est vérifiée par la dissection de la graine et par le fait qu'elle flotte sur l'eau pendant quelques heures. La chute des graines, au fond du verre à expérience, n'est observée que lorsque l'embryon, gonflé par l'eau, occupe toute la cavité interne des téguments. D'ailleurs pendant la deuxième heure, l'imbibition de la graine entière devient notoirement plus lente que celle des embryons nus. En effet, ainsi que le montrent les mesures à la fin de la 2<sup>e</sup> heure, le taux d'imbibition de l'embryon nu est de 42 % — dans le même temps celui de la graine entière n'est que de 31 %.

*Les téguments influent donc encore sur les modalités de l'imbibition sans toutefois modifier le taux final.*

**Germination.** — La germination des graines *séchées* et mûres est rapide surtout à  $t = 30^\circ$ . Elle commence après 24 heures et s'achève 48 heures plus tard avec des pourcentages élevés : 90 %.

A  $t = 20^\circ$ , la germination est plus lente.

Comme celles du Potiron, les graines *fraîches* et entières du Melon germent lentement ; dépouillées de leurs enveloppes, elles germent à  $t = 30^\circ$ , 18 à 20 heures après la mise sur coton et s'achèvent dans les 24 heures qui suivent avec des taux très élevés 98-100 %.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions et aux extraits aqueux de la pulpe du fruit.** — Nous avons répété les expériences faites avec la graine du Potiron et vérifié l'influence inhibitrice de la pulpe du fruit. Toutefois elle est beaucoup moins nette surtout avec la pulpe des Melons bien mûrs et les inhibitions les plus nettes ont été obtenues avec la pulpe de Melons encore verts.

Par ailleurs, le Tableau XLIV rend compte des taux après immersion des embryons *nus et frais* pendant 2 heures dans les solutions habituelles.

TABLEAU XLIV

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Cucumis Melo</i> , $t = 30^\circ$ .							
	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	96	97	70	24	0	0	0	0
NaOH	96	98	96	80	10	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	80	64	32	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	98	96	96	98	98	84	24	0

*Les embryons nus de Cucumis Melo possèdent donc une résistance assez élevée, moindre toutefois que celle de Cucurbita maxima.*

Aussi avons-nous repris les essais que nous avons déjà exécutés avec les graines de *Pisum* et de *Phaseolus*, d'une part avec des embryons secs, d'autre part avec des embryons qui, après dessiccation, ont été trempés

dans l'eau deux heures avant d'être immergés pendant 2 heures dans les solutions à essayer.

Les tableaux XLV et XLVI rendent compte des taux de germination ainsi obtenus.

TABLEAU XLV

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Cucumis Melo</i> , t = 30°. (embryons nus et secs.)							
	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	98	60	20	0	0	0	0	0
NaOH	96	94	82	30	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	20	10	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	96	96	98	84	72	20	0	0

TABLEAU XLVI

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Cucumis Melo</i> , t = 30°. Embryons nus trempés jusqu'à saturation.							
	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	60	20	20	0	0	0	0	0
NaOH	92	90	72	30	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	10	0	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	96	96	98	84	40	0	0	0

Enfin, nous avons recherché la résistance des graines enveloppées de leurs téguments vis-à-vis des solutions habituelles (Tableau XLVII) avec un temps d'immersion de 4 heures (1) :

TABLEAU XLVII

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Cucumis Melo</i> , t = 30°. Graines avec leurs téguments.							
	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	98	96	98	92	66	12	0	0
NaOH	97	96	96	97	82	30	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	90	92	90	88	34	20	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	98	94	96	96	96	92	80	26

La comparaison des tableaux qui précèdent montre que la *résistance*

(1) En 4 heures l'embryon, dans ses téguments, acquiert sensiblement le même degré d'imbibition que les embryons nus en deux heures.

aux solutions étudiées croît dans l'ordre suivant : Embryons nus et séchés trempés 2 heures — Embryons nus et secs — Embryons nus et frais — Graines entières.

Nous retrouvons donc avec *Cucumis Melo* la haute résistance des embryons frais déjà observée avec les embryons de *Pisum* et de *Phaseolus*. Quant aux téguments, ils jouent leur rôle protecteur habituel.

### Imbibition de quelques graines de Cucurbitacées

Nous avons relevé les taux d'imbibition des graines, entières ou dépouillées de leurs enveloppes, de la Courgette d'Italie et du Cornichon de Paris à  $t = 20^{\circ}$  et à  $t = 30^{\circ}$  (Tableau XLVIII).

TABLEAU XLVIII

TEMPS D'IMMERSION	1 h.	2 h.	3 h.	6 h.	24 h.	48 h.	72 h.
Courgette d'Italie, graine entière, $t = 20^{\circ}$ .....	20 %	33 %	46 %	61 %	65 %	70 %	70 %
Courgette d'Italie sans téguments, $t = 20^{\circ}$ .....	10 %	21 %	25 %	29 %	42 %	germination commençante	
Courgette d'Italie sans téguments, $t = 30^{\circ}$ .....	13 %	24 %	31 %	40 %	49 %	germination commençante	
Cornichon de Paris, graine entière, $t = 20^{\circ}$ .....	24 %	24 %	30 %	40 %	48 %	49 %	49 %
Cornichon de Paris, sans téguments, $t = 20^{\circ}$ .....	12 %	20 %	24 %	37 %	46 %	48 %	48 %
Cornichon de Paris, sans téguments, $t = 30^{\circ}$ .....	16 %	28 %	33 %	43 %	48 %	germination commençante	

Ce tableau confirme nettement les résultats obtenus avec les graines de *Cucurbita* et *Cucumis*, tant sur le rythme du phénomène et la valeur du taux d'imbibition final, que sur l'influence générale des téguments.

Nous remarquons aussi que l'élévation de température, en accélérant la germination, élève légèrement le taux de l'imbibition dont la détermination, dans ces conditions, est ainsi rendue d'ailleurs plus délicate.

Nous remarquons, en outre, que les taux d'imbibition des quatre Cucurbitacées est de l'ordre de 45 %, donc relativement constant.

## E. Les Composées

Les graines des Composées sont, en général, contenues dans un akène à parois plus ou moins résistantes.

Certains de ces akènes ne sont pas mouillés par l'eau, ce qui crée des conditions expérimentales défavorables, surtout si les semences sont de petite taille. En outre, les akènes, dans des proportions variables, sont avortés ou incomplètement développés. Aussi avant d'entreprendre les divers essais d'imbibition et la recherche des taux de germination, faut-il

éliminer par lavage les semences avortées qui flottent. Avec les petites semences, il faut éviter d'employer l'eau sous pression des canalisations, qui contient beaucoup de bulles d'air qui ramènent toutes les semences en surface ; dans ce cas, il est préférable d'opérer le lavage à l'eau bouillie. Quant aux semences non mouillées par l'eau, nous les avons rendues perméables en les traitant par l'acide sulfurique concentré à 66° Baumé. Bien entendu, la durée d'immersion doit être assez courte pour ne pas altérer les capacités germinatives des semences.

### *Tussilago Farfara* L. Tussilage farfara

**Imbibition.** — La détermination du taux d'imbibition des akènes de *Tussilago* est difficile et comporte des causes d'erreurs importantes qu'il est difficile d'éliminer :

1° Le péricarpe desséché est très poreux et garde une quantité d'eau appréciable.

2° L'attaque par l'acide sulfurique, désagrège le péricarpe de l'akène qui se transforme en un produit gommeux noir qu'il est difficile d'éliminer et qui entrave énergiquement l'essuyage, déjà rendu pénible par la petite dimension des semences. Toutefois, après 4 heures d'immersion dans l'eau, le poids de celles-ci reste sensiblement constant et l'imbibition peut être considérée comme terminée. Le taux s'élève alors à 89 % environ.

**Germination.** — 1° DES SEMENCES MURES ET SÈCHES. — A la température de 20°, la germination qui débute après quinze heures sur coton humide, s'achève 48 heures après avec des taux de 90-95 % et la rapidité du phénomène n'est compatible qu'avec une imbibition elle-même très prompte.

2° DES SEMENCES FRAICHES. — Les semences *fraîches*, arrivées sensiblement au terme de leur évolution, prélevées sur des capitules dans les premiers stades de leur épanouissement (1) possèdent des capacités germinatives élevées. Mises à l'état frais sur coton humide à  $t = 20^\circ$ , elles germent aussi bien que les semences mûres et séchées, malgré la présence du péricarpe de l'akène.

Des semences vertes, encore adhérentes au réceptacle, donc beaucoup plus éloignées de la maturité, prélevées 5 à 7 jours avant l'épanouissement du capitule mûr, germent encore trois à quatre jours plus tard avec des taux de 50 à 60 %. Ces mêmes semences, séchées, germent suivant les mêmes modalités.

*L'akène, même immature, possède donc de hautes capacités germinatives.*

On peut encore avoir de bonnes germinations avec des semences préparées de la manière suivante : Les capitules avec leur hampe, coupés 8 jours avant l'épanouissement et la dispersion des semences, sont

---

(1) Le capitule s'épanouit une première fois à la floraison ; il se ferme ensuite et s'épanouit une deuxième fois à la maturité des fruits.

séchés à  $t = 20^{\circ}$ . Cinq à six jours plus tard, les semences recueillies sont capables de germer dans un délai très court, avec des taux élevés : 80-90 %. Ces semences ont acquis une maturité comparable à celles des semences récoltées sur des capitules mûris sur la plante. Ainsi une semaine environ après la floraison, il est impossible de tuer les semences par un simple sarclage. Les plantes laissées sur place sèchent, les semences mûrissent et assurent la propagation de l'espèce.

**Résistance de la semence à quelques solutions.** — Le traitement est le même que chez les plantes déjà étudiées. La durée d'immersion est de 4 heures.

TABLEAU XLIX

Concentration des solutions	<i>Tussilago farfara</i> , $t = 20^{\circ}$ .									OBSERVATIONS
	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	1/10	
HCl	94	95	95	95	90	0	0	0	0	Les germinations sont uniformément retardées par les solutions, surtout par SO <sub>4</sub> Fe et SO <sub>4</sub> Cu. — Le retard est de l'ordre de 24 à 48 heures.
NaOH	95	95	95	93	94	0	0	0	0	
SO <sub>4</sub> Cu	95	88	84	80	75	0	0	0	0	
SO <sub>4</sub> Fe	95	95	94	96	94	92	94	90	0	

On peut donc conclure à une résistance élevée des semences de *Tussilago*.

**RÉSISTANCE AUX PULVÉRISATIONS ACIDES.** — Les plantules sont tuées par les solutions chlorhydriques de concentration 5/10<sup>3</sup>.

**RÉSISTANCE DE BASE.** — Elle est de 1 h. 1/2 environ.

### *Achillea Millefolium* L. Achillée Millefeuille

**Imbibition.** — L'imbibition de cette petite semence est assez difficile à étudier, car la graine flotte sur l'eau. Par l'action ménagée de l'acide sulfurique à 66° Baumé pendant deux minutes seulement, elle est mouillée par l'eau et l'on peut éliminer les parois de l'akène par frottement. Avec les graines ainsi préparées nous avons recherché le temps d'imbibition qui est de 3 à 4 heures et le taux que nous avons évalué à 75 % environ.

**Germination.** — Les semences mûres et séchées germent très facilement 40 heures après la mise sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . La germination s'achève dans les 48 heures qui suivent, avec des forts pourcentages : 90-98 %.

Les semences fraîches incomplètement mûres, prélevées à la base des capitules dont la partie supérieure porte encore des fleurs épanouies, germent aussi facilement que les akènes mûrs; tout au plus présentent-elles un léger retard de l'ordre de 24 heures.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — Pour faciliter la pénétration des solutions, nous avons attaqué les semences par l'acide sulfurique concentré à 66° Baumé pendant une minute et après élimination des dernières traces d'acide, elles sont immergées pendant 3 heures dans les solutions à essayer.

TABLEAU L

*Achillea Millefolium*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	98	97	96	95	90	61	20	0
NaOH	96	97	95	93	91	87	40	0
SO <sub>4</sub> Cu	91	85	83	72	63	21	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	98	95	97	98	92	69	52	0

*La graine d'Achillea Millefolium possède donc une haute résistance vis-à-vis des solutions toxiques.*

***Matricaria inodora* L. Matricaire inodorante**

Les graines de *Matricaria* sont contenues dans un akène très résistant.

**Imbibition.** — L'imbibition des semences de *Matricaria inodora* progresse assez lentement. Le tableau LI contient, en fonction du temps exprimés en heures, les pourcentages obtenus avec des lots immergés dans l'eau.

TABLEAU LI

*Matricaria inodora*, t = 20°.

Après :	1 h.	2 h.	3 h.	6 h.	24 h.	48 h.	72 h.
1) Akènes entiers ...	22 %	41 %	45 %	59 %	65 %	81 %	82 %
2) Akènes après traitement sulfurique..	11 %	18 %	24 %	49 %	55 %	74 %	74 %

Il ressort de ce tableau, ligne 1, que l'imbibition débute très rapidement. En effet, en deux heures, le taux atteint est égal à la moitié du taux final, sensiblement obtenu après 48 heures d'immersion. A la 3<sup>e</sup> heure, l'imbibition change de rythme et ralentit dans de fortes proportions. Dans le premier temps, qui dure les 2 premières heures, domine l'imbibition du péricarpe. Dans le deuxième temps, celle de la graine. Le changement de rythme est provoqué tant par les enveloppes qui ralentissent l'imbibition et spécialement les téguments les plus internes, que par la valeur propre de la perméabilité de la graine et de sa capacité d'imbibition. En effet (ligne 2 du tableau LI), l'attaque à l'acide sulfurique con-

centré, amenant la dislocation du péricarpe desséché, supprime le premier temps du phénomène mais ne modifie que fort peu le rythme du 2<sup>e</sup> temps de l'imbibition ce qui montre que le principal obstacle est bien constitué par les téguments internes. — L'imbibition s'achève vers la 40<sup>e</sup> heure et le taux est un peu plus bas : 74 %.

**Germination.** — Dans de nombreux essais, la germination débute après 4 à 5 jours. Puis elle se développe pendant 2 à 3 mois, qui sont coupés de temps d'arrêt de 5 à 8 jours. Finalement, les taux obtenus sont toujours élevés : 90 à 95 %. Voici, par exemple, en fonction du temps, des taux obtenus au cours d'un essai qui caractérise l'allure générale du phénomène.

TABLEAU LII

*Matricaria inodora*, t = 20°.

Après .....	<del>5 j.</del>	7 j.	20 j.	35 j.	45 j.	90 j.
Taux .....	11 %	17 %	35 %	49 %	82 %	92 %

*La germination de Matricaria inodora est donc lente et irrégulière.* Après un an de conservation des semences en chambre sèche, la germination n'est pas améliorée. Enfin, une élévation de température (t = 30°) ne procure qu'une accélération très faible du phénomène qui n'est pas davantage amélioré par une atmosphère suroxygénée.

L'élimination des enveloppes étant impossible par décortication, nous avons immergé les semences dans l'acide sulfurique concentré à 66° B., pendant des temps croissants et, après lavage jusqu'à élimination totale de l'acide, nous les avons mises en germination à t = 20°. Les essais nous ont montré qu'il existe un temps d'immersion optima, au-dessous duquel les germinations sont lentes et incomplètes, et au-dessus duquel les germinations, donnent des taux progressivement plus faibles et même nuls.

TABLEAU LIII

*Matricaria inodora*, t = 20°

Après :	3 j.	5 j.	7 j.	9 j.	11 j.	13 j.	20 j.	90 j.
Immersion de 5 m.	28 %	52 %	57 %	75 %	75 %	75 %	80 %	91 %
10 m.	40 %	68 %	73 %	82 %	87 %	87 %	90 %	92 %
15 m.	55 %	82 %	94 %	94 %	94 %	94 %	94 %	94 %
30 m.	31 %	50 %	52 %	52 %	52 %	52 %	52 %	52 %
1 h.	0	0	0	0	0	0	0	0
Semences coupées à leur extrémité radiale .....	47 %	80 %	85 %	87 %	87 %	87 %	87 %	87 %

Nous observons qu'après une immersion de 5 minutes dans l'acide, la germination est déjà bien condensée puisqu'au 20<sup>e</sup> jour, le pourcentage atteint est de 80 % au lieu de 35 % après le même temps avec les témoins non traités. Toutefois, la fin de la germination traîne en longueur. Après traitement sulfurique de 10 minutes, au vingtième jour, la germination est sensiblement terminée. Après une immersion de 15 minutes, qui est le *temps optimum recherché*, la germination est achevée au 7<sup>e</sup> jour, avec un pourcentage qui varie entre 90 et 95 %.

*Le repos de ces semences n'est donc qu'un repos par inhibition mécanique,*

REMARQUE. — L'immersion de 30 minutes conduit à une germination rapide, par rapport à des témoins non traités et à des taux finaux beaucoup plus faibles : 52 %. Après une heure d'immersion, les graines sont toutes tuées. Cette chute des taux, après traitement de durée supérieure à la durée optimum, est bien due à la mort des semences ; sectionnées à leur extrémité radiculaire, elles ne donnent aucune germination, alors que les semences, non traitées par l'acide donnent, par ce procédé, de bonnes germinations. D'ailleurs, conservées sur coton humide, elles ne tardent pas à pourrir.

Dans l'ensemble, la méthode par sectionnement de l'extrémité pré-radiculaire nous a donné de bonnes germinations, un peu plus lentes toutefois, que celles obtenues après immersion de 15 minutes dans l'acide sulfurique.

*La germination, après traitement de 15 minutes dans l'acide, est représentée par une courbe typique qui diffère notablement de la courbe donnée par les essais avec les semences témoins non traitées.*

Quant aux plantes obtenues par ce traitement à l'acide sulfurique, elles sont absolument normales ; elles se développent rapidement, avec des fortes réactions géotropiques ; elles sont même plus robustes que les plantes témoins issues de semences qui ont végété longtemps sur coton humide.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — La lenteur de l'imbibition nous a fait renoncer à nos essais habituels de résistance à l'immersion dans les solutions d'acide chlorhydrique, de soude, de sulfate de cuivre et de sulfate ferreux.

**RÉSISTANCE DE BASE.** — Vis-à-vis des solutions chlorhydriques de concentration  $2/10^4$  : 1 h. 1/2.

### ***Cirsium eriophorum* L. Cirse laineuse**

**Imbibition.** — L'imbibition des akènes est lente. Elle atteint son maximum au bout de 24 heures d'immersion et le taux atteint, est relativement faible : 40 %. La lenteur du phénomène nous ayant fait soupçonner une influence retardatrice des membranes, nous avons traité les semences :

1° Par l'acide sulfurique à 66° Baumé pendant 20 m. et 30 m. Après ce traitement qui désagrège assez mal les membranes, nous n'avons obtenu que de légères modifications de l'imbibition dont le rythme est ainsi un peu accéléré; le terme final est atteint en 15 heures et sa valeur s'élève à 50-55 %. Après une heure de traitement sulfurique, l'imbibition, progressant plus rapidement, exige 7 à 8 heures et atteint un taux plus élevé, 60-65 %. Si cette méthode nous montre nettement l'influence des membranes sur le phénomène d'imbibition, par contre elle ne nous a pas permis la recherche précise du taux car même l'action prolongée et destructrice de l'acide n'élimine jamais complètement les enveloppes et provoque la mort des embryons.

2° Pour déterminer le taux d'imbibition des embryons, le meilleur moyen consiste à les extraire, ce qui est relativement facile avec ces semences assez grosses. Nous avons opéré de la manière suivante. Nous sectionnons l'extrémité des akènes opposée à la radicule, nous les immergeons dans l'eau et l'embryon sort souvent lui-même de ses enveloppes. On peut, d'ailleurs l'en expulser par compression légère. Les embryons nus sont ensuite séchés et peuvent servir à la détermination du taux d'imbibition.

Dans ces conditions, nous avons trouvé que l'imbibition, très rapide, est complètement acquise en 2 heures et le taux maximum atteint est de 78 %.

*Les enveloppes abaissent donc nettement la valeur du taux d'imbibition.*

**Germination.** — 1° SEMENCES MURES ET SÉCHÉES AUSSITOT APRÈS LA RÉCOLTE. — Elles germent suivant le type *Matricaria* accéléré. En effet, la germination à  $t = 20^\circ$  débute quelques jours après la mise sur coton humide et progresse irrégulièrement pendant les 3 semaines qui suivent après lesquelles les taux sont de l'ordre de 90 %. Une élévation de température ( $t = 30^\circ$ ) ne modifie guère l'évolution de la germination. Mais, contrairement à ce que nous avons observé avec *Matricaria*, la germination s'améliore avec le temps. Si les akènes sont gardés deux mois en chambre sèche, ils donnent alors, à  $t = 20^\circ$ , des germinations excellentes qui débutent 4 jours après la mise sur coton humide et s'achèvent 24 heures plus tard avec des taux élevés de 90 à 95 %.

*Une atmosphère suroxygénée n'améliore pas la germination.*

2° LES SEMENCES SÈCHES, FRAICHEMENT RÉCOLTÉES, DÉPOUILLÉES DE LEURS ENVELOPPES. — Elles nous ont donné à  $t = 20^\circ$  d'excellentes germinations très promptes qui commencent 40 heures après la mise sur coton et s'achèvent 24 heures après, avec des taux élevés : 98-100 %.

3° LES SEMENCES FRAICHES ET PEU ÉLOIGNÉES DE LA MATURITÉ. — Ces semences, de degré d'hydratation 150 %, nous ont donné des germinations aussi bonnes que celles obtenues avec les graines mûres et sèches dépouillées de leurs membranes. Les taux sont même souvent supérieurs : 98-100 %. Nous avons d'ailleurs déjà signalé les taux élevés obtenus avec des graines fraîches d'autres espèces.

*L'amélioration de la germination après conservation en chambre sèche démontre que les enveloppes des akènes de Cirsium, comme celles des semences de Geum, subissent une évolution et leur résistance s'atténue progressivement en milieu sec.... Il est d'ailleurs aisé de se rendre compte de cette évolution dans beaucoup de graines ou semences où les enveloppes vieilles s'effritent ou s'écaillent facilement alors qu'immédiatement après la récolte, elles sont généralement souples et résistantes. Ce phénomène peut être comparé à celui que l'on observe avec les vernis qui, peu à peu s'altèrent et se désagrègent, même si le milieu n'est pas le siège de variations brutales. Dans les deux cas il s'agit de l'évolution de matières colloïdales.*

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — Pour assurer une bonne pénétration des solutions, nous avons extrait les embryons et nous les avons immergés pendant 2 heures dans les solutions à essayer.

TABLEAU LIV

*Cirsium eriophorum, t = 20°.*

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	1/10 <sup>4</sup>	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	52	12	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	72	56	0	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	40	16	0	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	96	96	92	96	92	88	42	20	0

*La résistance de l'embryon de Cirsium eriophorum est donc faible sauf pour le sulfate de fer. Mais avec les akènes sectionnés à l'extrémité opposée à la radicule, la résistance est nettement plus élevée (tableau LV).*

TABLEAU LV

*Cirsium eriophorum, t = 20°*

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	1/10
HCl	96	92	84	80	40	0	0	0	0
NaOH	96	96	92	88	52	12	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	84	76	70	40	0	0	3	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	96	92	96	96	96	88	72	20	0

Ces différences de résistance de la semence sectionnée et de l'embryon nous montre que la résistance de la semence sectionnée est une évaluation par excès, à cause de la protection réalisée par les enveloppes et de la faiblesse des voies de pénétration des solutions, tandis que la détermination

faite avec l'embryon nu est une évaluation par défaut à cause des lésions subies par les cotylédons lors de l'incision qui précède l'extraction. Ces lésions favorisent naturellement la pénétration des solutions toxiques.

***Lappa major* L. Bardane commune**

L'embryon de cette espèce est enveloppé dans des téguments très résistants formés de cellules hautes sclérifiées.

**Imbibition.** — La semence d'assez forte taille, bien mouillée par l'eau, se prête facilement aux expériences d'imbibition. Les semences entières immergées dans l'eau à  $t = 20^{\circ}$  nous ont donné des résultats (tableau LVI), assez semblables à ceux obtenus avec les semences de *Matricaria inodora*.

TABLEAU LVI

*Lappa major*,  $t = 20^{\circ}$ .

Après .....	1 h.	2 h.	3 h.	6 h.	20 h.	48 h.	72 h.
Pourcentages.....	27 %	30 %	35 %	45 %	70 %	81 %	84 %

Il semble bien que l'imbibition des enveloppes soit acquise dans la première heure. Pendant la deuxième heure, l'imbibition est plus lente à cause de l'obstruction des téguments internes puis elle se relève pendant la 3<sup>e</sup> heure, et le rythme décroît ensuite régulièrement jusqu'à l'imbibition finale, réalisée sensiblement à la 48<sup>e</sup> heure. Cette imbibition irrégulière est causée par l'obstruction des téguments internes. En effet, l'imbibition des embryons nus, extraits par la méthode déjà indiquée avec *Cirsium eriophorum*, est un phénomène rapide acquis en 3 heures. Si l'on mesure l'imbibition des embryons nus toutes les demi-heures, on obtient des résultats (Tableau LVII), qui montrent nettement que l'allure du phénomène est comparable à celle obtenue avec d'autres embryons notamment ceux de *Pisum*, *Phaseolus* et *Cucurbita maxima*.

TABLEAU LVII

*Lappa major*,  $t = 20^{\circ}$ .

Après .....	1/2 h.	1 h.	1 h. 1/2	2 h.	3 h.	4 h.
Taux .....	35 %	54 %	65 %	72 %	79 %	79 %

Par ailleurs, le taux final est de 79 %, taux un peu plus bas que ceux obtenus avec des akènes entiers.

**Germination.** — Avec des graines mûres, fraîchement récoltées et séchées, à la température de  $20^{\circ}$ , sur coton humide, la germination débute 5 ou 6 jours plus tard, mais s'arrête une quinzaine après avec des pourcentages faibles, de 3 à 5 %, puis elle reprend très irrégulièrement, une

graine sur les 100 mises en expérience germant de temps à autre. Au bout de 2 mois, les pourcentages atteints sont de l'ordre de 10 % et les cultures souvent envahies par les moisissures. A  $t = 30^{\circ}$ , la germination est meilleure mais toutefois elle est loin d'être complète même après 3 mois de développement. Dans les cas les plus favorables, nous avons obtenu jusqu'à 40 % des semences germées.

*Deux mois après la récolte, les semences conservées dans un lieu sec, germent aussi difficilement. Quatre mois après la récolte, les germinations, dans les conditions habituelles, s'améliorent tant au point de vue de la rapidité que des taux obtenus. En un mois nous avons, à  $20^{\circ}$ , obtenu des taux de 50-60 %. Enfin, 5 à 6 mois après la récolte, la germination débute au bout de 4 jours et en une semaine, la germination s'achève avec des taux élevés variant entre 80-90 %, les semences non germées étant généralement des akènes mal conformés que le lavage n'a pas éliminés. Cette germination est donc comparable à celle de *Cirsium eriophorum*. Mais ce long repos est exclusivement dû aux inhibitions mécaniques. En effet, les graines fraîchement récoltées ont un pouvoir germinatif très élevé, supérieur même à celui des graines conservées à sec pendant quelques mois. Mais il ne se manifeste, que si les enveloppes, qui emprisonnent les embryons, sont brisées. Nous avons concurremment employé la méthode d'extraction des embryons et la méthode de désintégration des membranes par l'acide sulfurique.*

Dans la première, on immerge dans l'eau les graines pendant deux ou trois heures, on sectionne l'extrémité des akènes opposée à la radicule ; on remet les akènes dans l'eau pendant 8 heures. Les embryons se dégagent d'eux-mêmes des enveloppes. S'ils y restent contenus, une simple pression suffit à les en faire sortir. Ces embryons, mis sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  ou  $t = 30^{\circ}$ , germent très rapidement au bout de 36-40 heures et la germination s'achève avec d'excellents rendements de 98 à 100 %. Les plantules ainsi obtenues sont d'une grande vigueur.

Dans la seconde, on soumet des semences fraîchement récoltées à l'action de l'acide sulfurique à  $66^{\circ}$  B. ; on constate qu'une immersion de 5 minutes dans l'acide favorise déjà la germination car on obtient des taux de 80 % en vingt jours ; par contre un traitement de 10 minutes ne fournit plus qu'un pourcentage de 29 % et après 15 minutes les résultats sont nuls. Dans ce dernier cas, toutes les graines tombent en quiescence, car les graines non germées ont gardé leur pouvoir germinatif ; elles germent beaucoup plus tard si on les laisse sur coton humide, après 3 à 6 mois, ou immédiatement si on en extrait les embryons nus.

*Donc après un effet accélérateur sur la germination, pour une durée d'immersion plus longue, l'acide a un effet inhibiteur. Nous pensons que l'action prolongée 10 ou 15 minutes, doit provoquer sur les enveloppes de cette semence un phénomène de « parchemination » analogue à celui qui est réalisé par l'acide sulfurique moyennement concentré sur la cellulose (parchemin artificiel).*

*Avec des semences conservées 2 mois, l'action de l'acide sulfurique, agis-*

sant pendant des temps croissants de 5 minutes à 1 h. 30, conduit à des résultats très comparables (Tableau LVIII) à ceux obtenus avec des akènes fraîchement récoltés; on voit que la germination optimum est obtenue cette fois, après traitement de 10 minutes et le taux correspondant, qui est le taux maximum de la germination, est nettement supérieur au taux maximum acquis après traitement de 5 minutes avec des graines fraîchement récoltées. Il faut encore remarquer, l'effet nettement améliorant d'une immersion de deux minutes dans l'acide, qui pendant ce temps, très court, humecte simplement les akènes. Quant aux semences traitées plus de 10 minutes et qui n'ont pas germé, beaucoup d'entre elles sont encore capables de germer après sectionnement, même après l'immersion de 1 h. 30, 60 à 70 % des graines sectionnées germent encore. *En résumé, une action ménagée de l'acide sulfurique à 66° Baumé — de 5 à 15 minutes — a pour effet de dégrader les enveloppes des semences. Cette désagrégation est due partiellement à la corrosion de l'acide et surtout aux variations rapides de la température que subissent les enveloppes imprégnées d'acide, au contact de l'eau de lavage. Un traitement prolongé a pour effet de « parcheminer » les enveloppes et d'accroître aussi leur résistance mécanique et de faire retomber les semences dans un « sommeil secondaire » (Secondary dormancy).*

TABLEAU LVIII

*Lappa major*, t = 20°.

Après une immersion de	2 m.	5 m.	10 m.	15 m.	30 m.	45 m.	1 h.	1 h. 15	1 h. 30
Taux de germination :									
1) Semences conservées									
2 mois .....	52 %	88 %	97 %	73 %	61 %	50 %	47 %	37 %	32 %
2) Semences fraîchement récoltées .....	63 %	80 %	29 %	0	0	0	0	0	0

Par contre, les graines fraîches dépouillées de leurs enveloppes, donnent en 2 jours d'excellentes germinations avec des taux élevés.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — Les essais ont été faits avec les embryons nus et trempés, immergés 2 heures dans les solutions à essayer. (Tableau LX.)

Le tableau LIX contient les résultats obtenus avec les akènes sectionnés à leur extrémité opposée à la radicule.

TABLEAU LIX

*Lappa major*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	1/10
HCl	96	96	92	92	68	40	0	0	0
NaOH	96	96	92	92	96	88	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	84	80	84	60	52	28	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	96	92	96	96	88	82	72	28	0

TABLEAU LX

*Lappa major*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	1/10 <sup>4</sup>	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	84	30	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	90	52	0	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	52	4	0	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	96	96	92	96	96	92	76	40	0

Nous concluons que les embryons nus et trempés de *Lappa*, comme ceux de *Cirsium*, ne résistent, exception faite pour les solutions de sulfate ferreux, qu'aux solutions de faible concentration (jusqu'à 2/10<sup>4</sup>).

Par contre, les akènes sectionnés à leur extrémité opposée à la radicule sont plus résistants.

La résistance basale de *Lappa Major* est très élevée. Calculée avec des plantes de 7 jours, elle s'élève à 7-8 heures.

***Bidens tripartitus* L.**

L'akène est constitué par un péricarpe très spongieux ; les téguments de la graine sont très résistants.

**Imbibition.** — Nous avons d'abord déterminé le taux d'imbibition de l'akène complet. L'imbibition progresse rapidement dans la 1<sup>re</sup> heure où s'imprègne le péricarpe, puis elle s'atténue progressivement jusqu'à la 24<sup>e</sup> heure où elle est totale. Le taux est alors de 95 % (Tableau LXI).

TABLEAU LXI

*Bidens tripartitus*, t = 20°.

Après .....	1 h.	2 h.	3 h.	6 h.	24 h.	48 h.
Taux .....	32 %	41 %	48 %	59 %	95 %	95 %

Ce taux apparent est assez notablement supérieur à la valeur du taux réel d'imbibition. En effet, si l'on traite les semences par de l'acide sulfurique à 66° B. pendant 10 minutes, qui a pour effet de détruire le péricarpe, les embryons s'imbibent en 2 heures et le taux maximum est de 83 %.

**Germination.** — Les semences à t = 20° ou 30°, germent très difficilement si on les met sur coton humide aussitôt après la récolte. Un mois plus tard, des lots de 100 graines ne nous avaient donné que une ou deux germinations, parfois même aucune ; deux ou trois mois après la récolte, la germination se déclanche irrégulièrement et peut aussi s'achever

après 4 à 6 mois avec des taux variant de 30 à 50 %. La conservation en chambre sèche n'améliore pas les germinations. Un an et demi après la récolte, les semences restent aussi rebelles à la germination. *Pourtant ce repos est purement dû aux enveloppes.* En effet, après décortication de l'embryon ou sectionnement préradiculaire, la *germination débute 2 jours après la mise sur coton et les taux sont très élevés, 95 à 98 %.*

Le traitement à l'acide sulfurique nous a fourni des résultats tantôt convenables tantôt médiocres. Ainsi les semences immergées 5 minutes dans  $\text{SO}_4\text{H}_2$  à 66° Baumé ne donnent, après 15 jours sur coton humide, que des pourcentages assez faibles de semences germées : 5 à 10 %. Les semences non germées fournissent après sectionnement préradiculaire d'excellentes germinations. L'attaque par l'acide est donc insuffisante. Si l'immersion dure 10 minutes, les pourcentages varient de 40 à 80 %, après 15 jours sur coton humide. Les semences non germées sont tuées car, dépouillées de leurs enveloppes, elles ne germent plus.

**Résistance à l'immersion dans diverses solutions.** — Les semences sont traitées 5 minutes par l'acide sulfurique concentré à 66° Baumé ; ce traitement détruit les téguments externes ce qui permet d'extraire la graine. Celles-ci sont sectionnées à leur extrémité cotylédonaire puis mises dans l'eau où les embryons se dégagent d'eux-mêmes ou par une légère pression. Ils sont ultérieurement mis dans les solutions à essayer pendant 3 heures (Tableau LXII).

TABLEAU LXII

*Bidens tripartitus*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/20 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	1/10
HCl	60	30	30	0	0	0	0	0	0
NaOH	72	21	0	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	52	8	0	0	0	0	0	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	95	94	96	95	96	92	90	30	0

*Les embryons, nus et trempés, sont donc très sensibles aux diverses solutions sauf au sulfate ferreux.*

*Mais les semences, sectionnées à l'extrémité opposée à la racicule, traitées comme précédemment, présentent par contre une résistance très élevée ainsi qu'en témoigne le tableau LXIII. Ces résultats confirment les observations faites avec *Cirsium* et *Lappa*.*

TABLEAU LXIII

*Bidens tripartitus*, t = 20°.

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	92	94	91	83	72	3	0	0
NaOH	96	95	95	90	81	35	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	90	90	82	80	61	6	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	96	95	92	91	93	95	95	61

**Caractéristiques de diverses Composées**

SENECIO JACOBÆA. *L. Seneçon Jacobée.* — Semence à germination très rapide. Taux d'imbibition : 71 %.

LAMPSANA COMMUNIS. *L. Lampsana commune.* — Akène à germination parfois capricieuse, régularisée par traitement de 1 à 2 minutes dans  $\text{SO}^4\text{H}^2$  à 66° Baumé. Taux d'imbibition : 61 %. Résistance de base dans HCl à la concentration de  $2/10^4$  : 4 heures.

CARDUUS CRISPUS. *L. Chardon crépu.* — Semence à germination rapide après quelques mois en chambre sèche (type *Cirsium eriophorum*). Taux d'imbibition : 50 %. Ce taux se maintient même après l'élimination des membranes.

SCORZONERA HISPANICA. *L. Scorzonere d'Espagne.* — Akène à germination facile, surtout si la graine est extraite des enveloppes. Taux d'imbibition : 75 %.

ONOPORDON ACANTHIUM. *L. Onopordon Acanthe.* — Semence à péricarpe très épais et très coriace. Imbibition lente due aux enveloppes. Germination très lente dont le temps de latence peut atteindre plusieurs mois.

TRAGOPOGON PRATENSIS. *L. Salsifis des prés.* — Graine à germination rapide après élimination du péricarpe desséché. Taux d'imbibition : 62 %.

EUPATORIUM CANNABINUM. *L. Eupatoire.* — Graine menue, à enveloppes coriaces et cassantes, réduites par traitement de une minute dans  $\text{SO}^4\text{H}^2$  à 66° Baumé. A défaut de ce traitement, germination très pénible. Taux d'imbibition de l'ordre de 75-80 %.

ARTEMISIA VULGARIS. *L. Armoise vulgaire.* — Akène très menu à germination rapide. Taux d'imbibition assez difficile à déterminer à cause de la ténuité des semences. Valeur approximative : 70 %.

**Conclusions sur les semences de quelques plantes de la famille des Composées.** — *Les semences sont des akènes contenant des proportions variables, parfois très élevées, d'éléments avortés que l'on doit éliminer par lavage avant tout autre essai.*

*Le péricarpe des akènes est plus ou moins développé, et plus ou moins résistant.*

*Les semences de certaines espèces ne sont pas mouillées par l'eau. Le taux d'imbibition n'est souvent atteint qu'après un temps assez long, soit que les semences flottent, soit que les enveloppes soient plus ou moins imperméables. Le taux moyen paraît être de 75 à 80 %. Toutefois, certains taux s'écartent assez notablement de cette moyenne (61 % chez Lampsana,*

50 % chez *Carduus*). Cette famille ne présente donc pas l'homogénéité, ni des Crucifères, ni même des Rosacées.

La germination des akènes mûris sur la plante-mère est rapide si l'on libère l'embryon par l'un des procédés utilisés dans nos recherches : sectionnement d'une extrémité de l'akène, décorticage de la graine humide, traitement par l'acide sulfurique concentré. Elle débute alors 36 à 48 heures après la mise sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . Les germinations retardées ou étalées correspondent à des inhibitions mécaniques que l'on peut éliminer par les procédés précités et qui peuvent d'ailleurs, dans certains cas, se résoudre plus lentement à sec, par altération des membranes et dans d'autres cas, en milieu humide, par les actions bactériennes ou chimiques. Il ne peut s'agir d'une inhibition chimique par des produits contenus dans les enveloppes car fréquemment l'inhibition est rompue, soit par un traitement très court de 1 à 2 minutes dans l'acide, qui ne les altère que très superficiellement et ne détermine qu'un phénomène de rupture, soit par l'emploi de la méthode par sectionnement qui maintient sensiblement l'intégralité des téguments. L'hypothèse d'une inhibition par défaut de respiration n'est pas davantage à retenir car la perforation des semences ne procure, en aucun cas une atténuation du repos, pas plus d'ailleurs que la mise en atmosphère suroxygénée. Il s'agit donc bien d'une inhibition mécanique.

Les akènes mûrs, non séchés, dépouillés de leurs enveloppes, germent facilement, même parfois avec leurs enveloppes ainsi que nous l'avons déjà observé avec les semences de *Tussilago*..

Les graines fraîches et immatures, dépouillées de leurs enveloppes, donnent souvent de bonnes germinations.

Les semences des Composées étudiées paraissent très résistantes aux solutions chimiques essayées dans nos recherches et spécialement aux solutions chlorhydriques et de sulfate de cuivre, du moins quand l'embryon reste contenu dans ses enveloppes et même dans les graines sectionnées à l'extrémité des cotylédons.

Avec l'embryon nu, la résistance aux solutions toxiques n'est pas très élevée puisqu'il est détruit par des solutions d'acide chlorhydrique et de sulfate de cuivre à la concentration de  $2/10^4$  (*Lappa* — *Bidens* — *Cirsium*).

En fait les enveloppes protègent énergiquement l'embryon, d'abord en ralentissant la pénétration de l'eau et, par suite la pénétration des ions H, OH, Cu, peut-être aussi par des phénomènes de surfaces dans lesquels l'absorption de certains ions peut constituer une entrave à la pénétration des ions de même signe.

Par contre, les plantes possèdent une résistance basale élevée vis-à-vis des solutions d'acide chlorhydrique de concentration  $2/10^4$ . Elle est de l'ordre de 1 h.  $1/2$  à plusieurs heures.

---



## DEUXIÈME PARTIE

### GRAINES ET SEMENCES A ALBUMEN

#### A. Polygonées

##### *Rumex obtusifolius*. Rumex à feuilles obtuses

La semence est, comme celle de beaucoup de Polygonées, un akène enveloppé, par un calice concrescent.

**Imbibition.** — Les akènes étant mal mouillés par l'eau, nous les avons enveloppés dans un peu de gaze hydrophile et immergés dans l'eau. La pénétration est nulle dans les premières heures et reste lente dans les 24 heures qui suivent, ainsi qu'en témoigne le Tableau LXIV (ligne 1).

TABLEAU LXIV

*Rumex obtusifolius*, t = 20°.

Après :	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	24 h.	48 h.	72 h.
1) Akènes entiers .....	»	»	»	»	1 %	5 %	10 %	25 %	27 %
2) Akènes sectionnés .....	9 %	19 %	22 %	23 %	24 %	26 %	26 %	26 %	27 %
3) Akènes après immersion de 15 m. dans SO <sup>4</sup> H <sup>2</sup> 66° B.	20 %	26 %	28 %	30 %	32 %	33 %	38 %	40 %	40 %
4) Graines dépouillées de leur péricarpe .....	29 %	32 %	33 %	34 %	34 %	34 %	34 %	34 %	34 %

L'influence fortement retardatrice des enveloppes peut être mise en évidence en sectionnant l'extrémité préradiculaire de l'akène. Nous l'avons pratiqué maintes fois sans léser les racines et l'on obtient ensuite d'excellentes germinations avec les graines ainsi traitées. Dans ce cas, l'imbibition progresse plus rapidement (ligne 2 du tableau LXIV).

Après traitement de 15 minutes dans l'acide sulfurique à 66° Baumé l'imbibition est régularisée et le taux s'élève notablement (ligne 3 du tableau LXIV). La valeur réelle du taux d'imbibition peut être obtenue en traitant les akènes par l'acide sulfurique à 66° Baumé pendant 30 minutes. On élimine ensuite les enveloppes ainsi désagrégées, par frottement et lavage. Le tableau LXIV (ligne 4) donne les taux d'imbibition, en fonction du temps. L'imbibition est donc cette fois plus rapide : elle est acquise sensiblement en 2 heures et le taux final de 34 % compris entre les taux déterminés précédemment.

On peut donc conclure que l'action de l'acide pendant un temps relativement court, 15 minutes par exemple, transforme chimiquement les téguments externes et élève de ce fait le taux d'imbibition des semences. Par contre, avec des semences non traitées, le taux mesuré est plus faible que le taux réel et les enveloppes, sans doute en raison de leur taux d'imbibition propre qui doit être faible, abaissent le taux d'imbibition.

**Germination.** — Les semences mûries sur la plante-mère et séchées sont constituées par l'akène et son calice concresoent. De telles semences, mises sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  aussitôt après la récolte, germent irrégulièrement et lentement. Deux semaines plus tard, nous avons relevé dans les divers lots mis en expérience, 2 à 5 % de graines germées et les germinations s'achèvent, dans les mois suivants, avec des taux de 40 à 70 %.

On peut déjà obtenir une nette amélioration de la germination en éliminant le calice par un frottement énergique ; à  $t = 20^{\circ}$ , les akènes sur coton humide commencent à germer 6 jours plus tard et quinze jours après, la germination est achevée avec des taux qui s'élèvent à 85-90 %.

Quatre mois après la récolte, les akènes à  $t = 20^{\circ}$  germent en 10 jours avec des taux de 90 à 95 %.

Si le temps de conservation à sec paraît influencer favorablement sur l'évolution des capacités germinatives, en réalité, cette influence s'exerce uniquement sur le calice et le péricarpe. En effet, les méthodes par sectionnement ou par l'acide sulfurique concentré, appliquées aussitôt après la récolte, conduisent à des germinations très condensées qui se déclanchent rapidement. La durée d'immersion optimum dans  $\text{SO}_4\text{H}_2$  est de 15 min. Après lavage et mise sur coton, la germination débute 4 à 5 jours plus tard et s'achève en 4 jours, avec des taux très élevés : 95-98 %.

La durée d'immersion optimum peut varier d'une année à l'autre. Les résultats précédents ont été obtenus avec des graines récoltées en 1940. Avec des graines récoltées pendant l'été 1941, la durée optimum d'attaque par l'acide était moins élevée : 10 minutes environ.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — La lente pénétration de l'eau à l'intérieur de l'akène nous a incité à préparer les semences par la méthode par sectionnement. Nous avons vu que l'imbibition est en grande partie acquise à la 4<sup>e</sup> heure. Nous avons donc immergé les semences pendant 4 heures dans les solutions à essayer Tableau LXV.

TABLEAU LXV

Concentration des solutions	<i>Rumex obtusifolius</i> , $t = 20^{\circ}$ .									OBSERVATIONS
	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>		
HCl	95	96	92	80	85	20	0	0		
NaOH	97	95	92	90	82	60	0	0		
SO <sub>4</sub> Cu	92	93	94	86	84	86	30	0		Germination retardée (2 j.) plantules malades.
SO <sub>4</sub> Fe	92	92	86	85	84	80	25	0		

Il est clair, d'après ces résultats, que les semences de *Rumex* possèdent une haute résistance vis-à-vis des solutions étudiées.

Il est vrai, comme nous l'avons déjà remarqué avec les Composées, que la pénétration des ions actifs par l'extrémité incisée ne se fait que par une surface restreinte et par des voies très réduites. Les membranes d'ailleurs peuvent provoquer des phénomènes de captage d'ions et en conséquence vis-à-vis de ceux-ci, des phénomènes de répulsion. De sorte que nous avons recherché la résistance aux mêmes solutions après traitement de 15 minutes dans l'acide sulfurique concentré (Tableau LXVI).

TABLEAU LXVI

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Rumex obtusifolius</i> , t = 20°.							
	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>
HCl	98	96	95	82	78	11	0	0
NaOH	97	96	95	90	98	51	0	0
SO <sub>4</sub> Cu	92	94	90	83	70	60	0	0
SO <sub>4</sub> Fe	92	95	94	92	95	70	0	0

Ce tableau confirme les résultats précédents et témoigne de la part de la graine de *Rumex* d'une résistance vraiment élevée. Remarquons toutefois que nos essais ont porté sur des graines encore protégées par leurs téguments internes.

La résistance de base est de 2 h. 3/4 environ.

## B. Solanées

### *Solanum nigrum*. Morelle noire

Cette graine à albumen contient un embryon courbe dont la radicule se trouve à son extrémité effilée. Ses téguments sont lignifiés et très résistants.

**Imbibition.** — Elle est complète en 3 heures. Le taux est de 32 %.

**Germination.** — Les graines mûries sur la plante-mère et séchées germent très lentement à t = 20°. La germination débute au bout de 4 à 5 jours, mais jusqu'au 20<sup>e</sup> jour les pourcentages, qui sont faibles, ne dépassent pas 2-3 %. Après le 20<sup>e</sup>-21<sup>e</sup> jour, la germination se déclenche franchement et s'achève en une dizaine de jours avec des taux élevés, de 95 % en moyenne. A t = 30°, la germination est plus rapide ; elle se déclenche après 8 à 12 jours et s'achève quelques jours plus tard. Enfin à t = 35°, la germination débute au 4<sup>e</sup> jour et s'achève généralement en 2-3 jours.

*La germination des graines de Solanum nigrum est donc fortement influencée par la température.*

Dans les conditions optima, nous nous sommes demandé s'il était possible de réduire le temps de latence qui est de 4 jours. Nous avons d'abord essayé la méthode à l'acide sulfurique qui, en aucun cas, ne nous a donné la réduction recherchée. Par contre, nous avons observé que si les temps d'immersion dans l'acide dépassent une minute, les taux de germination décroissent très rapidement. En effet, après 3 min. d'immersion, le taux n'est plus que de 38 % tandis qu'à la 5<sup>e</sup> minute il tombe à 4 % et après 15 minutes à 1 %.

Nous avons aussi employé la méthode par sectionnement. Nous avons coupé les graines, soit au pôle radiculaire, soit au pôle opposé, soit aux deux pôles. Les graines ainsi préparées, mises sur coton humide, germent très rapidement et présentent des particularités très intéressantes. Vingt-quatre heures environ après la mise sur coton humide à  $t = 35^{\circ}$ , la racine est sortie de la graine et atteint une longueur de 2 à 3 mm. tandis qu'à l'autre pôle, s'il a été coupé, l'embryon tend à se dégager. Il devient alors sensiblement droit mais le plus souvent en conséquence du freinage opposé par l'albumen et de sa propre turgescence, il se brise. Cette germination ultra-rapide, que nous avons observée sur toutes les graines convenablement sectionnées, s'arrête aussi rapidement qu'elle s'est déclanchée. Les jeunes racines cessent de croître et dès le 2<sup>e</sup> jour elles jaunissent puis elles brunissent et enfin pourrissent. La germination avorte donc finalement.

Ces observations montrent que la graine possède bien des capacités germinatives dès le premier jour de la mise en expérience sur coton humide à  $t = 35^{\circ}$  mais que leur ampleur est très limitée. Elle nous rappelle, dans une large mesure, la germination des graines fraîches de *Phaseolus*, très éloignées de leur maturité (page 36).

En résumé les germinations, déclanchées prématurément par sectionnement, avortent.

Les graines fraîches mûres ou même tirées de la baie encore verte germent sensiblement avec les mêmes caractéristiques que la graine mûre et sèche.

**Résistance à l'immersion dans quelques solutions.** — Si les graines sont traitées pendant 3 heures par les solutions habituelles (HCl, NaOH,  $\text{SO}_4\text{Cu}$ ,  $\text{SO}_4\text{Fe}$ ), on obtient, après lavage et 8 jours de mise sur coton humide à  $t = 35^{\circ}$ , d'excellentes germinations même après immersion dans les solutions à 5 et 10 %. Dans nos essais d'immersion prolongée, les graines ont résisté, dans une proportion de 40 à 50 %, à l'immersion de 10 heures dans la soude à 5 %. Toutefois nous ferons remarquer qu'il est douteux que l'embryon nu puisse résister à de telles concentrations et il est très vraisemblable que les enveloppes, et peut être aussi l'albumen, réalisent une protection efficace de l'embryon.

**INFLUENCE DE LA PULPE DU FRUIT.** — Les germinations de *Solanum*

*nigrum* sont inhibées par des substances contenues dans la pulpe du fruit vert. Les graines, enrobées dans une fine couche de cette pulpe ou arrosées avec l'extrait aqueux filtré fréquemment renouvelé, ne donnent aucune germination. Cette pulpe inhibe également la germination des graines de *Cucurbita maxima* et de *Cucumis Melo*. Inversement, nous avons déjà vu que la pulpe de *Cucurbita maxima* inhibe la germination des graines de *Solanum nigrum*.

**Résistance des plantes aux solutions chlorhydriques.** — Nous avons répété, avec des plantes âgées de 7 jours, les expériences réalisées avec des plantes de *Sinapis arvensis*. Immergées dans les solutions acides, les plantes de *Solanum nigrum* réagissent de la même manière : elles subissent des phénomènes de torsion ou de courbure puis finalement se fanent. Voici les temps de résistance exprimés en heures et en minutes, en fonction de la concentration des solutions chlorhydriques (Tableau LXVII).

TABLEAU LXII

CONCENTRATION DES SOLUTIONS	<i>Solanum nigrum</i> , t = 20°.					
	2/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1 %	5 %	10 %
Temps de résistance ..	4 h. 1/2	1 h. 3/4	50 m.	35 m.	15 m.	10 m.

La résistance des plantes de *Solanum nigrum* aux solutions chlorhydriques est nettement supérieure à celle de *Sinapis arvensis*. Elle se double d'une haute résistance à l'immersion dans l'eau, car, comme le montrent nos essais, des lots de plantes âgées de 7 jours résistent pendant 12 jours à une immersion dans de l'eau non renouvelée à t = 20°.

Nous avons également déterminé, en fonction de leur âge, la sensibilité des plantes vis-à-vis des solutions chlorhydriques. Nous avons employé dans nos essais la solution de concentration 1/10<sup>3</sup> en raison de leur haute résistance car, avec la solution de concentration 2/10<sup>4</sup>, les essais tendent à traîner en longueur.

TABLEAU LXVIII

Age des plantules	<i>Solanum nigrum</i> , t = 20°.									
	1 j.	2 j.	3 j.	4 j.	5 j.	6 j.	7 j.	8 j.	9 j.	10 j.
Résistance (en heures)	1/2	1	1 1/2	1 1/2	2 3/4	1 3/4	1 3/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2
Age des plantules	11 j.	12 j.	13 j.	14 j.	15 j.	16 j.	17 j.	18 j.	19 j.	
Résistance (en heures)	2	2 1/2	2	1 3/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1	

Ces résultats nous ont été fournis par des plantes cultivées sur coton humide, à la lumière diffuse, aussi égale que possible, donc dans des

conditions de nutrition nettement défavorables. Ce tableau met bien en évidence le caractère périodique de la résistance aux solutions acides, avec l'alternance des dépressions et d'exhaltations de la résistance.

REMARQUE. — Au cours de nos essais de résistance, nous avons fréquemment observé que les différents organes des plantes, conservés après des essais interrompus assez tôt pour en éviter la mort, portaient inégalement les traces de l'attaque par la solution acide. En règle générale, c'est l'axe racinaire qui est le plus frappé... Il est tué alors que l'extrémité de la tige garde entièrement sa turgescence et des possibilités de croissance. Mais la destruction et la décomposition de l'axe principal racinaire des plantules de 3, 4 ou 5 jours est suivie d'une production abondante de racines adventives à la base de la tige ; par contre avec des plantes du même âge, où l'axe racinaire a été sectionné et éliminé aussitôt après le traitement acide, la production de racines est beaucoup moins abondante.

Nous avons également remarqué que la même production des racelles devenait pénible pendant les périodes de dépression.

RÉSISTANCE AUX PULVÉRISATIONS. — Les plantules résistent aux solutions chlorhydriques jusqu'à la concentration de 1 % exclue.

### *Datura Stramonium* L. *Datura Stramoine*

Cette graine, beaucoup plus grosse que celle de *Solanum nigrum*, a sensiblement la même structure. Les téguments externes parcheminés sont très résistants.

Imbibition. — Les premiers stades en sont rapides mais la fin lente et le taux assez bas (Tableau LXIX).

TABLEAU LXIX

*Datura Stramonium*, t = 20°.

Après une immersion de	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	6 h.	24 h.	48 h.
Taux d'imbibition . . . . .	24 %	29 %	35 %	35 %	36 %	41 %	41 %

Germination. — Les graines mûres, fraîchement récoltées, à t = 20°, germent lentement. La germination commence 10 à 15 jours plus tard et n'atteint guère un taux supérieur à 50 %. A t = 35°, elle est plus rapide puisqu'elle débute 4 à 5 jours après la mise sur coton humide mais elle s'échelonne encore sur une trentaine de jours et le taux final est de l'ordre de 50 à 60 %.

Les graines, fraîchement extraites du fruit à maturité et non desséchées, germent suivant les mêmes modalités.

En résumé, cette germination présente un point commun avec celle

de *Solanum nigrum* : Lente à 20°, elle s'accélère à 35° mais, contrairement à ce qu'on observe avec l'autre Solanée, la germination est étalée et les pourcentages relativement faibles.

Cette différence résulte d'une inhibition mécanique due aux téguments externes. On peut le montrer en pratiquant le sectionnement préradiculaire et les résultats de cette opération sont d'ailleurs identiques à ceux observés dans nos essais pratiqués avec les semences de *Solanum nigrum*.

A la température de 20°, deux jours plus tard la radicule sort, s'allonge de 2 à 3 mm. et souvent dans les jours qui suivent, jaunit, brunit et enfin pourrit.

Pourtant, dans certains cas, la dégénérescence radiculaire n'est pas complète ; la racine brunit et se maintient dans cet état pendant 5 à 7 jours après quoi sa croissance reprend et la germination se poursuit alors normalement.

Des sections, qui libèrent incomplètement la racine et entravent temporairement son développement immédiat, nous ont donné d'excellentes germinations qui débute 6 jours plus tard et s'achèvent 5 à 6 jours après avec des taux de 85-90 %. A  $t = 30^\circ$  elle commencent après 4 jours sur coton humide.

Nous concluons que la germination des graines de *Datura* commence après un temps de latence de 6 jours à  $t = 20^\circ$ , de 4 jours à  $t = 35^\circ$ , et s'achève en quelques jours. Le long repos des graines est donc dû simplement à une inhibition mécanique des téguments externes parcheminés.

Ces résultats sont confirmés par les traitements à l'acide sulfurique à 66° Baumé (Tableau LXX).

TABLEAU LXX

		<i>Datura Stramonium</i> , $t = 20^\circ$ .					
Après :		4 j.	5 j.	6 j.	10 j.	15 j.	20 j.
Taux après immersion							
dans $\text{SO}_4\text{H}_2$ :	15 minutes ...	10 %	40 %	50 %	60 %	62 %	62 %
—	: 30 minutes ...	6 %	44 %	51 %	68 %	68 %	68 %
—	: 45 minutes ...	7 %	54 %	61 %	87 %	90 %	90 %
—	: 1 heure.....	15 %	48 %	54 %	60 %	65 %	65 %

Le temps de germination, qui est assez long, se justifie sans doute par l'inégale résistance des enveloppes au réactif.

Le temps optimum d'immersion est de 45 minutes, temps qui marque la forte résistance des enveloppes.

La résistance de base de *Datura Stramonium* est de 3 heures environ.

***Lycopersicum esculentum*. Tomate cultivée**

Graine velue à téguments assez épais, ayant sensiblement le même aspect que celle des Solanées précédemment étudiées. Taille intermédiaire entre celle de *Solanum nigrum* et de *Datura Stramonium*.

Toutefois l'*albumen* y est particulièrement réduit et parfois manque.

**Imbibition.** — Elle a des caractéristiques sensiblement différentes de celles de *Solanum nigrum* et de *Datura Stramonium*. Le taux d'imbibition est notamment plus élevé que celui des deux autres Solanées.

TABLEAU LXXI

*Lycopersicum esculentum*, t = 20°.

Après :	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	6 h.	24 h.	48 h.	72 h.
Taux d'imbibition :								
Graines entières . . . . .	31 %	40 %	46 %	51 %	54 %	72 %	73 %	73 %
Graines dépouillées de leurs téguments . . .	72 %	73 %	74 %	74 %	74 %	75 %	75 %	75 %

**Germination.** — Les graines *fraîches* mises sur coton humide à t = 30°-35°, immédiatement après extraction du fruit mûr, donnent d'excellentes germinations qui se déclanchent 18 heures après la mise sur coton et s'achèvent 48 heures après, avec des taux très élevés : de 98 à 100 %.

Les graines *séchées* aussitôt après extraction du fruit donnent déjà des germinations plus lentes. En effet, à t = 30°, celles-ci ne commencent que 4 jours après la mise sur coton et s'achèvent en 5-6 jours avec des pourcentages moins élevés : 85-90 %. Ce retard provient, d'une part, d'une diminution sensible de la force germinative des embryons, par l'effet de la dessiccation car les plantes obtenues sont dans l'ensemble un peu moins vigoureuses que celles obtenues avec les graines fraîches (tropismes moins marqués — turgescence plus faible), d'autre part, de l'inhibition due aux membranes. En effet, si on sectionne l'extrémité radiculaire des graines, la germination se déclanche 24 heures plus tard sur coton humide à t = 35°, et s'achève rapidement avec des pourcentages élevés.

Ce cas, assez exceptionnel il est vrai, tiendrait à montrer que la *dessiccation concourt parfois à augmenter la résistance des membranes*.

**REMARQUE.** — Nous n'avons observé aucune influence notable de la lumière sur la germination de *Lycopersicum esculentum*, contrairement aux observations de Shuck.

**Résistance à l'immersion dans diverses solutions.** — Des graines, sectionnées à leur extrémité radiculaire, sont immergées pendant 4 heures dans les solutions à essayer, lavées et mises sur coton à t = 35°.

TABLEAU LXXII

*Lycopersicum esculentum*, t = 35°.

Concentration des solutions	2/10 <sup>4</sup>	4/10 <sup>4</sup>	6/10 <sup>4</sup>	8/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	5/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	5/10 <sup>2</sup>	OBSERVATIONS
HCl	92	94	90	86	80	20	0	0	
NaOH	92	92	94	92	88	64	40	0	La germination est généralement retardée de 2 à 3 jours.
SO <sub>4</sub> Cu	92	90	90	82	52	10	0	0	
SO <sub>4</sub> Fe	96	96	92	94	90	82	24	0	

Il en résulte que les graines de *Lycopersicum esculentum* sont, comme celles de *Solanum nigrum*, particulièrement résistantes.

La résistance de base est de 2 h. 1/2.

### C. Ombellifères

#### *Daucus Carota* L. Carotte commune

**Imbibition.** — L'akène, qui porte des pointes raides, se prête assez mal à la mesure de l'imbibition car il est difficile d'obtenir un essuyage complet de la graine. Le Tableau LXXIII contient les résultats moyens des mesures d'imbibition des fruits complets. Traités par l'acide sulfurique concentré à 66° Baumé, pendant 1/4 d'heure ce qui permet l'élimination du péricarpe desséché, l'imbibition est rendue plus rapide et le taux est un peu plus bas.

TABLEAU LXXIII

*Daucus carota*, t = 20°.

Après :	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	6 h.	24 h.	48 h.
Taux d'imbibition :							
des akènes entiers .	45 %	48 %	50 %	61 %	62 %	87 %	87 %
des graines . . . . .	25 %	42 %	55 %	66 %	81 %	82 %	82 %

**Germination** — Les semences séchées immédiatement après la récolte. ne donnent que des germinations précaires. Dans de nombreux essais, nous n'avons obtenu que des germinations très étalées dont les taux, après un mois d'exposition sur coton humide, n'excédaient pas 20 %. Dans certains essais, nous avons même obtenu des taux nettement plus faibles : de 5 à 10 %. Il faut remarquer que cette faiblesse des taux est due en partie aux graines avortées ou incomplètement développées, toujours assez nombreuses dans les ombelles comme dans les capitules. Il n'est d'ailleurs pas facile de les éliminer car les pointes de l'akène emprisonnent de l'air et les fruits, en général, flottent sur l'eau. Toutefois, la part des inhibitions mécaniques est assez large car si l'on sectionne l'extrémité

préradiculaire de l'akène, la germination débute après 3-4 jours et huit jours plus tard, les taux s'élèvent en moyenne à 50-65 %. L'attaque des akènes par l'acide sulfurique nous a donné des résultats assez incertains. Tantôt les taux sont élevés après immersion de 1 ou 2 minutes, (45 à 60 %) tantôt, ils sont affaiblis par la destruction partielle des semences.

Les graines *fraîches proches de la maturité*, mises directement sur coton humide pendant 5 à 6 jours puis sectionnées légèrement à l'extrémité radriculaire, nous ont donné de bonnes germinations avec des taux de 80-85 %, beaucoup plus condensées que celles données par les meilleurs essais obtenus avec les graines sèches.

### Étude sommaire des semences de quelques Ombellifères

#### *Pimpinella saxifraga* L. Petit boucage

Le taux d'imbibition est variable, de 80 à 100 %, la maturation généralement tardive. Aussi est-il rare d'obtenir des échantillons formés exclusivement de semences bien mûres.

Nous n'avons pu obtenir de germination, malgré de nombreux essais, avec des akènes séchés, quelles que soient les conditions de température, de lumière, d'humidité et d'aération. Les akènes cueillis avant maturité et mis sur coton humide ne nous ont fourni que de très rares germinations. Par contre, les semences ainsi conservées sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ , pendant une quinzaine de jours et sectionnées à leur extrémité radriculaire, nous ont donné des germinations avec des pourcentages parfois très élevés : 90 %, souvent avec des pourcentages plus modestes : 40-80 %. Ces germinations sont d'ailleurs échelonnées sur un temps plus ou moins long : de 10 à 20 jours et cet étalement paraît être en rapport avec le degré de développement des embryons. En effet, à la cueillette des semences, ceux-ci sont de très petite taille par rapport à l'albumen qui les enveloppe. Après quinze jours sur coton humide, ils se sont développés et ont doublé ou triplé leur volume.

Si les graines sont sectionnées immédiatement après la récolte, on n'obtient que des germinations de qualité inférieure avec taux de 5 à 20 %.

L'immersion des graines fraîches dans l'eau pendant 8 à 10 jours nous a donné, après sectionnement, des résultats analogues à ceux obtenus après un séjour de 15 jours sur coton humide. Parfois même, ils sont nettement supérieurs et les pourcentages plus élevés : 95 %.

#### *Anthriscus vulgaris*. Anthrisque vulgaire

A la récolte, la semence d'*Anthriscus vulgaris* contient comme la précédente, un embryon minuscule enveloppé par un albumen abondant.

A l'état sec, la semence germe très rarement. Les taux, quelles que

soient les conditions, même les plus favorables, restent faibles : de 4 à 5 %.

Conservée sur coton humide, ou dans l'eau pendant 10 à 15 jours, donc sans dessiccation, on obtient quinze jours plus tard, après sectionnement de l'extrémité radiculaire des germinations qui rappellent celles de *Pimpinella*, mais les taux sont sensiblement plus faibles : 40 à 70 %.

*Dans ce dernier cas, nous observons encore une inhibition qui n'est pas due à des téguments mais à l'albumen.* En effet, cette inhibition disparaît en éliminant par sectionnement la partie de l'albumen qui entoure la radicule de l'embryon.

### *Heracleum Spondylium.* Grande Berce

L'akène d'*Heracleum Spondylium* est du même type que les précédents. L'embryon est minuscule et représente sensiblement 1/100 environ du poids total de la semence.

Le taux d'imbibition, obtenu avec les akènes mûris sur la plante-mère est d'environ 90 %.

Séchés après la récolte, ces akènes ne nous ont donné aucune germination dans les deux mois qui ont suivi la mise sur coton. Les cultures d'ailleurs s'infectent très rapidement. Le traitement à l'acide sulfurique ne donne aucun résultat sinon la mort des semences. Les semences sectionnées à l'extrémité préradiculaire, aussitôt après la récolte, qu'elles soient fraîches ou séchées, ne donnent aucune germination. Tout au plus, la minuscule racine se développe légèrement et meurt. Les akènes, séchés et conservés en chambre sèche, ne nous ont ultérieurement donné aucune germination.

Toutefois nous avons pu cependant obtenir un certain nombre de germinations après traitement suivant : les semences *fraîches* sont mises sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  pendant 3 à 4 semaines. On peut aussi les immerger pendant 15 à 20 jours dans l'eau de canalisation que l'on renouvelle tous les 4 ou 5 jours. Les semences ainsi préparées mises en germination à  $t = 20^{\circ}$  ou  $t = 30^{\circ}$  ne germent pas, mais si on sectionne les extrémités radiculaires, on obtient des germinations échelonnées sur 15 à 20 jours, et les taux, très variables, sont en général assez faibles : de 15 à 40 %.

Si l'on fait subir le même traitement aux semences séchées, les résultats sont négatifs.

*Il en résulte que la dessiccation provoque la disparition du pouvoir germinatif si précaire de ces semences.*

*La faiblesse des taux de germination semble avoir pour origine le très inégal développement des embryons.* L'examen anatomique montre, en effet, que les graines contiennent, au moment de la récolte, des embryons de très inégales dimensions et nous avons vérifié que les semences qui ne germaient pas, étaient celles contenant justement les embryons les plus petits.

REMARQUE. — Toutes ces graines d'Ombellifères, sectionnées et immergées pendant 3 heures dans des solutions d'acide chlorhydrique et de sulfate de cuivre, sont tuées par les solutions dont la concentration dépasse  $\frac{0,25}{10^4}$ .

## D. Oléacées

### *Ligustrum vulgare*. Troène vulgaire,

La graine du Troène est une graine à albumen, à embryon droit bien développé qui va d'un bout à l'autre de la graine.

**Imbibition.** — L'imbibition est lente puisqu'elle n'est complète qu'après quelques jours d'immersion. Les taux varient avec l'état de maturation des graines ainsi que le montrent les résultats acquis avec des graines récoltées aux mois de Septembre, Octobre et Décembre.

TABLEAU LXXIV

*Ligustrum vulgare*, t = 20°.

PÉRIODE DE LA RÉCOLTE	TAUX	OBSERVATIONS
Septembre 1941	145 %	Conservé en milieu humide. le taux s'élève, 3 mois plus tard de 10 à 15 %.
Octobre 1941	125 %	
Décembre 1941 (avant les gelées)	110 %	

Comme on le voit, si les graines sont conservées sur la plante-mère jusqu'en Décembre, le taux d'imbibition est encore abaissé.

**Germination.** — La germination des graines, récoltées en Octobre, séchées et conservées un mois en chambre sèche, débute 10 à 14 jours après la mise sur coton humide à t = 20° ou 30°. Elle se poursuit irrégulièrement et s'étale sur les 2 ou 3 semaines qui suivent. Les taux s'élèvent alors à 40-54 %.

Le temps de latence peut être réduit notablement. De nos méthodes antérieures nous n'avons retenu que celle par sectionnement qui nous a donné les meilleurs résultats.

Avec les graines séchées, les sections préradiculaires ne nous ont donné que des résultats variables. Les meilleurs ont été obtenus quand les sections entament nettement la graine et enlèvent même une faible partie de l'extrémité du méristème radiculaire avec l'extrémité de l'albumen qui enveloppe la radicule. Après ce traitement, la germination débute après 7-8 jours et s'achève une dizaine de jours plus tard. Les taux sont alors de 70 à 80 %. Les germinations ainsi obtenues sont absolument typiques. Si la section radiculaire se double d'un sectionnement qui enlève l'extrémité opposée de la graine, soit environ 1/4 de la graine, le développement est encore plus rapide mais la plantule, dans sa crois-

sance, se dégage de l'albumen avec lequel elle perd tout contact, sa croissance s'arrête ; elle reste plus ou moins rabougrie et dépourvue de capacités géotropiques. Finalement, elle pourrit.

Les capacités germinatives de ces graines séchées s'annulent vers le 3<sup>e</sup> mois qui suit la dessiccation.

Les graines cueillies en Décembre et séchées se comportent de la même manière que les précédentes.

Quant aux graines à plus fort degré d'hydratation, donc plus éloignées de la maturité, après dessiccation, elles ne donnent dans les conditions les plus favorables que de rares germinations.

*Bref, les graines de Ligustrum séchées ont des capacités germinatives assez précaires.*

A l'état frais, la graine possède, par contre, en potentiel, d'excellentes capacités germinatives.

Les graines récoltées en Septembre, de degré d'hydratation 145 %, mises sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  qui est la température la plus favorable ainsi qu'il en résulte de l'ensemble de nos essais, n'ont pas encore germé 3 mois plus tard. Si l'on élimine la partie de l'albumen qui enveloppe la racine, quelques jours après la récolte et l'immersion dans l'eau, on obtient d'excellentes germinations qui débute 4-5 jours après la mise sur coton à  $20^{\circ}$ , donc avec un temps de latence nettement réduit et s'achèvent en une dizaine de jours avec le taux de 95 %.

Les graines fraîches, récoltées tardivement en Décembre, avant les grandes gelées de l'hiver, nous ont fourni encore de meilleures germinations ; après sectionnement à  $t = 20^{\circ}$ , elles débute 3 à 4 jours après la mise sur coton et s'achèvent 2-3 jours plus tard avec des taux de 95-98 %.

Il résulte de ce travail que :

1<sup>o</sup> la dessiccation est particulièrement néfaste vis-à-vis des capacités germinatives des graines de *Ligustrum vulgare* ;

2<sup>o</sup> l'albumen, inhibe le développement de la racine. et par suite dans ce cas, comme dans celui des graines d'Ombellifères, l'inhibition est réalisée par un tissu vivant.

#### ***Fraxinus excelsior*. Frêne commun**

La graine de *Fraxinus*, contenue dans un fruit ailé ou samare, comprend un embryon peu développé par rapport à l'albumen qui l'enveloppe complètement. Il pèse 2 mmg. alors que l'albumen en pèse en moyenne 80 mmg.

**Degré d'hydratation et imbibition.** — Le degré d'hydratation des graines de *Fraxinus* varie avec leur degré de développement. Voici (Tableau LXXV) les degrés d'hydratation en rapport avec le moment de la récolte.

Donc le degré d'hydratation de *Fraxinus*, comme celui de nombreuses graines à cotylédons, décroît constamment jusqu'au moment où les

graines se dessèchent sur l'arbre. La déshydratation évolue très rapidement du 15 Juillet au 8 Août puis ensuite s'achève assez lentement. Mais il est bien évident que ce degré d'hydratation est sensiblement le degré d'hydratation de l'albumen car il n'est guère affecté par l'hydratation propre de l'embryon dont le volume est proportionnellement très faible. Nous avons isolé de nombreux embryons frais tirés des graines et déterminé leur propre degré d'hydratation. Il est notoirement plus élevé que celui de l'albumen. Ainsi dans des graines cueillies le 16 Août l'embryon possède un degré d'hydratation égal à 240 %, alors que celui de l'albumen est de 141 %. *Cette disparité semble assez générale car nous l'avons signalée dans nos recherches sur les graines de Pisum et de Phaseolus où nous l'avons observée entre l'axe embryonnaire et les cotylédons.*

TABLEAU LXXV

*Fragimus excelsior*, t = 20°.

DATE DE LA RÉCOLTE	DEGRÉ D'HYDRATATION	TAUX D'IMBIBITION
15 Juillet 1941	485 %	350 %
8 Août	166 %	159 %
16 Août	146 %	137 %
24 Août	122 %	111 %
15 Septembre	88 %	79 %
25 Septembre	37 %	76 %
30 Septembre	35 %	76 %
5 Octobre	15 %	75 %

Avec les graines mûres et séchées où l'albumen a un taux d'imbibition de 76 %, celui de l'embryon atteint 202 %, ce qui montre que le taux d'imbibition de l'embryon décroît avec le phénomène de maturation parallèlement à celui de l'albumen mais plus lentement.

**Taux d'imbibition.** — Les graines ainsi étudiées et séchées, immergées dans l'eau, se réimbibent et acquièrent un taux généralement assez voisin du degré d'hydratation de la graine fraîche. On trouvera dans le Tableau LXXV les taux d'imbibition des graines en regard des degrés d'hydratation. Ces taux restent néanmoins, en général, inférieurs aux degrés d'hydratation correspondants.

Mais à partir de fin Septembre et jusqu'à la maturité, toutes les graines quelque soit leur degré d'hydratation, qui est d'ailleurs inférieur au taux d'imbibition, possèdent sensiblement le même taux d'imbibition soit 75-76 %.

Toutes ces graines inégalement développées subissent la dessiccation et les hydratations successives avec des résultats variables. Voici les résultats que nous avons obtenu au cours de l'été et de l'automne 1941.

Les graines à très fort degré d'hydratation cueillies le 15 Juillet se dégradent fortement lors de la deuxième hydratation. Aussi à la 2<sup>e</sup> dessiccation, les graines de divers lots ont perdu 25 % en moyenne de leur poids sec. Les semences, récoltées le 8 août, dont le degré d'hydratation

est beaucoup plus bas, ne possèdent encore qu'une stabilité assez faible puisqu'après le 2<sup>e</sup> cycle d'hydratation et de déshydratation, elles perdent 20 % de matières sèches. Huit jours plus tard, les graines ont acquis une stabilité qui leur permet de subir les 3 cycles d'hydratation et de déshydratation en ne perdant que 2 % de leur poids en matières sèches.

Les graines récoltées plus tard se comportent de même.

Nous verrons d'ailleurs plus loin que les graines récoltées avant le 16 Août, mises en germination après avoir subi une dessiccation, pourrissent rapidement. Elles sont donc tuées par la dessiccation. Au contraire, les autres récoltées plus tardivement ne sont pas entamées par les attaques bactériennes, et peuvent éventuellement germer.

En fait les graines à albumen subissent les hydratations et déshydratations comme les graines ~~à cotylédons~~ <sup>à albumen</sup>, en rapport avec leur degré de développement.

**Germination.** — Dans la pratique de l'arboriculture forestière, les graines sont mises en terre à l'automne; elles germent partiellement dans le courant de l'année suivante et plus ou moins complètement au Printemps de la 2<sup>e</sup> année. Le repos de cette graine est donc beaucoup plus important que ceux observés jusqu'ici.

En Automne 1940, nous avons fait nos premiers essais sur des graines de *Fraxinus* que nous avons récoltées, en Octobre, séchées sur l'arbre. Mises sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  et à  $t = 30^{\circ}$ , huit mois plus tard les graines n'étaient pas encore entrées en germination. Nous avons tenté de rompre ce repos, mais en vain en traitant les graines par  $\text{SO}_4\text{H}_2$  à 66° Baumé pendant des temps variant de 1 minute à 1 heure. Les graines traitées pourrissent rapidement si on les met ultérieurement sur coton humide.

Nous avons usé aussi de la méthode par sectionnement. Nous avons libéré la racine en sectionnant l'extrémité radiculaire et l'autre extrémité jusqu'au milieu de la graine afin de libérer le bout des cotylédons de l'embryon. A  $t = 20^{\circ}$  et à  $t = 30^{\circ}$ , sur coton humide, nous avons observé, quelques jours plus tard, que seuls les cotylédons croissent lentement et doublent leur longueur cependant qu'ils prennent une teinte verte peu intense. Finalement, ce phénomène de croissance s'arrête rapidement, les embryons meurent et pourrissent. Dans d'autres essais, nous avons extrait de tels embryons avant leur déclin et nous les avons mis sur coton après avoir éliminé l'albumen. Ils croissent encore légèrement, végètent 2 à 3 semaines et meurent. Si on les place sur du coton imprégné de Knop glucosé à 0,5 %/100, la croissance est légèrement accrue et nous avons même observé de faibles réactions géotropiques des racines, puis ils meurent.

Enfin, nous avons essayé de faire croître ces embryons sur coton imprégné de Knop glucosé, additionné de 20 % d'un bouillon préparé en faisant longuement bouillir des albumens écrasés en présence d'eau légèrement acidulée par l'acide chlorhydrique, et neutralisée, après

ébullition, avec une solution de bicarbonate de soude. Le développement des embryons sur ce milieu est supérieur à celui obtenu sur le Knop glucosé : la plantule triple son poids, la racine se courbe légèrement dans les cas les plus favorables puis elle pourrit. La putréfaction de la jeune plante commence par l'extrémité des cotylédons. Elle en gagne la base et la tige en quelques jours. Alors que la tige était en partie putréfiée, nous avons observé, la croissance soudaine de la racine qui double sa longueur et acquiert alors de nettes capacités géotropiques. La croissance et la courbure semblent donc être en relation avec la destruction des tissus puisque *la germination commence avec la destruction d'une partie de l'embryon* (voir polarité).

En résumé, ces premiers essais entrepris en 1939 et 1940 nous ont surtout montré les difficultés de la germination de la graine de *Fraxinus excelsior*.

Nous avons repris ultérieurement nos recherches et, averti de la diminution générale des capacités germinatives des graines *desséchées*, nous avons songé à rechercher les capacités germinatives des graines *fraîches*.

*Les graines fraîches*, à degré d'hydratation élevé 200 %, ne germent pas, quelles que soient la température et la méthode employée. Elles pourrissent. Si ce degré tombe en dessous de 150-200 %, les graines se conservent parfaitement en milieu humide, mais sans autre préparation, quelques mois après la mise sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$  ou  $t = 30^{\circ}$ , elles n'ont pas encore germé.

De même si lors de la récolte, l'on sectionne l'extrémité radiculaire pour libérer la racine, on n'obtient pas de germination : les graines pourrissent sur coton humide. Mais en conservant après la récolte, la graine dans son fruit, une huitaine de jours en milieu humide, les germinations s'améliorent nettement ; elles restent toutefois subordonnées à l'élimination préalable de l'extrémité de l'albumen dont on doit libérer largement la racine. Dès lors, on observe 5 à 7 jours après la mise sur coton humide, à  $t = 20^{\circ}$ , la croissance de la racine et de la tigelle. Souvent les réactions géotropiques sont assez nettes et les poils absorbants se développent bien, la jeune plante résorbe progressivement l'albumen. Toutefois les pourcentages sont relativement peu élevés : 30 à 50 %. Parmi les graines traitées certaines ne germent pas et pourrissent. D'autres, dépourvues de réactions géotropiques, donnent des plantes qui meurent 1 à 3 semaines plus tard. Enfin, certaines sont malingres, ce qui fait que 20 à 30 % seulement sont normales.

Après une quinzaine de jours de conservation en milieu humide, les germinations sont nettement meilleures et nous avons ainsi obtenu jusqu'à 30 à 40 % de plantules normales.

Nous avons expérimenté avec des résultats aussi bons, sinon meilleurs, après avoir immergé les graines une huitaine de jours dans de l'eau non renouvelée ; après sectionnement de l'extrémité radiculaire, nous avons obtenu des germinations, qui débutent 5-6 jours plus tard et s'achèvent

en une douzaine de jours avec des pourcentages qui varient entre 30 et 80 %. Des graines conservées pendant 2 mois dans de l'eau renouvelée tous les quinze jours, nous ont encore donné des germinations avec des taux de 20 à 35 %.

*Il est clair que les graines fraîches de Fraxinus possèdent des capacités germinatives qui se manifestent après un séjour plus ou moins long en cuvette humide ou dans l'eau si l'on a soin de libérer ultérieurement la radicule de la graine.* Ces capacités se manifestent par ce traitement, beaucoup plus vite que dans la nature où la graine reste parfois deux ans dans le sol. Mais nous n'avons pas obtenu les pourcentages et la condensation qui caractérisent la germination typique. Nous ferons remarquer qu'il n'est pas certain que de telles caractéristiques puissent être atteintes avec des graines, où l'embryon ne représente qu'une infime partie de l'albumen et où, d'ailleurs, les embryons sont inégalement développés puisque leur taille peut varier dans des proportions élevées.

*Imbibition pendant le repos de la graine.* — L'imbibition des graines, mises sur coton humide à l'état frais ou immergées dans l'eau, présente de légères variations. Elle croît lentement et dans les deux mois qui suivent, le poids d'eau supplémentaire absorbée est de 15 à 20 % avec les graines récoltées en Août. Avec des graines récoltées en Septembre, le poids d'eau absorbée est plus faible et s'élève à 6-10 %. L'embryon pendant ce temps croît lentement ; la croissance porte surtout sur les cotylédons et la plantule peut en deux mois, doubler ou tripler son volume. La liaison entre ces transformations et la progression de l'imbibition est probable. car l'élévation du taux d'imbibition peut s'expliquer par les phénomènes de digestion qui provoquent dans l'albumen la libération de substances solubles à pouvoir osmotique élevé.

**Résistance à l'immersion dans l'eau et aux solutions chlorhydriques.**  
— Nous avons déjà montré, que les graines de *Fraxinus*, comme celles de *Ligustrum*, résistent très longuement à l'immersion dans l'eau. Après 3 mois d'immersion dans l'eau renouvelée tous les 15 jours, la plupart des graines survivent et acquièrent des capacités germinatives qu'elles n'avaient pas lors de l'immersion. *Cette résistance extraordinaire distingue nettement ces graines des graines à cotylédons qui, à l'exception de celles des Rosacées arborescentes, ne survivent pas, en général, à une immersion de quelques jours.*

Quant à la résistance aux solutions chlorhydriques, nous l'avons recherchée en immergeant dans l'eau des graines pendant 8 jours, avant d'en sectionner l'extrémité radiculaire et l'extrémité opposée des graines, ce qui permet la diffusion des solutions dans lesquelles elles sont immergées pendant 3 heures.

Les graines de *Fraxinus excelsior* ne résistent pas aux solutions chlorhydriques dont la concentration dépasse 0,25/10<sup>4</sup>.



## TROISIÈME PARTIE

### A. BULBES

---

#### *Allium Cēpa* L. Oignon cultivé

Le bulbe *tunique* d'*Allium Cēpa* est formé de feuilles superposées dont les plus externes recouvrent les plus internes en embrassant la périphérie du bulbe.

**Degré d'hydratation et taux d'imbibition.** — Nous avons d'abord étudié ces caractéristiques du bulbe, aussitôt après la récolte faite le 10 Septembre 1940. Chaque bulbe est coupé en morceaux puis mis à sécher jusqu'à poids constant. *Le degré d'hydratation est compris entre 600 et 1500 %.*

Ce résultat témoigne d'un degré d'hydratation fort élevé, très variable d'ailleurs dans une même récolte de bulbes de même variété. Abandonné en atmosphère sèche le bulbe se déshydrate lentement. Ainsi à  $t = 20^{\circ}$  après 4 mois, un lot d'oignons de la variété Jaune de Vertus, pesant 400 gr. au début des essais, n'avait perdu que 27 gr.

Le taux d'imbibition, c'est-à-dire le pourcentage d'eau repris par les éléments séchés du bulbe, est compris entre 300 et 400 %. Il est donc relativement faible, et le poids de matières sèches après une dessiccation est extraordinairement réduit : de 80 gr. après la première dessiccation, il tombe à 10-15 grammes après la seconde. Il est clair que la première dessiccation a pour effet de tuer les cellules du bulbe et les matières solubles diffusent dans l'eau de trempage, ce qui diminue la teneur en matières sèches et les capacités d'imbibition.

*Le bulbe d'*Allium Cēpa* est donc instable vis-à-vis des hydratations et déshydratations successives et se comporte comme une graine fort éloignée de la maturité.*

**VARIATION DU DEGRÉ D'HYDRATATION DANS LES DIFFÉRENTES FEUILLES DU BULBE.** — Nous avons disséqué un bulbe *fraîchement récolté* en séparant les différentes feuilles après élimination de la plus externe qui est, en général, plus ou moins desséchée. Les feuilles sont ensuite desséchées jusqu'à poids constant. Le Tableau LXXVI-A rend compte du degré d'hydratation et du taux d'imbibition des 5 feuilles extraites d'un bulbe, de taux d'imbibition moyen 610 %.

Ce tableau montre que le *degré d'hydratation décroît nettement des feuilles extérieures aux feuilles les plus internes et par conséquent le bulbe*

possède une polarité hydrique, polarité que nous avons déjà signalée dans l'étude de diverses graines. Toutefois, dans le cas présent, ce sont les feuilles externes les plus âgées et les plus différenciées qui possèdent le degré d'hydratation le plus élevé.

TABLEAU LXXVI

*Allium Cepa*, t = 20°.

FEUILLES	DEGRÉ D'HYDRATATION	TAUX D'IMBIBITION
A. 1 <sup>re</sup> feuille (externe)	671 %	381 %
2 <sup>e</sup> —	604 %	303 %
3 <sup>e</sup> —	601 %	370 %
4 <sup>e</sup> —	526 %	334 %
5 <sup>e</sup> — la plus interne, avec l'axe du bulbe	517 %	360 %
		(Degré d'hydratation après trempage de 24 h.)
B. 1 <sup>re</sup> feuille (externe)	785 %	1.150 %
2 <sup>e</sup> —	770 %	1.145 %
3 <sup>e</sup> —	765 %	1.081 %
4 <sup>e</sup> —	750 %	1.042 %
5 <sup>e</sup> — avec l'axe du bulbe	768 %	1.000 %

Cinq mois après la récolte, le degré d'hydratation des différentes tuniques d'un bulbe, de degré d'hydratation moyen de 771 %, varie ainsi que l'indique le tableau LXXVI-B.

En évoluant en milieu sec les différentes feuilles du bulbe égalisent sensiblement leur degré d'hydratation. Mais, si l'on immerge les feuilles 24 heures dans l'eau avant la dessiccation, on constate qu'elles absorbent un complément d'eau qui reconstitue, au moins en partie, la polarité hydrique observée dans le bulbe fraîchement récolté.

**Imbibition du bulbe.** — Pendant toute la période prégerminative et pendant la germination, le bulbe absorbe de l'eau. En 20 jours un bulbe de 35 gr., mis entre deux couches de coton largement imbibé d'eau, absorbe 0 gr. 5 d'eau soit 1,5 %.

Nous avons recherché l'imbibition de *bulbes fendus par des incisions en croix* qui descendent jusqu'à la base du bulbe. L'un d'eux, pesant 32 gr. 2, a absorbé en 20 jours 4 gr. 3 d'eau, soit 13 %, par rapport au poids initial. Cette expérience, qui ne permet pas des mesures très précises car, malgré les précautions prises, il peut subsister un peu d'eau entre les diverses écailles, montre toutefois très nettement que, dans ces conditions, l'imbibition est beaucoup plus forte.

**Germination.** — Les bulbes, maintenus en terre après la dessiccation des parties aériennes, ne germent pas en Automne, même si les conditions sont favorables. Arrachés et conservés dans les greniers, ils commencent à germer au Printemps, en milieu sec et froid. Alors le bulbe est partielle-

ment déshydraté, les écailles les plus externes sont vidées de leur contenu et complètement desséchées. Cette dessiccation commence, dès l'Automne, à la partie supérieure du bulbe et progresse vers la base de l'organe. Au Printemps, la partie supérieure des tuniques est entièrement desséchée à l'exception de l'extrémité du ou des bourgeons axiaux. *En résumé le bulbe subit sensiblement le repos que subissent les bourgeons.* Aussi bien le bulbe n'est qu'un bourgeon très différencié dont les feuilles écailles contiennent de nombreuses matières de réserve et surtout de l'eau.

Ce temps de latence, assez long, peut être rompu de diverses manières :

1° Nous divisons en deux lots un certain nombre de bulbes d'*Allium Cepa* de la variété Jaune de Vertus, récoltés depuis deux mois. Le premier comprend les bulbes servant de témoins, l'autre des bulbes ayant subi deux incisions rectangulaires se coupant au sommet du bulbe et descendant jusqu'au tiers de la hauteur à partir de la base ; ces incisions profondes ne ménagent que la partie axiale du bulbe. Les bulbes témoins et les bulbes incisés sont alors mis en cuvette humide dont le fond est garni de coton largement imbibé d'eau, à  $t = 20^{\circ}$ . Trois à cinq jours après la mise sur coton, les racines se développent sur tous les bulbes. Une semaine après la mise sur coton, la germination commence exclusivement dans le lot des bulbes incisés. En une quinzaine de jours ceux-ci sont germés, et portent des pousses de quelques centimètres. Par contre, les témoins ne présentent aucun signe de germination qui n'apparaît qu'après un temps variable : 3 à 4 semaines, et la germination s'échelonne sur un temps de 4 à 6 semaines.

Il est donc clair qu'il existe dans le bulbe une inhibition mécanique qui est due à la résistance des feuilles les plus externes et spécialement de l'extrémité apicale des feuilles.

L'origine de cette inhibition s'observe nettement après l'incision des bulbes. Les différentes écailles, partiellement libérées de la compression, se déboîtent et les fentes s'élargissent progressivement jusqu'à ce qu'elles atteignent 1 cm. de large en moyenne. Le bulbe « s'épanouit ».

Dans la conservation hivernale, la transpiration et les phénomènes respiratoires vident progressivement les feuilles les plus externes et ainsi s'affaiblit leur résistance mécanique.

On peut objecter, il est vrai, que les incisions facilitent la pénétration de l'oxygène et par suite activent le phénomène respiratoire qui accélérerait la germination mais cette hypothèse semble devoir être abandonnée car en atmosphère plus riche en oxygène, ou perforés par des piqûres profondes, les bulbes ne germent pas plus vite que les témoins.

Aussitôt après la récolte, les bulbes qui ont subi les incisions destinées à hâter la germination, germent très difficilement. Nous avons observé les premières germinations 20 à 25 jours après la mise sur coton humide et elles s'échelonnent pendant les 2-3 semaines qui suivent. Certains bulbes même pourrissent. Il apparaît donc que, si les inhibitions mécaniques jouent encore un rôle dans la germination des bulbes fraîche-

ment récoltés, il semble y avoir, en outre comme dans les graines immatures, une inhibition due à des facteurs internes, un défaut de maturité.

2° Nous avons essayé d'autres procédés qui tendent à réduire le repos dû au défaut de maturité.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des bulbes immergés pendant 48 heures dans l'eau à  $t = 20^{\circ}$  puis incisés. Cinq jours après ce traitement, les bulbes, fraîchement récoltés, germent et leur développement est ensuite rapide. Rappelons que ce traitement nous avait déjà donné de bons résultats avec les graines fraîches de *Pisum* et de *Phaseolus* éloignées de la maturité et avec diverses graines à albumen.

**Résistance du bulbe aux solutions chlorhydriques.** — La structure du bulbe est un obstacle à la pénétration des solutions. Aussi avons-nous préféré rechercher la résistance d'une manière qui diffère un peu de celle dont nous avons usé dans nos essais habituels. Après nous être assuré que des tuniques, divisées en morceaux dans le sens de la longueur et d'égale largeur (2 cm.), survivent aussi bien qu'une tunique entière lorsqu'on les met entre deux lames de coton humide, nous avons sectionné les diverses feuilles écailles, ainsi qu'il a été indiqué, et immergé les morceaux dans la solution chlorhydrique de concentration  $1/10^3$  avec laquelle les parties immergées présentent le rapport de poids habituel de 1 à 20. Un fragment est extrait toutes les heures et, après lavage, mis sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . La solution acide pénètre par les sections qui se nécrosent et la profondeur des destructions des tissus est caractéristique de la résistance des feuilles et du temps d'immersion dans les solutions toxiques. La première feuille, la plus externe, mise en expérience est de loin la moins résistante. Après immersion de 1 heure, elle est, 2 jours plus tard, entièrement nécrosée. Les autres feuilles possèdent une égale résistance. Elles sont toutes nécrosées à demi après une immersion de 2 heures, aux  $2/3$  pour une immersion de 5 heures et totalement après une immersion de 8 heures.

REMARQUE. — Nous avons fait avec le bulbe d'*Allium ascalonicum* et celui d'*Allium sativum* des observations portant sur l'imbibition et la germination des bulbes, qui corroborent celles obtenues avec *Allium Cepa*.

Nous avons toutefois observé les caractéristiques suivantes : Le degré d'hydratation du bulbe d'*Allium sativum* est relativement faible et atteint en moyenne 200 %. Le degré d'hydratation des bulbes les plus externes est plus faible que celui des bulbes du cycle le plus interne, formé d'ailleurs d'éléments de plus petite taille (la différence d'hydratation est de 15 à 20 %). La partie axiale de chaque bulbe possède un degré d'hydratation très élevé, 750 à 800 %. Le degré d'hydratation moyen d'*Allium ascalonicum* est de 450 %. Il est donc compris entre celui d'*Allium Cepa* et celui d'*Allium sativum*.

## B. RHIZÔMES

Nos expériences ont exclusivement porté sur les rhizômes de *Tussilago Farfara* et de *Stachys tuberifera*.

Les rhizômes de *Tussilago Farfara* se développent au Printemps, après les derniers froids, en donnant d'abord des hampes florifères qui s'épanouissent rapidement en capitule. Les feuilles apparaissent ultérieurement, après flétrissement des inflorescences.

Ce repos hivernal, qui paraît nécessaire, peut être assez aisément rompu.

Nous prélevons dans le sol des fragments de rhizômes de *Tussilago* à la fin du mois de Septembre 1939. Ces rhizômes portent déjà deux sortes de bourgeons: les uns, volumineux et ovoïdes, situés près de la base des pétioles des feuilles aériennes, sont les bourgeons à fleurs; les autres, plus fins et plus profonds, sont les bourgeons à feuilles. Les fragments de rhizômes, lavés soigneusement puis débarrassés des parties aériennes par sectionnement de la tige un peu au-dessus des boutons florifères, sont mis sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ , à la lumière diffuse. La croissance commence une dizaine de jours plus tard mais contrairement à ce qui se passe dans le développement observé au Printemps en pleine terre, ce sont d'abord les bourgeons à feuilles qui se développent les premiers. Dans les conditions de l'expérience, nous avons obtenu des feuilles à pétioles de 5 à 6 cm. et à limbe menu. Quant aux bourgeons à fleurs, qui se développent ultérieurement, dans nos premiers essais, après une croissance de 2 semaines environ, ils atteignent avec leur hampe 2 à 3 cm.; ils ne s'épanouissent pas et se dessèchent.

Nous avons obtenu de meilleurs résultats avec des fragments de rhizômes qui, après extraction, ont été immergés soit dans l'eau pure pendant 48 heures soit dans des solutions chlorhydrique ou de crésyl de concentration  $2/10^4$ , pendant 10 heures. La germination débute alors quelques jours plus tard, le développement des feuilles est plus rapide et nous avons ainsi obtenu des hampes florifères de 5 à 6 cm., à géotropisme négatif bien marqué, qui ont montré un début d'épanouissement.

Il est clair que le long repos observé dans la nature n'est lié ni aux conditions de milieu, ni à des inhibitions mécaniques. Les causes inhibitrices, que l'on peut réduire par l'immersion et par divers traitements, sont donc internes.

### *Stachys tuberifera*. Crosne du Japon

Les rhizômes de *Stachys tuberifera* récoltés en Octobre ou Novembre, germent au bout de 7 à 8 jours sur coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . Après les traitements: immersion, etc... indiqués pour *Tussilago Farfara*, écourtés à 5 heures dans HCl à  $2/10^4$  à cause de la sensibilité de l'organe, ils germent 5 à 6 jours plus tard. Le bourgeon terminal donne une tige

à réactions géotropiques marquées et des racines adventives qui apparaissent au niveau des étranglements du rhizôme.

Dans toutes ces opérations, il faut veiller à maintenir le coton nettement humide car ces rhizômes se fanent facilement par suite du manque d'eau.

En résumé, ce tubercule, riche en saccharides solubles, a un repos nettement réduit.

## C. TUBERCULES

### *Solanum tuberosum* L. Pomme de terre

Les tubercules de pomme de terre posent un certain nombre de problèmes qui ont retenu l'attention des biologistes, en particulier celui du forçage que nous avons nous-mêmes examiné. A une courte étude des facultés germinatives des tubercules, nous avons ajouté quelques considérations sur leur hydratation et leur imbibition.

**Imbibition et degré d'hydratation des tubercules.** — Le degré d'hydratation du tubercule récolté mûr, c'est-à-dire quand les parties aériennes sont desséchées, est élevé. On l'obtient en coupant le tubercule en morceaux et en le séchant jusqu'à poids constant. Nous avons ainsi observé des degrés d'hydratation de l'ordre de 375-450 %. Quant aux tubercules, arrachés alors que les parties aériennes sont encore vertes, ils accusent, en général, un degré d'hydratation, d'autant plus élevé que le tubercule est plus loin de la maturité. Il est de l'ordre de 450 à 700 %. Nous n'avons pu en raison des circonstances de guerre, étudier en détail sur de très jeunes tubercules l'évolution du degré d'hydratation, mais les résultats obtenus nous ont montré que *parallèlement à celle des graines, la maturation des tubercules est caractérisée par une diminution du degré d'hydratation*. Par ailleurs, avec le vieillissement des tubercules, le degré d'hydratation diminue progressivement jusqu'à dessiccation totale qui peut être réalisée 15 à 18 mois après la récolte si le tubercule ne pourrit pas.

**Germination.** — Les tubercules mûrs *fraîchement récoltés*, placés entre deux lames de coton très humides, augmentent lentement de poids (Tableau LXXVII.-A ligne 1).

Au 25<sup>e</sup> jour toutefois, l'imbibition progresse plus rapidement en rapport d'ailleurs avec la germination du tubercule. Avec des tubercules *fendus* (ligne II) et des tubercules *fendus et immergés* ensuite pendant 10 heures dans une *solution d'acide chlorhydrique* de concentration 5/10<sup>4</sup> (ligne III) l'absorption est fortement accélérée.

Nous verrons plus loin que ces traitements tendent également à accélérer la germination des tubercules.

*Trois mois après la récolte*, les phénomènes d'imbibition sont parallèles

à ceux obtenus dans les mêmes conditions aussitôt après la récolte. Ils sont simplement accélérés (Tableau LXXVII-B.).

TABLEAU LXXVII

		<i>Solanum tuberosum</i> , t = 20°.					
Après :		5 j.	10 j.	15 j.	20 j.	25 j.	30 j.
A. Taux d'imbibition.	Témoins I	0,5 %	1,4 %	2 %	2,4 %	2,5 %	4,9 %
	« Tubercules fendus.	II 5,2 %	6,3 %	8,5 %	10,6 %	13,6 %	18,2 %
	« Tubercules fendus et trempés dans HCl à 5/10 <sup>4</sup> .	III 7,5 %	8,4 %	10,7 %	13,8 %	17,7 %	22,3 %
B. Taux d'imbibition.	Témoins I	0,7 %	1,8 %	2,1 %	4,5 %	9,3 %	17,6 %
	« Tubercules fendus.	II 5,3 %	11 %	16,2 %	19 %	22 %	30,1 %
	« Tubercules fendus et trempés dans HCl à 5/10 <sup>4</sup> .	III 9,3 %	14,4 %	18,7 %	21 %	25,9 %	36,2 %

VARIATIONS DU DEGRÉ D'HYDRATATION DANS LES DIVERSES PARTIES DU TUBERCULE. — Nous nous sommes borné à rechercher le degré d'hydratation des parties antérieures et postérieures des tubercules en les séparant et en les desséchant jusqu'à poids constant après les avoir coupés en fins morceaux.

Avec des tubercules fraîchement récoltés, comme chez des tubercules étudiés 3 mois après la récolte, on observe *dans la partie antérieure un excédent hydrique très net par rapport à la partie postérieure*. Ainsi un lot de parties antérieures expérimentées contient 412 % d'eau tandis que le lot des parties postérieures n'en contient que 341 % et la disparité se retrouve dans chaque tubercule pris isolément.

REMARQUE. — Certains phénomènes morphologiques, qui accompagnent la déshydratation des tubercules, ont attiré notre attention. Nous avons, choisi dans cette expérience, des tubercules présentant une face supérieure et une face inférieure : la première portant la plupart des « yeux » rassemblés à l'extrémité antérieure, la seconde presque dépourvue d'« yeux » reposant sur la table d'expérience. Les tubercules sont donc disposés horizontalement dans la position même qu'ils occupaient dans le sol lors de leur croissance.

En milieu sec, le flétrissement du tubercule commence 5 à 6 semaines après la mise en expérience à t = 20°. Il débute dans la partie postérieure et se développe progressivement de l'arrière vers l'avant, plus rapidement à la face inférieure qu'à la face supérieure de sorte que les lignes qui marquent la progression du flétrissement sont des courbes plus ou moins parallèles qui prennent le bulbe en écharpe et enveloppent la zone antéro-supérieure. La déshydratation est fortement avancée

après une dizaine de mois et le tubercule présente alors un aspect uniformément ridé sauf toutefois autour des « yeux » qui, à  $t = 20^{\circ}$  et en atmosphère sèche, se sont développés très lentement.

**REMARQUE II.** — Après dessiccation, les parties postérieures coupées en morceaux sont généralement plus ou moins noires et en tous cas de couleur nettement plus sombre que les parties antérieures. Les premières subissent donc beaucoup plus activement l'action des diastases oxydantes. A la *polarité hydrique*, s'ajoute donc une *polarité chimique*.

**Germination.** — En général, sauf exceptions assez rares, les tubercules ne germent guère dans les 2 à 3 mois qui suivent la récolte. A partir de Janvier, en rapport avec les conditions d'humidité et de température, la germination commence et atteint son plein épanouissement au Printemps. Pourtant, les tubercules, du moins dans certains cas, manifestent des capacités germinatives bien avant la maturité alors même qu'ils sont encore fixés à la plante-mère. Ainsi dans l'Été 1941, après une période de chaleur et de sécheresse intense — qui a sévi dans la région du Nord en Juin et pendant la première moitié de Juillet — suivie d'un été très pluvieux, beaucoup de jeunes tubercules germèrent prématurément dans le sol.

Nous avons eu l'occasion d'observer pareil phénomène, pendant l'Été 1935, alors que les conditions météorologiques étaient normales, sur des tubercules qui se développaient dans un sol arrosé d'engrais humains additionné de crésyl et nous avons soupçonné alors ce produit chimique d'être la cause de cette germination prématurée.

Ces faits nous ont conduit à rechercher l'influence accélératrice de diverses solutions sur la germination des tubercules : crésyl à la concentration de  $5/10^4$  et sulfure d'ammonium à la même concentration soit isolées soit associées par moitié pour réaliser la concentration de  $5/10^4$  où les tubercules sont immergés pendant 12 heures. — Ultérieurement nous avons recherché l'influence de l'immersion en plaçant les tubercules *dans l'eau pure* pendant 12 heures. — Ces essais ont été exécutés avec des tubercules d'espèce tardive *incomplètement mûrs*, récoltés à la fin du mois d'Août. Les tubercules, après immersion, sont lavés et mis entre deux lames de coton humide à  $t = 20^{\circ}$ . Des tubercules témoins sont mis directement sur coton humide.

Le Tableau LXXVIII-A rend compte de l'apparition et du développement des germes en fonction du temps. Les résultats obtenus sont exprimés par les longueurs moyennes des pousses des lots mis en expérience.

Ces résultats témoignent *d'une influence nettement accélératrice des divers traitements*. Les témoins sont en retard de 3 semaines environ sur les lots traités. Remarquons d'ailleurs que les témoins, mis en cuvette humide, comme les tubercules traités, sont eux-mêmes entrés en germination bien avant les tubercules conservés dans les mêmes conditions en milieu sec. Le simple enveloppement dans le coton humide provoque donc déjà une accélération appréciable.

TABLEAU LXXVIII

<i>Solanum tuberosum</i> , t = 20°.						
Longueur des pousses au....	15 sept.	30 sept.	7 oct.	20 oct.	4 nov.	15 nov.
Témoins .....	»	»	»	0 cm. 3	1 cm. 2	5 cm. 4
A. Tubercules + crésyl.....	0 cm. 1	0 cm. 3	0 cm. 8	2 cm. 1	4 cm. 3	12 cm. 3
Tubercules + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S.....	«	0 cm. 2	0 cm. 6	2 cm.	3 cm. 5	10 cm. 2
Tubercules immergés dans H <sub>2</sub> O	0 cm. 1	0 cm. 3	0 cm. 5	1 cm.	4 cm. 5	13 cm. 1
B. Immersion acide .....	0 cm. 2	0 cm. 4	0 cm. 6	2 cm.	5 cm.	12 cm. 4
Incision .....	0 cm. 1	0 cm. 2	0 cm. 3	1 cm. 5	3 cm. 2	9 cm.
Traitements combinés .....	0 cm. 4	0 cm. 8	1 cm. 2	2 cm. 5	6 cm. 5	14 cm. 5

Les résultats obtenus avec des *tubercules mûrs* par ces divers traitements sont parallèles mais le forçage est plus rapide en avance d'une semaine en moyenne.

Toutefois, nous nous sommes demandé si les traitements, spécialement le traitement au crésyl, n'avait pas une influence nocive sur le développement des germes car un examen attentif y décèle une légère nécrose. C'est pourquoi nous avons légèrement modifié le traitement en immergeant seulement la moitié postérieure des tubercules ; dans ce cas, les résultats sont meilleurs et le forçage plus rapide.

*Autres procédés de forçage.* — Nous avons recherché l'influence des traumatismes, de l'immersion en solution acide et des deux traitements combinés.

Les tubercules de même origine et de même caractéristiques que ceux qui ont servi aux essais précédents (Tableau LXXVIII-A), sont incisés jusqu'à l'axe par des fentes longitudinales qui montent sensiblement jusqu'au milieu du tubercule, puis ils sont mis à sec pendant 2 jours pour assurer la cicatrisation des incisions. Le traitement acide est pratiqué par immersion du pôle postérieur pendant 12 heures dans des solutions acides (HCl à 5/10<sup>4</sup>). Dans les 2 traitements combinés, les tubercules sont incisés comme précédemment et les pôles, ainsi traités, immergés dans la solution acide puis les tubercules mis à sec pendant deux jours et finalement mis en cuvette entre deux lames de coton humide à t = 20° (Tableau LXXVIII-B).

*Le traitement acide et les traitements combinés sont donc les plus actifs.*

Appliqués à des *tubercules mûrs*, nous avons obtenu d'excellentes germinations après 5 à 6 jours sur coton humide à t = 20°. S'ils sont appliqués sur des *tubercules récoltés depuis trois mois*, la germination commence 3 à 4 jours après la mise sur coton humide. La qualité de ce traitement est encore attestée par le grand nombre de germes qui se développent.

Appliqué à des tubercules d'espèces tardives récoltés en Juillet, donc

fort éloignés de la maturité, le traitement combiné, incision et immersion chlorhydrique, fait apparaître une activation encore très sensible. La germination débute 7 à 12 jours après le traitement mais le développement des germes est ralenti et intermittent. Ainsi, les germes de 3 à 4 mm. apparus 8 jours après le traitement, restent deux à trois semaines sans croître. Certaines pousses, s'indurent ou se flétrissent. Puis les germes qui subsistent, reprennent leur croissance puis nouvel arrêt, etc... Ces faits sont à rapprocher des modalités de croissance observées sur la racine des graines immatures de *Phaseolus* mises en germination. Ces arrêts sont provoqués par l'inhibition du tubercule, il suffit de traiter le tubercule à nouveau en le plongeant 12 heures dans la solution chlorhydrique à 5/10<sup>4</sup>, pour obtenir une reprise de la croissance.

REMARQUE. — Nous avons observé des cas curieux de *retour de capacités inhibitrices* de la part de tubercules immatures. Des tubercules récoltés avant maturité, ayant subi le traitement combiné vers le 15 Août 1938, furent mis en terre alors qu'ils portaient des pousses de 2 à 3 cm. Celles-ci se développèrent d'abord normalement et atteignirent au bout de 3 à 4 semaines, 15 à 20 cm., mais au lieu de continuer leur croissance, elles dépérirent progressivement et se fanèrent. A l'arrachage, les tubercules mis en expérience étaient très coriaces, très turgescents. Laissés dans le sol, ils ne fournirent plus de germes avant l'Hiver. Sortis du sol à la fin de l'Automne, après un ou deux mois de conservation nous avons observé l'apparition d'une nouvelle série de germes qui, au Printemps 1939, évoluèrent normalement.

Cette inhibition est encore sensible surtout dans les premiers temps de la croissance des germes qui est lente, et qui progressivement s'accélère. Par contre, nous avons obtenu des croissances extraordinairement rapides et des germes énormes, très turgescents, quand, après traitement et séchage insuffisant, les incisions s'infectent de moisissures en cuvette humide. Pendant que le tubercule pourrit, les germes se développent deux ou trois fois plus vite et sont 5 à 6 fois plus lourds que les germes normaux.

INFLUENCE DE DIVERSES SOLUTIONS. — Nous avons essayé, parallèlement au traitement acide, l'influence de l'immersion pendant 12 heures dans les solutions de bromure de potassium, de sulfate de magnésium et de chlorure de magnésium à 5 %.

Remarquons que le tubercule résiste très bien à de telles immersions alors que l'immersion dans des solutions chlorhydriques à 5/10<sup>3</sup> le tue nettement à temps d'immersion égal.

La solution de bromure de potassium, provoque une véritable « explosion » germinative du tubercule mûr. Dans certains cas, nous avons compté jusqu'à 20 germes qui apparaissent dans les 15 jours qui suivent le traitement. Mais ultérieurement, la plupart s'atrophient et seuls quelques-uns se développent, parfois ils se flétrissent tous.

Le traitement par les solutions de sulfate de magnésium et de chlo-

rure de sodium retarde nettement l'apparition des germes surtout le sulfate de magnésium ; les germes n'apparaissent qu'un mois environ après leur apparition sur les témoins.

INFLUENCE DE L'ORIENTATION DU TUBERCULE. — La disposition des tubercules n'est pas sans influence sur la rapidité avec laquelle les germes se développent. Nous avons observé, au cours de nos essais avec des lots ayant subi le même traitement, des irrégularités de croissance qui semblaient liées à l'orientation des tubercules. Nous l'avons vérifié en disposant les tubercules de telle manière que la plupart des « yeux » soient disposés vers la partie supérieure de la cuvette ce qui nous a amené à coucher certains tubercules sur la face ne portant que peu de germes et à en redresser d'autres verticalement en les faisant reposer sur leur extrémité postérieure. Le développement est, dans ce cas particulièrement, rapide surtout si les tubercules ont subi le traitement combiné.

---

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

**Classification des germinations.** — Il résulte de nos observations que les germinations normales, c'est-à-dire les germinations obtenues avec des lots de graines qui ont subi leur évolution complète sur la plante-mère et ont été mises en expérience dans les conditions les plus favorables, peuvent être réparties en trois types :

**TYPE I.** — La germination se déclanche rapidement après un ou deux jours et s'achève en quelques jours, donc après un temps relativement court. C'est le cas de la plupart des graines sans albumen, à téguments peu résistants, produites par de nombreuses plantes cultivées. Celles de *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris*, *Sinapis arvensis*, etc..., appartiennent au Type I dans lequel on peut, comme nous l'avons vu, faire entrer les graines fraîches des mêmes espèces, suffisamment rapprochées de la maturité et dépouillées de leurs téguments.

**TYPE II.** — Les germinations qui donnent des *plantes normales* débutent au plus tôt après 4 jours mais ce temps de repos, ou *Ruheperiode* des auteurs allemands et *Dormancy* des auteurs anglais, peut durer beaucoup plus longtemps : de quelques jours à plusieurs années et la germination s'achève avec un temps plus long que celui des graines du type I. Ce temps excède donc quelques jours.

Nous pouvons y distinguer deux cas :

**TYPE II a.** — Où le repos s'atténue et tend à disparaître par la conservation en chambre sèche. Ce cas est présenté par beaucoup de graines ou semences de céréales, celles de *Cirsium eriophorum*, *Liappa major*, *Geum urbanum*, étudiées dans ce travail.

**TYPE II b.** — Où le repos ne s'atténue pas par la conservation en chambre sèche, quelle que soit la durée de la dessiccation. Les semences de *Thlaspi arvense*, *Matricaria inodora*, *Eupatorium cannabinum*, sont des exemples mis en évidence dans nos recherches mais on peut y ajouter de nombreuses graines à albumen : graines de diverses Umbellifères et quelques autres : *Ligustrum vulgare*, *Hedera helix*, etc.... Avec ces dernières, non seulement les germinations ne sont pas améliorées par une dessiccation prolongée mais, au contraire, leurs capacités germinatives peuvent régresser et disparaître après un temps relativement court : 3 mois, par exemple, avec celles de *Ligustrum vulgare*.

**TYPE III.** — Ce type comprend les graines dont la germination, commençant après un repos variable et s'étalant sur un temps plus ou moins long, donne une certaine proportion de *plantes aberrantes*.

Ce type se rencontre dans la germination de nombreuses Rosacées, de certaines graines à albumen (*Fraxinus excelsior*) et des graines fraîches éloignées de la maturité (*Phaseolus*, *Pisum*, etc...).

Ces trois types de germination ont inégalement attiré l'attention des expérimentateurs. Le premier, où le repos est faible, ne pose que de rares problèmes et se rattache au second par des cas intermédiaires. D'ailleurs, les graines sans albumen et fraîches d'une espèce, celles de *Pisum* par exemple, passent successivement au cours de leur évolution du Type III au Type II *b* et finalement au Type I.

Les types II *a*, II *b*, et III ont fait l'objet de travaux assez importants.

Entre la germination rapide et complète et l'inertie totale des graines, il existe donc de nombreux cas intermédiaires où l'on observe un repos plus ou moins long et la production, dans certains cas, des formes aberrantes ou de simples débuts de germination. Ces cas anormaux sont plus fréquents et plus significatifs que ne l'imaginent KISSER (55) et NEUNIKÉ (70) qui les considèrent comme de fausses germinations. Nous les avons rencontrés dans la germination de nombreuses graines fraîches immatures, de graines intoxiquées, de diverses graines à albumen : celles de *Datura Stramonium*, *Solanum nigrum*, *Fraxinus excelsior*. Elles montrent que les capacités germinatives ne s'édifient pas d'un seul coup mais progressivement, par étapes successives. D'autre part, la germination des graines fraîches de *Phaseolus*, dépouillées de leurs enveloppes, où la racine, après une phase de croissance discontinuée, passe à une germination normale, est, à ce point de vue, très suggestive.

**Facteurs internes de la germination.** — INFLUENCE DES ENVELOPPES. — L'inhibition, causée par les enveloppes : calices concrescents, péricarpe charnu ou desséché du fruit, téguments externes et internes de la graine, ne paraît pas avoir attiré beaucoup l'attention des biologistes. Nous avons montré au cours de ce travail que le repos des graines sans albumen totalement mûres et sèches de *Thlaspi arvense*, *Matricaria inodora*, *Lappa major*, *Cirsium eriophorum*, *Bidens tripartitus*, *Pirus Malus* (72 *a*), *Geum urbanum* (72 *b*), etc..., est provoqué par les diverses enveloppes.

De même nous avons signalé que les enveloppes des graines fraîches de *Pisum*, *Cucurbita*, etc., constituent, en général, un obstacle que l'embryon, même pourvu de capacités germinatives élevées, est souvent incapable de surmonter et que dans certains cas, les inhibitions sont provoquées par des tissus vivants, l'albumen de *Ligustrum vulgare* et de *Fraxinus excelsior*, qui entoure entièrement un embryon de petite taille, par les feuilles écaillées dans les bulbes d'*Allium Cepa*, d'*Allium sativum*, etc....

Nous avons montré, au cours de ce travail que ces inhibitions étaient d'origine mécanique mais nous avons vu que divers auteurs attribuent le repos des graines fraîchement récoltées à l'opposition des enveloppes vis-à-vis de la pénétration de l'oxygène et de l'élimination du gaz car-

bonique. Cette part énorme faite à la capacité respiratoire des enveloppes ou à leur imperméabilité nous paraît excessivement exagérée pour les raisons suivantes :

1<sup>o</sup> d'abord la dessiccation provoque généralement la mort des enveloppes ;

2<sup>o</sup> la diffusion des gaz est réglée par leur tension ; or, celle de l'oxygène, très forte dans le milieu ambiant (21/100 d'atmosphère), est nécessairement plus faible dans l'embryon où il est utilisé et quelques couches de cellules ne peuvent, selon toute vraisemblance, en entraver la pénétration ;

3<sup>o</sup> s'il y avait réellement déficience d'oxygène les capacités germinatives de l'embryon, mis ainsi en conditions de vie plus ou moins anaérobie et par suite soumis à l'intoxication carbonique ou même alcoolique, devraient décroître parallèlement et même s'annuler, ce qu'on n'observe nullement. Ces diverses réserves sont confirmées par nos expériences réalisées sur diverses graines : *Pisum*, *Geum*, etc..., et sur les bulbes d'*Allium Cepa* où nous avons montré que de fines perforations des téguments des graines et des écailles du bulbe ou la présence d'une atmosphère suroxygénée ne diminuent pas le repos des organes ainsi traités.

Il en résulte que les *inhibitions mécaniques sont fort répandues* et qu'elles provoquent les repos correspondant aux types de germination IIa et IIb de la classification que nous avons donnée au début de nos conclusions. Cette observation restreint singulièrement l'étendue du phénomène de repos car l'inhibition mécanique ne met aucunement en jeu les capacités intrinsèques de l'embryon, de sorte que le repos causé par les enveloppes doit être considéré comme un *repos apparent*. Il nous apparaît que le *Secondary Dormancy* des auteurs anglais est simplement provoqué par un relèvement temporaire de la résistance des enveloppes sous l'influence de divers facteurs physiques ou chimiques. Ce repos est analogue à celui que nous avons observé à la suite de l'action de l'acide sulfurique sur les akènes de *Lappa major*. Quant à la plupart des irrégularités des germinations observées dans la nature, elles sont causées par les inégales résistances des enveloppes vis-à-vis des agents destructeurs. Cette résistance paraît d'ailleurs être conditionnée par l'influence du climat lors de la maturation de la graine. En effet, nous avons montré sur les graines de *Thlaspi arvense*, *Matricaria inodora*, *Rumex obtusifolius*, etc., que l'on pouvait briser la résistance des enveloppes en immergeant les graines et semences dans l'acide sulfurique à 66° Baumé pendant un temps précis ou temps optimum. Les temps optima donnés dans ce travail ont été déterminés avec des graines ou semences récoltées pendant l'Été et l'Automne 1940 qui furent chauds et secs. Dans l'ensemble, les graines et semences récoltées dans les mêmes saisons qui furent douces et humides en 1941, nous donnèrent des temps généralement inférieurs à ceux obtenus en 1940. Ces faits tendraient à montrer qu'un climat chaud et sec renforce la résistance des enveloppes. En tous

cas, ces résultats s'opposent à ceux d'ATTERBERG (2) qui a signalé l'allongement du temps de repos par l'influence d'un climat doux et humide, mais ce fait a été contesté par TOOLE E. H. (85 b).

*Rupture des inhibitions mécaniques.* — Dans la nature, le plus souvent l'évolution des enveloppes se fait dans le sol en milieu humide où les graines sont soumises à la dégradation des moisissures et bactéries, de sorte que l'embryon se développe, après un temps variable, correspondant à l'affaiblissement de la résistance des enveloppes.

Nous avons indiqué, au chapitre des techniques, les méthodes par décoration, par sectionnement et le traitement à l'acide sulfurique concentré qui permettent d'obtenir une rupture rapide de l'inhibition mécanique. (72 c).

**INFLUENCE DE LA MATURITÉ DE LA GRAINE.** — Les techniciens agricoles admettent quasi unanimement que les graines, sauf exception, ne peuvent germer dans les délais caractéristiques de l'espèce que si elles sont mûres et dans le cas contraire, elles ne germent pas ou donnent des germinations très défectueuses. La germination serait donc liée à l'état de maturation de la graine.

Mais d'abord, quel est le critérium de la maturité ? Sans doute le volume, la densité, l'aspect de la graine, sont des caractères qui permettent, dans une certaine mesure, d'évaluer la maturité mais ils manquent incontestablement de précision.

Au cours de ce travail, nous avons montré, avec de nombreuses espèces, l'existence d'un autre critère : le taux d'imbibition que BUCHINGER A. (8 a) a considéré à tort comme un caractère mal déterminé. Très élevé dans la très jeune graine, au début de son développement : 500 à 600 %, ce taux décroît ensuite progressivement avec le développement de la graine et tend, quand la maturité totale est atteinte, vers une valeur minimum, stable dans l'espèce, peu variable au sein d'une famille ; ainsi le taux des graines de *Pisum sativum*, de *Phaseolus vulgaris*, de *Cucurbita maxima* s'élève respectivement à 95 %, 105 % et 45 %. Il est compris entre 50-55 % dans la famille des Crucifères ; il est de 54-56 % dans la famille des Rosacées où il est d'ailleurs difficilement atteint par les graines des espèces arborescentes.

Nous dirons donc qu'une graine est *totalemt mûre*, quand elle a atteint son taux d'imbibition minimum.

Nous avons vu au cours de ce travail, spécialement avec les graines de *Pisum* et de *Phaseolus*, qu'à côté de la maturité totale acquise par une végétation prolongée jusqu'à la mort de la plante-mère, il existe un autre type de maturité, obtenu par la cueillette anticipée des fruits et leur dessiccation ménagée (72 d). Dans ce dernier cas, les capacités germinatives sont élevées ainsi que la résistance aux cycles d'hydratation et de déshydratation mais le taux d'imbibition est plus élevé que celui des graines totalement mûres.

Nous avons encore montré que leur résistance aux solutions acides est

plus faible que celle des graines totalement évoluées. Ainsi se précise le *critérium de la maturité totale* : *taux d'imbibition minimum stable et résistance maximum aux solutions acides.*

Ces caractéristiques de la maturité peuvent être complétées par les résultats des essais d'immersion dans l'eau que nous avons assez fréquemment réalisés, spécialement avec les graines de *Pisum* et de *Phaseolus*. Nous avons montré, en particulier, la haute résistance et la *stabilité* des graines mûres et séchées avec ménagement. Elles maintiennent, en général, leur taux d'imbibition au travers des 3 cycles d'hydratation et de déshydratation successifs et leur poids sec diminue dans une faible proportion. Par contre, les graines immatures séchées subissent, par ces traitements, une perte très sensible de leur poids sec et leur taux d'imbibition varie assez notablement. Aussi la perte de poids élevée que nous avons observée, par exemple, dans nos essais sur les graines de *Prunus avium* et de *Prunus domestica* extraites de fruits mûrs, nous incite à les considérer comme des graines qui atteignent difficilement la maturité.

*La maturité totale est-elle indispensable à la germination ?*

Nos essais sur les graines sans albumen fraîches ou sèches nous permettent de répondre négativement. En effet, nous avons obtenu d'excellentes germinations, d'une part, avec des graines de *Pisum*, de *Phaseolus* et de bien d'autres espèces *immatures*, qui ont été desséchées lentement. Ces faits, établis depuis longtemps, se trouvent confirmés et élargis par nos recherches sur les graines fraîches sans albumen et immatures, qui nous ont régulièrement donné des germinations pouvant être considérées comme normales. C'est ainsi que nous avons montré les hautes capacités germinatives des embryons *nus et frais* de Légumineuses, de Rosacées, de Crucifères, etc... incomplètement développés. En général, leur germination n'est possible, que si le degré d'hydratation est inférieur à une certaine valeur qui varie avec les diverses espèces (400 % environ avec les graines de *Pisum*). Au voisinage de cette valeur critique, les germinations obtenues sont médiocres : les taux sont faibles, les temps de latence et de germination relativement longs et l'on observe en général des formes aberrantes présentant diverses anomalies. Ces anomalies sont identiques aux malformations observées dans la germination des graines, qui ont subi une immersion préalable dans les solutions acides étendues, et il est, alors permis de penser, en raison de cette analogie, que les jeunes graines, très incomplètement développées, sont intoxiquées.

Avec la diminution du degré d'hydratation, qui s'observe parallèlement au développement de la graine, les formes aberrantes disparaissent, les temps de latence et de germination diminuent et l'on peut considérer alors les germinations comme normales. Celles-ci sont obtenues, en général, bien avant que les graines n'aient atteint la maturité totale. Les graines de *Pisum*, par exemple, nous ont donné des germinations normales quand le taux d'imbibition devient inférieur à 250 %. Par contre, avec les Rosacées, le point critique, à partir duquel les germinations sont normales, est spécialement tardif. En général, *les meilleures germinations*

sont obtenues avec les embryons nus et frais, un peu avant la maturité totale. Le temps de latence est alors réduit au minimum, la germination très rapide, les taux très élevés atteignent souvent 100 % et les plantes obtenues évoluent éventuellement jusqu'à la fructification normale.

Les graines à albumen, qui ont achevé leur développement sur la plante-mère et ainsi acquis la maturité totale, présentent souvent un temps de latence beaucoup plus élevé que celui des graines sans albumen. Alors que la plupart des embryons nus des graines sans albumen, au maximum de leurs capacités germinatives, possèdent un temps de latence généralement inférieur à 2 jours, celui des graines à albumen, même dépouillées de leurs téguments, excède 4 jours et peut atteindre un à plusieurs mois. Toutefois, la germination optimum des graines à albumen est encore obtenue avec des graines fraîches proches de la maturité mais cet optimum ne correspond souvent qu'à des germinations relativement médiocres si on les compare à celles obtenues avec les graines sans albumen : taux relativement faibles, temps de latence et de germination relativement longs. En fait, ces graines se comportent comme les graines sans albumen plus ou moins éloignées de la maturité.

Il en résulte que, compte tenu des résultats obtenus avec les deux catégories de graines, la maturité se présente comme une condition paradoxale, qui n'est ni *nécessaire* (graines sans albumen) ni *suffisante* (certaines graines à albumen).

**INFLUENCE DE LA DESSICCATION.** — On a souvent admis que la dessiccation des graines en achevait la maturation. Nos travaux aboutissent à des *conclusions opposées*.

Nous avons montré, en effet, que la dessiccation des embryons tendait fréquemment à la diminution des capacités germinatives, par la réduction des taux et des capacités de résistance vis-à-vis de l'immersion dans les solutions acides. Il en résulte que l'amélioration *apparente* que l'on observe est due essentiellement à l'action de la dessiccation sur les enveloppes qui, en évoluant, deviennent en général friables et cassantes, parfois très rapidement, comme celles des céréales, parfois beaucoup plus lentement, comme celles de *Lappa major* et autres.

On pourrait objecter que la germination est la résultante de deux phénomènes : 1<sup>o</sup> la résistance des enveloppes ; 2<sup>o</sup> la force expansive des embryons. Le premier étant invariable, le second croîtrait avec la dessiccation et le repos. Cette explication n'est pas admissible car nous avons montré, au cours de ce travail, que les embryons nus et séchés possèdent une viabilité et, en particulier, des capacités germinatives inférieures à celles des embryons frais correspondants. Ces faits acquis avec les graines de *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*, *Cucumis Melo*, *Cucurbita maxima*, *Fraxinus excelsior* et bien d'autres, sont probablement généraux.

Cette viabilité inférieure des graines que l'on dessèche s'accompagne de modifications assez profondes qu'elles subissent, du fait de ce traite-

ment. En effet nous avons montré, avec les graines de *Pisum*, de *Phaseolus* et de diverses Rosacées, que leur *taux d'imbibition est, en général, nettement inférieur à leur degré d'hydratation, ce qui montre que la dessiccation provoque une transformation des colloïdes cellulaires.*

**FACTEURS EXTERNES.** — Nous n'avons guère étudié dans ce travail l'influence des facteurs : température, humidité, lumière, etc..., sur la germination. Nous rappellerons simplement que nous avons reconnu

1<sup>o</sup> l'influence néfaste des températures de 30-35° dans l'évolution des formes aberrantes de *Prunus avium* et de *Prunus domestica* ;

2<sup>o</sup> la pénétration difficile de l'eau dans certaines semences, celles de *Lappa major* par exemple ;

3<sup>o</sup> que, contrairement aux observations de ШУСК, les graines de Tomate sectionnées à une extrémité germent normalement et leur germination n'est pas influencée par la lumière comme le pense cet auteur. Il faut donc supposer que la lumière serait capable de réduire la résistance des enveloppes.

**Repos réel des graines, tubercules, bulbes, etc....** — En fait, le repos dû aux enveloppes n'est qu'un repos *apparent* car il disparaît avec l'élimination des enveloppes qui masquent les capacités germinatives des embryons.

Nous appelons, par contre, repos *réel* le repos présenté par les embryons nus ou autres organes placés, dans les conditions germinatives optima du milieu ambiant. En réalité beaucoup de cas de repos, comme nous l'avons montré, ne sont qu'apparents et nous n'avons rencontré, dans nos recherches sur les graines sans albumen, de repos réel qu'avec les embryons de certaines Rosacées arborescentes : *Prunus avium*, *Prunus domestica*, *Prunus Persica*, etc..., et les embryons immatures. Mais les cas de repos réel sont assez nombreux avec certaines graines à albumen, celles de nombreuses Ombellifères : *Daucus Carota*, *Pimpinella saxifraga*, *Heracleum Spondylium*, etc.... On l'observe enfin dans la germination des bulbes, tubercules et rhizômes.

Nous avons essayé de réduire ce repos par divers procédés :

1<sup>o</sup> **TRAUMATISMES.** — Nous avons montré, dans la germination de *Phaseolus*, de *Pisum* et de diverses Rosacées, que les traumatismes ont une influence nettement stimulante en raccourcissant les temps de latence et de germination. Nous ferons remarquer que les plantes obtenues avec des embryons *fraîs* aux cotylédons sectionnés et raccourcis sont absolument normales, bien que leur taille soit plus faible en raison de la disparition d'une partie des matières de réserve. Ces résultats semblent s'opposer à ceux obtenus par BUCHINGER (8 b) avec des graines de *Pisum séchées*. Nous avons toute raison de penser, que les formes aberrantes qu'il signale, résultent d'une intoxication des graines, peut-être par l'infection des parties lésées.

2<sup>o</sup> **IMMERSION DANS L'EAU.** — Nous avons obtenu de très nets rac-

courcissements des temps de repos par des immersions dans l'eau de 24 à 48 heures et ce traitement nous a paru de loin le plus efficace et le plus général.

Nous avons obtenu une réduction notable du temps de repos :

1° avec les graines fraîches immatures de *Pisum sativum* et de *Phaseolus vulgaris* ;

2° avec les graines de Rosacées de *Prunus avium*, de *Prunus domestica*, de *Pirus Malus* ;

3° avec les graines à albumen de *Ligustrum vulgare*, de *Pimpinella saxifraga*, de *Fraxinus excelsior*, etc... ;

4° avec les bulbes tuniques d'*Allium Cepa*, d'*Allium ascalonicum*, d'*Allium sativum* ;

5° avec les tubercules de *Solanum tuberosum*.

Par contre et ceci explique peut-être les résultats contradictoires obtenus par CHIPPENDALE et LINCHAN, l'immersion de 24 heures ou plus a une influence retardatrice sur la germination des graines sèches arrivées à maturité totale. De nombreux traitements, préconisés par divers auteurs : stratification dans la terre humide, dans la tourbe par HILKENBAÜMER (45), en cuvette humide, etc..., ne sont que des variantes du procédé à l'immersion dans l'eau.

3° IMMERSION DANS DIVERSES SOLUTIONS. — Nous avons obtenu ainsi de nombreux exemples de stimulation. Avec les tubercules de pommes de terre nous avons utilisé avec succès le sulfure d'ammonium, le trésyl et surtout l'acide chlorhydrique à faible concentration (en moyenne  $5/10^4$ ).

Avec les graines, nous avons rapporté dans ce travail de nombreux cas de stimulation par les solutions d'acide chlorhydrique, de permanganate de potasse, de soude et de sulfate ferreux, à faible concentration c'est-à-dire inférieure à  $5/10^4$ . Nous avons signalé, en particulier, que ces deux dernières solutions provoquent la disparition des formes aberrantes des Rosacées et de nettes stimulations dans la germination des embryons frais de *Pisum*, de *Phaseolus* et de *Pirus Malus*.

Par contre, d'autres auteurs cités par PFEFFER (74) et plus récemment LA ROTONDA (62 a) et 78 b) ont montré, et nos travaux confirment ce point, qu'au-delà d'une certaine concentration, l'influence d'abord favorable devient défavorable c'est-à-dire toxique. La toxicité est l'aspect complémentaire de la stimulation ; tous deux ne sont que des degrés différents du même phénomène et nos résultats confirment nettement la « loi » de HUEPPE (47). La toxicité se manifeste d'abord par un retard à la germination puis, à un degré plus élevé, par des anomalies dans le développement des plantules et enfin la destruction des diverses parties de l'embryon, en commençant par la racine.

Bien que la comparaison de la toxicité d'espèce à espèce soit délicate, elle devient possible, si l'on opère dans des conditions que nous avons

indiquées au chapitre des techniques et si, on opère avec des embryons nus car les enveloppes des graines, qui possèdent une perméabilité variable d'une espèce à l'autre et fixent inégalement les ions toxiques, élèvent inégalement la résistance réelle des embryons. Nous avons démontré ce fait avec de nombreuses espèces : *Lappa major*, *Bidens tripartitus*, *Cucumis Melo* et diverses Crucifères. La méthode par décortication, malheureusement, n'est guère utilisable avec beaucoup de graines de faible volume. D'autre part, la méthode par sectionnement ne libère pas entièrement l'embryon qui se trouve encore largement protégé. Mais dans les cas (*Phaseolus*, *Pisum*, *Cucumis Melo*) où nous avons pu comparer la résistance des embryons nus vis-à-vis des solutions chlorhydriques, par exemple, nous avons constaté que :

1° pour une espèce déterminée, la résistance croît avec le degré de développement des embryons, passe par un maximum aux approches de la maturité et décroît légèrement avec la dessiccation opérée au moment où s'achève la maturation. La résistance maximum paraît donc réalisée quand les capacités germinatives sont elles-mêmes maxima, ce qui fournit un moyen indirect d'évaluer les capacités germinatives des graines ;

2° la résistance, toutes autres conditions étant égales, décroît des embryons nus et frais, aux embryons secs et finalement aux embryons séchés puis trempés pour leur faire acquérir sensiblement leur imbibition totale. On pourrait supposer que les graines séchées et ainsi trempées ont une capacité d'imbibition, vis-à-vis des ions toxiques, plus élevée que les graines fraîches. Il n'en est rien ainsi qu'en témoigne les mesures du  $P_{II}$  des solutions acides où les graines sont immergées. Comme nous l'avions montré, toutes autres conditions étant égales, les graines fraîches de *Phaseolus*, par exemple, fixent les ions hydrogènes plus énergiquement que les graines séchées puis trempées dans l'eau jusqu'à saturation ;

3° la résistance varie d'une espèce à l'autre. Ainsi les graines de *Pisum* et les graines de Légumineuses sont plus résistantes que celles des Crucifères.

REMARQUE. — Les embryons de Rosacées arborescentes présentent, ainsi que nous l'avons vu, une susceptibilité très élevée, vis-à-vis des solutions chlorhydriques qui les tuent, en général, à partir de la concentration de  $0,5/10^4$ . Ce fait confirme notre conclusion antérieure que les graines et semences de ces plantes sont souvent loin d'avoir acquis la maturité totale lorsque le fruit est mûr.

4° La toxicité varie naturellement pour une substance déterminée avec la concentration de la solution, à partir de la concentration critique qui marque le passage de la stimulation à la toxicité.

5° Elle varie aussi avec la substance dissoute. L'acide chlorhydrique et les acides, le sulfate de cuivre, les arsénates et arsénites sont spécialement toxiques puis les bases et enfin à un degré moindre de nombreux sels.

Parmi les sels, nous avons étudié l'action du sulfate ferreux et du

sulfate de cuivre. La toxicité du sulfate ferreux apparaît en général pour des concentrations comprises entre  $1/10^3$  à  $5/10^3$ , à condition qu'il soit fraîchement préparé. Quelques temps après sa préparation, son activité diminue parallèlement à sa transformation en sulfate ferrique. Avec les graines de *Sinapis arvensis*, nous avons remarqué la faible toxicité de beaucoup de sels, ce qui tend à montrer la faible toxicité de la plupart des ions métaux et des radicaux acides  $SO_4...$   $NO_3...$ , etc.... Par contre, les sels possédant des propriétés réductrices ( $SO_4Fe$ ,  $SO_3NaH$ ) ou des propriétés très oxydantes ( $Cr_2O_7K_2$ ), sont en général, beaucoup plus actifs. Les ions AS et Cu possèdent une toxicité très élevée, aussi élevée que celles des acides et des bases. L'acide chlorhydrique et la soude, dont les ions Cl et Na sont très faiblement toxiques, agissent par leurs ions H et OH qui possèdent de hautes facultés de pénétration et modifient les phénomènes d'oxydo-réduction dont l'embryon est le siège. Quant aux ions AS et Cu, ce sont probablement des poisons des protéines protoplasmiques.

Ainsi que nous l'avons montré, en particulier, dans notre étude sur l'action du sulfate de cuivre sur les graines de *Lepidium sativum*, les membranes protègent énergiquement l'embryon en fixant l'ion Cu. Nous avons plus récemment reconnu que ce fait est général car la plupart des enveloppes de graines verdissent et restent vertes malgré lavage après l'immersion dans le sulfate de cuivre. Mais, nous avons montré que dans le cas où l'action toxique du sulfate de cuivre est insuffisante pour entraver totalement la germination, l'on observe ultérieurement un certain retard à la germination. En général, les graines ainsi traitées s'entourent sur le coton d'une auréole verdâtre qui montre que les enveloppes cèdent au moins une partie du cuivre fixé, phénomène qui conduit en général à une intoxication secondaire de l'embryon en voie de développement et à des germinations assez mauvaises.

Beaucoup d'expérimentateurs, dans leurs recherches sur la toxicité et sur la stimulation, n'ont pas fait la part des enveloppes ; aussi nous paraît-il indispensable de faire des réserves sur la valeur de leurs conclusions et sur la valeur stimulante ou retardatrice des traitements expérimentés qui n'influent peut-être que sur la résistance des enveloppes.

En résumé, on peut donc classer les substances étudiées :

1° les substances très toxiques sont celles qui agissent à une concentration très faible (inférieure à  $1/10^3$ ) exemple :  $SO_4Cu$ , HCl, etc... ;

2° les substances moyennement toxiques sont celles qui agissent aux concentrations de  $1/10^3$  à  $1/10^2$  ( $SO_4Fe$ , etc...) ;

3° les substances peu toxiques exigent, pour manifester leur influence, des concentrations supérieures à 1 % (Hyposulfite de soude, etc...).

Quant aux jeunes plantes en développement, nous avons montré avec *Sinapis arvensis*, *Lepidium campestre* et *Solanum nigrum* que la résistance aux solutions acides étendues (HCl) passe par des alternatives

d'exaltation et de dépression en rapport avec les phénomènes de croissance et les phénomènes de nutrition.

Par ailleurs, sur des jeunes plantes développées à l'obscurité et sur coton imbibé d'eau distillée, nous avons montré l'existence d'une résistance constante jusqu'aux approches de la mort obtenue par l'inanition et que nous avons appelée **résistance de base**, caractéristique de chaque espèce. Nos recherches tendent également à démontrer que cette résistance varie assez peu avec les plantes de la même famille : de 30 min. à 1 heure dans la famille des Crucifères ; de 2 h. à 2 h 1/2 dans la famille des Polygonées, etc.... La notion de résistance de base semble donc présenter un gros intérêt théorique et pratique.

**Complexité du repos réel.** — La germination comprend une succession de phénomènes complexes se conditionnant réciproquement et conditionnée par ailleurs par les facteurs externes et internes. Cet ensemble constitue suivant l'expression de TOOLE (85 b) un « puzzling physiological problem ».

Quels sont les rapports du repos avec les trois phénomènes caractéristiques de la germination ?

- 1° la digestion des réserves,
- 2° les phénomènes de transport,
- 3° la synthèse des jeunes tissus.

Il est bien évident que le repos correspond à la nullité ou seulement à la déficience de l'un de ces phénomènes. Aussi les types de repos réels peuvent-ils être dissemblables suivant qu'ils proviennent de l'un ou de l'autre.

**La différenciation de l'embryon, la polarité morphologique et la germination.** — La germination de la graine, ne peut se déclencher que lorsque l'embryon a atteint un développement suffisant. A ce point de vue, l'état de différenciation de l'embryon des graines, qui ont achevé leur évolution sur la plante-mère, est très variable. Dans celle de *Phaseolus*, par exemple, l'embryon avec ses cotylédons énormes, gorgés de matières nutritives, et ses premières feuilles nervurées, constitue le type de la graine ultra-différenciée. Ce cas est celui de beaucoup de Dicotylédones. Dans la mesure où leurs téguments ne sont pas résistants la germination y est très rapide, et il n'y a pas de repos réel avec ces graines sauf avec certaines Rosacées arborescentes, mais nous avons vu qu'il faut considérer celles-ci comme des graines nettement immatures qui, souvent d'ailleurs, ont conservé une partie de leur albumen.

Beaucoup d'embryons de graines à albumen, possèdent des cotylédons mais la gemmule est souvent embryonnaire (*Alisma plantago*, *Hedera helix*, etc...). L'embryon de certaines Renonculacées et Joncées, est encore plus faiblement différencié et l'embryon des graines de plantes parasites ou infectées par des champignons (*Orobranche*, *Cuscuta*, *Orchidées*) n'est formé que par un massif de cellules. Parallèlement avec

*l'affaiblissement de la différenciation, les capacités germinatives reculent tandis qu'apparaît un repos de plus en plus long qui exige pour être rompu, dans les graines d'Orchidées, l'intervention d'un agent exceptionnel : les champignons symbiotiques.*

En résumé, les graines aptes à germer contiennent d'une part, des tissus riches en matières de réserves formés de cellules incapables de se diviser, pauvres en protoplasme, qui constituent le *pôle trophique* et d'autre part, l'axe embryonnaire formé de tissus jeunes constitués par des cellules actives capables de se diviser, pauvres en matières de réserves mais riches en protoplasme. C'est le *pôle cinétique*. C'est une véritable polarité morphologique que l'on retrouve même dans les graines d'Orchidées où *l'attaque des champignons provoque l'apparition du pôle trophique.*

**Polarité physiologique. — Polarités physico-chimiques.** — La question de la polarité végétale est un chapitre de la physiologie à peine ébauché.

DAVID (20) a montré la résistance inégale des plantules vis-à-vis des températures élevées, en particulier la grande sensibilité de la racine vis-à-vis de cet agent physique et nous avons signalé, au cours de ce travail, que l'axe embryonnaire des graines sans albumen est beaucoup plus hydraté que les cotylédons tandis que l'embryon des graines à albumen présente un degré d'hydratation notablement plus élevé que celui de l'albumen. Cette disparité dans l'hydratation a été confirmée par nos recherches sur les bulbes et tubercules de sorte que l'on peut parler, dans un organe de reproduction, d'une véritable « *polarité hydrique* ».

D'autre part, avec les plantules de *Pisum* et de *Phaseolus* nous avons montré l'existence, vis-à-vis des solutions très étendues, d'une sensibilité qui décroît de la racine à la tigelle puis aux cotylédons, identique à celle signalée par David vis-à-vis des températures. Ces faits semblent confirmer l'existence d'une polarité physiologique.

*Y a-t-il dans la plante une polarité physico-chimique ?*

C'est l'opinion de F. WENT (92) à laquelle nous nous rallions. C'est ainsi que nous avons nous-même observé que de jeunes racines trempées dans des solutions très étendues de permanganate de potasse, se colorent nettement en noir par un dépôt d'oxyde de manganèse alors que la tigelle ne se colore pas ce qui traduit le caractère nettement électropositif de la racine par rapport à la tige.

*A la polarité morphologique s'associent donc des polarités physiologiques et physico-chimiques.*

Nous n'avons que peu d'indications sur la nature de ces polarités. La polarité chimique est sans doute due, comme le pense WENT, à une inégale répartition des produits acides. Ceci semble corroboré par nos recherches qui ont montré l'influence des acides à faible concentration, comme stimulant de la germination, sur l'apparition de diverses malformations de croissance : boursoufflures, fusion des radicelles. Parmi ces substances acides, on peut vraisemblablement faire une part aux auxines

qui jouent un rôle élevé dans les phénomènes de croissance, dans les phénomènes de fasciation ainsi que l'a montré TUSCHOVA et selon EISCHMICH, dans l'induction de la polarité-tige ou de la polarité-racine dans les bourgeons.

Il est impossible de fixer, avec précision, le rôle des diverses polarités dans le phénomène de la germination. Elles doivent intervenir selon WENT dans les phénomènes de transport. Nous ferons simplement remarquer qu'elles sont, *à priori*, nécessaires car il ne peut y avoir de manifestation d'énergie sans polarité, que le transport des ions, des radicaux ou des micelles requiert nécessairement une polarité électro-chimique, que l'eau et les substances dissoutes non ionisées circulent comme conséquence des inégalités de concentration qui constituent une véritable polarité physico-chimique.

*Quel est alors le rôle des divers traitements ?*

1<sup>o</sup> KOBLET (58 b) avec les graines de *Pirus Malus*, DENNY (23), MILLER (67 a et b) et GUTHRIE (36) sur les tubercules de *Solanum tuberosum*, ont observé, le premier après exposition des embryons aux basses températures, et les autres expérimentateurs cités, après traitement à l'éther ou à divers produits sulfurés, une notable élévation des capacités diastasiques des organes traités. Mais ces résultats ne nous permettent pas de généraliser. Il est toutefois possible et même probable que les traitements dont nous avons reconnu l'efficacité, soient générateurs de diastases.

PICARD (76) étudiant l'influence de l'éther sur la cellule a observé la transformation du cytoplasme hyalin en un cytoplasme granuleux, c'est-à-dire un « vieillissement » cellulaire qui a pour corollaire une élévation de la perméabilité et les travaux classiques d'OSTERHOUT, d'IRWIN, etc..., ont nettement montré que les agents chimiques, les traumatismes, etc... *augmentent la perméabilité cellulaire*. Nous pensons donc que les traitements chimiques, les traumatismes, l'immersion dont nous avons usé, en augmentant la perméabilité des cellules, favorisent le transport des substances solubles.

3<sup>o</sup> Quant aux bases : soude, hydrate ferreux qui provient de l'hydrolyse du sulfate ferreux, et aux acides, ils interviennent sans doute en outre dans la polarité chimique des embryons qui doit influencer, directement ou indirectement, les phénomènes de transport et de perméabilité.

Nous pensons, que dans la mesure où *la notion de polarité s'affirmera et se précisera il sera alors aisé de déterminer les caractéristiques définissant les divers moments critiques de la germination et de préciser l'influence des divers traitements stimulants*.

Sans doute nous n'avons pas apporté une solution totale au problème du repos, mais nous pensons qu'après l'avoir précisé, nettement localisé, et rattaché à un des grands faits biologiques : la polarité, il se trouve alors dans un plan où par de nouvelles recherches que nous pensons entreprendre, l'on peut songer à de nouveaux et sérieux progrès de nos connaissances.

---

Planche I

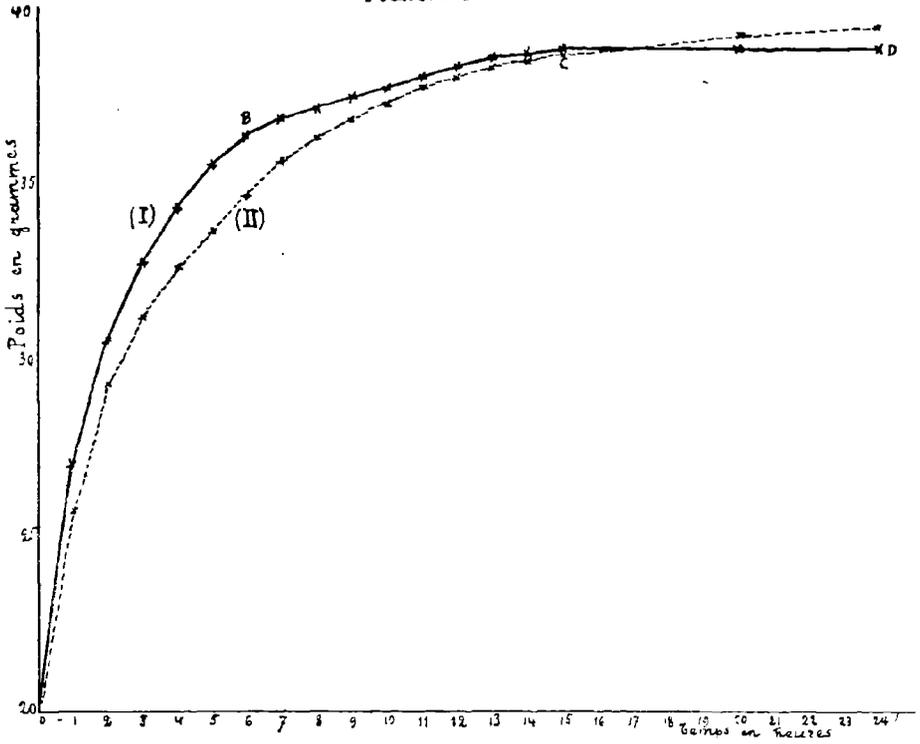


Planche II

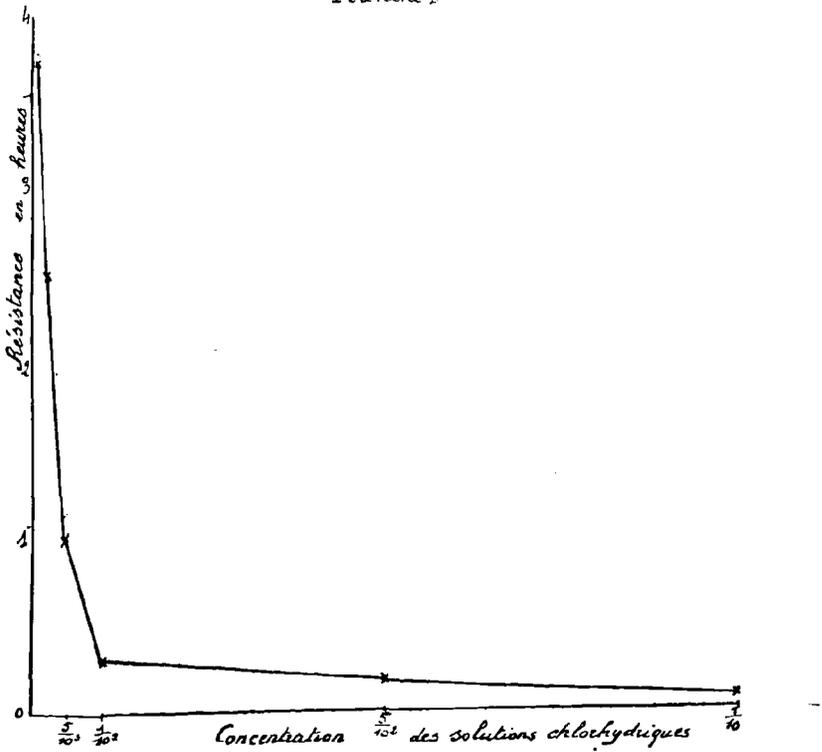


Planche III

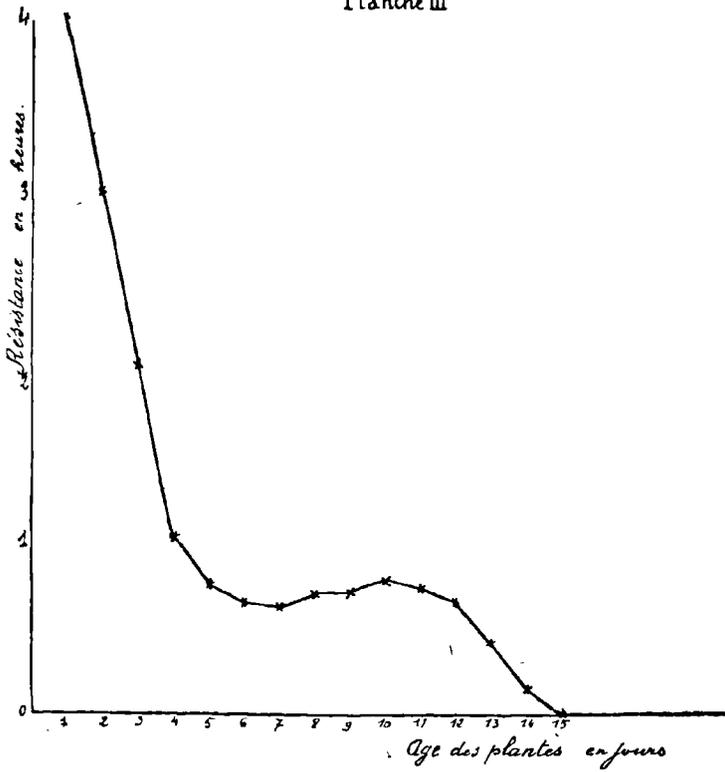
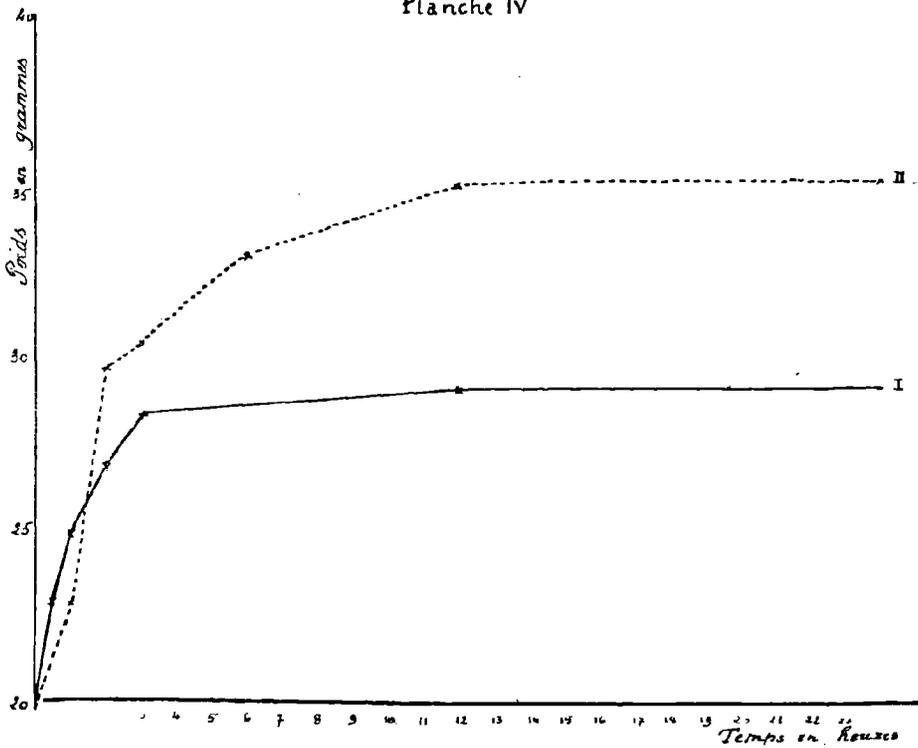


Planche IV



## BIBLIOGRAPHIE

1. ANDERSEN (A. M.), The effect of carbon dioxide and some others gases on the germination of *Poa compressa*, *Americ. Journ. Bot.*, **20**, 678-679, 1933.
2. ATTERBERG (A.), Die Nachreife des Getreides, *Landw. vers. stat.*, **67**, 129-143, 1907.
3. BARTON (L. V.), a) Hastening the germination of some coniferous, *Americ. Journ. of Bot.*, **83**, 1933 ;  
b) Dormancy in Tilia seeds, *Cont. Boyce Th. Inst.*, **6**, 69-83, 1934.
4. BERMER (J.), Thiamin (vit. B<sup>1</sup>) and the growth of roots, *Americ. Journ. Bot.*, 1938.
5. BITTERA (N. V.) & GRÜBER (F. B.), Zur Frage der Keimfähigkeit bei der Grassamenkultur, *Pflanzenbau*, **13-6**, 235-240, 1935.
6. BOKORNY (Th.), *Chem. Ztg.*, **29**, 120, 1, 1905.
7. BRUTTINI, *Chem. Ztg.*, **1**, 62, 1895.
8. BUCHINGER (A.), a) Welche Fragen auf dem Gebiete der Saugkraftbestimmung bedürfen noch einer weiteren Prüfung, *Mit. der int. Mitt.*, p. 479, 1934.  
b) Keimung mit eigenartig yerletzten Samen, *Mitt. int. Verein. für Samenkont.*, vol. **9**, n° 1, p. 153, 1937.
9. BURKILL (I. H.), An experiment upon the polarity of the tuber of *Taminus communis*, *Proceed. Linn. Sc. London*, 1931-1932.
10. CHAUVAUD, Moyen d'assurer et de rendre très hâtive la germination des graines de la vigne. *C. R. A. S.*, **118**, 211, 1894.
11. CHIPPENDALE (H. G.), The effect of soaking in water in the seeds of *Dactylis glomerata*, *Ann. Bot.*, **47**, n° 183, 841-849, 1933.
12. CLARK (J. F.), On the toxic properties in some copper compounds with special reference to the Bordeaux mixture, *Bot. Gaz*, **33**, 1902.
13. CLARTH (W. G.), Electrical polarity and auxines transport, *Plant. Physiol.*, 1937.
14. COUPIN, a) Sur la toxicité des sels de cuivre à l'égard des végétaux supérieurs, *C. R. A. Sc.*, **127**, 1898 ;  
b) Sur la sensibilité des végétaux supérieurs à des doses très faibles de substances toxiques, *C. R. A. S.*, **132**, 1901.
15. CROCKER (W. M.), Mechanics of dormancy in seeds, *Am. Jour. Bot.*, **3**, 99-120, 1916.
16. CROCKER (W.) & BARTON (L. V.), Afterripening, germination and storage of certain Rosaceous seeds, *Cont. Boyce Thomps. Inst.*, **3**, 385-404, 1931.
17. CROCIONI (A.), Sull'azione stimolante di alcune sostanze usate nella disinfezione del grano da semento, *Nuovi Ann. dell' agric.*, **14**, 2, 1934.
18. CZAJA (A. Th.), Polarität und Wuschstoff, *Berl. Bot. Gesell.*, 152-177, 1935.
19. CZAPEK (T.), *Biochemie der Pflanzen*, p. 163-210, 1922.

20. DAVID (R.), Existe-t-il un gradient axial chez les graines ? *Compt. rendus Soc. Biol.*, 3 juin 1939, t. **131**, 421, 1939.
21. DAVIS (W. E.), a) Primary dormancy, afterripening and the development of secondary dormancy in embryos of *Ambrosia trifida*, *Am. Journ. Bot.*, **17**, 58-76, 1930 ;  
b) The development of dormancy in seeds of Cocklebur, *Amer. Journ. of Bot.*, **17**, n° 77, 1930.
22. DAVIS (W. E.) & ROSE (R. C.), The effect of external conditions upon the afterripening of the seeds of *Crataegus mollis*, *Bot. Gaz.*, **54**, 49-62, 1912.
23. DENNY (F. E.), Sucrose and Starch change in potatoes treated with chemicals that break the rest periode, *Amer. Journ. Bot.*, **17**, 806, 1930.
24. DEHERAIN & DEMOUSSY, *Comp. rendus*, **132**, 532, 1901.
25. EGOROVA, Matériaux pour la connaissance de la germination des graines, *Ann. essais de semences Jard. Bot. pour l'U.R.S.S.*, fasc. **2**, 58-63, 1930.
26. EISCHMIGH, Weitere Versuche über die Bedeutung der Wuchsstoff für adventivspross und Wurzelbildung, *Berl. der deuts. Bot. Gesell. Band.*, **57**, Helt 3, 122, 1939.
- 26 bis. FLEISHER, Beiträge zur Lehre von den Keimen der Samen ökonomischer Pflanzen, Stuttgart, 1851.
27. FABBRI (A.), Action du chlorure de sodium sur la germination des graines, *Ann. de techn. Agric.*, **3**, p. 203, 1932.
28. FLEMION (F.), Breaking the dormancy of *Crataegus species*, *Cont. Boyce Thomps Inst.*, 409, 1938.
29. FLINT (L. H.), Sensitivity of dormant lettuce seed to light and temperature, *Journ. Wash. Acad. Sc.*, **25**, 95-96, 1935.
30. FRANK (B.) & KRÜGER (F.), *Berl. bot. Gesell.*, **12**, 8, 1894.
31. GADD (I.), Ueber Methoden zur Hebung mangelnder Keimreife in der Samenkontroll Arbeit, *Mitt. intern. Verein. für Samenkontrolle*, vol. **2**, 96-107, 1939.
32. GAIN (E.), *Compte rendu Ac. des Sciences*, t. **174**, p. 1557, 1922.
33. GEIGER (M.), Beitrag zur Kenntniss der Physiologie keimender Samen, *Jahr. wiss. Bot.*, **69**, 331-356, 1918.
34. GIERSBACH (J.), Germination and seedling production of *Arctostaphylos Uva-ursi*, *Cont. Boyce Thomps Inst.*, **9**, 71-78, 1937.
35. GILL (N. J.), The viability of wedseed at various stage of maturity, *The annals of applied Biol.*, vol. **25**, n° 3, 1938-5, 447-450, 1938.
36. GUTHRIE (J. D.), Effect of chimal treatments of dormant potato tubers on the conductivity of the tissus, *Cont. Boyce Thomps Inst.*, **5**, 83-94, 1933.
37. HARRINGTON (G. T.), Forcing the germination of freshly harvested wheat, *Journ. ag. res.*, **23**, 79-100, 1923.
38. HARRINGTON (G. T.), & HITE (B. C.), Afterripening and germination of apple seeds, *Journ. agric. Resarch*, **23**, 153-161, 1923.
39. HASSELBRING (H.), The effect of hot water treatment on the carbohydrate changes in Narcissus bulbs during storage, *Plant. physiol.*, **7**, 145-154, 1931.
40. HEALD, On the toxic effect of dilute solutions of acids and salts upon plants, *Bot. Gaz.*, **22**, 1896.
41. HEINISCH (O.), Die Bestimmung der Keimfähigkeit physiologisch unreifer Gerste, *Wochensch. für Brauerei*, **50**, 305-308, 1933.

42. HEINISH (O.), Der Einfluss des Klimas auf der Dauer der Keimreifung von Zweizeiliger Sommergerste, *Zeitschr. für Züchtung. Reihe A. Pflanzenzücht.*, vol. **21**, n° 4, 451-465, 1937.
43. HEINRICH, Der Einfluss der Lagerbedingungen auf frisches Getreide, *Landw. Vers. Stat.*, **90**, 68-112, 1917.
44. HILL (A. W.), The methods of germination of seeds enclosed in a stony endocarp, *Ann. of Bot.*, 1933.
45. HILKENBAUMER (F.), Versuche zur Behebung des Keimverzugs bei steinobst-samen und zur Klärung seiner Ursache, *Landw. Jahrb.*, **82**, 883-924, 1936.
46. HOTTER (E.), Ueber die Vorgänge bei der Nachreife von Weizen, *Landw. Vers. stat.*, **40**, 356-364, 1892.
47. HUEPPE (F.), *Naturwiss. Einführ.* in die Bact., p. 55, 1896.
48. JACOBI, Untersuchungen über die Wirkung des Ultra-violetten Lichtes auf die Keimung und Wachstum, *Beitrag. z. Biol. der Pflanz.*, **16**, 405-458, 1928.
49. JOSEPH, Germination and vitality of birch seeds., *Bot. Gaz.*, **87.**, 125-151, 1923.
50. KAHLBERG & TRUE, On the toxic action of dissolved salts and their electrolytic dissociation, *Bot. Gaz.*, **22**, 1896.
51. KAMENSKY (K. W.), Ueber die Einfluss von Frost auf die Keimfähigkeit von Rotkleesamen, *Mitt. der int. Ver. für Samenkont.*, p. 246, 1931.
52. KALITAJEV (V. V.) & GRISCHENKO (A. P.), Ueber die Brauchbarkeit der zerschlagenen Weizenkörner als Saatgut, *Mitt. der int. Verein. für Samenkont.*, vol. **9**, n° 2, 185-205, 1937.
53. KIENITZ, *Bot. Cent. Bl.*, p. 52, 1880.
54. KINZEL, Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Keimungslichtharte Samen, *Berl. deut. Ges.*, **25**, 269-276, 1907.
55. KISSER (J.), Kritische Betrachtungen über das Wesen und den Begriff der Samenkeimung, *Bot. Cent. Blatt.*, **52**, 534-548, 1934.
56. KISSER (J.) & LORENZ (M.), Die Wirkung von Reizchemikalien auf die Keimung bedingungen, *Gen. Jahrb. für wiss. Bot.*, Bd **78**, Helt 5, 665-750, 1933.
57. KISSER (J.) & POSSNIG (T.), Untersuchungen über den Einfluss gehemmter und geförderter Sauerstoffatmung auf die Samenkeimung, *Beiträge zur Biol. der Pflanz.*, **20**, 77-104, 1932.
58. KORBLET (R.), a) Ueber die proteolytische Aktivität von *Weymouthskiefer* und Weizensamen unter besonderer Berücksichtigung des Einfluss der Vorkühlung, *Mitt. der int. Verein. für Samenkont.*, vol. **9**, n° 2, 228-253 ; 1937 ;  
b) Untersuchungen über die Keimung von kernobst-samen, *Mitt. der intern. Verein. für Samenkont.*, vol. **9**, n° 1, 82-129, 1937.
59. KÖCKEMANN (A.), a) Ueber eine Keimungshemmende substance in fleischigen Früchten, *Berl. der. bot. Gesell.*, **8**, 523-526, 1935 ;  
b) Zur Frage der keimungshemmenden Substanzen in fleischigen Früchten, *Beihelt Bot. Cent. Blatt.*, Abt. A, **1**, 191-195, 1935-1936.
60. KUHN (E.), Dunkelkeimer und Substrat, *Berl. deut. bot. Ges.*, **34**, 369-386, 1916.
61. KOSAKA (H.), Ueber die Einfluss der Frucht auf die Samenreife bei einigen Kulturpflanzen, *Journ. dep. agric.*, 1924.

62. LA ROTONDA (C.), a) Faculté germinative et concentration hydrogénionique, *Ann. di tecn. agr.*, **1**, 63, 1928 ;  
b) Faculté germinative et concentration hydrogénionique avec la grosseur des graines, *Ann. di techol. Agr.*, **3**, 1930.
63. LEHMANN (E.), Zur Keimungsphysiologie und Biologie von *Ranunculus scleratus* und einigen anderen Samen, *Berl. deut. bot. Ges.*, **27**, 476-494, 1909.
64. LINCHAN (P. A.), Does pre-soaking accelerate laboratory germination in *Dactylis glomerata*? *Proceed. int. seed test. Assoc.*, n° **1**, p. 42-45, 1936.
65. MAZÉ, *Comp. Rendu A. Sc. Paris*, 1910.
66. MAÏER (W.), Das Keimungsphysiologie Verhalten von *Phleum pratense*, *Jahrbuchwis. Bot.*, **78**, 1-42, 1933.
67. MILLER (L. P.), a) Effect of various chemical on the sugar content, respiration rate and dormancy in potato-tubers, *Cont. Boyce Thomps. Inst.*, **5**, 213-234, 1933 ;  
b) Effect of sulphur compounds in breaking the dormancy of potato-tubers and in inducing changes in the enzyme activities of treated tubers, *Cont. Boyce Thomp. Inst.*, **5**, 29-81, 1933.
68. MUNERATI (O.), a) Existe-t-il une surmaturation chez les céréales récemment récoltées ? *C. R. Acad. des Sc. Paris*, **181**, 1081-1083, 1925 ;  
b) Sur le mécanisme de la germination du blé en gerbe, *Compte rendu Soc. Biol. Paris*, **3**, 552-554, 1931.
69. NAEGELI, Oligodynamische Erscheinungen in lebenden Zellen, *Denksch. der schwe. nat., Gesel.*, 1893.
70. NEUNIKE, Untersuchungen über falsche Keimungen von *Phacelia Tanacetifolia*, *Benth. Planta*, **14**, 310-343, 1931.
71. NIETHAMMER (A.), Stimulations Probleme in Zusammenhang mit den inneren Faktoren die die Keimung bedingen, *Beitrag z. Biol. der Pflanz.*, **16**, 267-349, 1928.
72. NIHOUS (M.), a) Considérations sur le repos des Semences de quelques Rosacées, *Comp. Rend. Soc. Biol.*, t. **132**, n° 23, 106, 1939 ;  
b) Germination de la semence de *Geum urbanum*, *Comp. Rend. Soc. Biol.*, t. **131**, n° 25, 499, 1939 ;  
c) Repos réel et repos apparent des graines et semences, *Comp. Rend. Ac. des Sciences (Paris)*, tome **212**, 927-929, 1941 ;  
d) Capacités d'imbibition chez les graines aux divers stades de leur développement et leur signification biologique, *Comp. Rend. Soc. Biologie* t. **136**, p. 250-252, 1942 ;  
e) Capacité d'imbibition chez les graines et semences mûres, *Comp. Rend. Acad. Sciences Paris*, t. **214**, p. 565-567, 1942.
73. NOBBE, *Samenkunde*, p. 269, 1875.
74. PFEFFER W., *Physiol. végét.*, t. **2**, p. 333-355, 1912.
75. PRILLEUX, *Bull. Soc. bot. Fr.*, **25**, 1878.
76. PICARD, Action de l'éther et du chloroforme sur la structure de la cellule végétative, *Thèse pharmacie*, 1933
77. RAULIN, *Ann. Sc. Nat. (5)*, **11**, 91, 1869.
78. RATT (A.), Tomatiseemnete idanemiswoine seoses tomatite welmimisega agr., n° **10**, 1935, Tartu Estland.
79. ROBBINS (W. J.) & SCHMIDT (N. B.), Growth of excised roots of tomat, *Bot. Gaz.*, **99**, 671-728, 1938.

80. RUFZ de LAVISON, Recherches sur la pénétration des sels dans le protoplasme et sur la nature de leur action acide, *Ann. Sc. nat. Bot.*, **14**, 1911.
  81. SCHADE (R.), Austreiben der Zwiebel von *Allium Cepa* in Zuzolge von Wasseraufnahme nach Verletzung, *Biol. der Pflanz.*, **15**, 117-125, 1927.
  82. SCHRANITZ (F.), Beiträge zur Analyse der pflanzlichen Polarität. Beih. z., *Bot. Cent. Blatt.*, 520-530, **36-37**.
  83. SHUCK (A. L.), a) The Formation of a growth inhibiting Substance in germinating lettuce seeds, *Proceed. int. seed. test. Assoc.*, vol. **7**, p. 9, 1935 ;  
b) The Germination of secondary dormant tomato-seeds and their formation, *Proceed. int. seed test Assoc.*, vol. **8**, n° 2, 136-157, 1936.
  84. SIGMUND, *Landw. Vers.*, **47**, **1**, 1896.
  85. TOOLE (E. H.), a) Progress report on the germination of dormant wheat *Proc. assoc. of Seed analysts N. A.*, 80-83, 1923 ;  
b) Physiological Problems involved in seed-dormancy, *Proceed. int. seed test Assoc.*, vol. **8**, n° 1, 33-41, 1936 ;  
c) Observations on the germination of freshly harvested Timothy seed, *Proc. int. seed test. Assoc.*, vol. **2**, n° 2, 119-139, 1939.
  86. TUTSCHOVA, Die Fasciation bei *Phaseolus multiflorus* and Wuchsstoff, *Bot. Cent. Blatt. N. I. B.*, **32**, Hefte 7/8, 84, 1939.
  87. VANDEVELDE (J.), *Bot. Cent. Bl.*, **169**, 327, 1897.
  88. VON VEH (R.), Experimentaler Beitrag zur Fragen Nachwesen und Bedeutung pflanzlicher Entwicklungshemmungen, *Berl. deuts. bot. Gesel.*, **54**, 135-155, 1936.
  89. VON VEH (R) & SÖDING (H.), Wuchsstoff und Keimung der Obstbaumkerne, *Berichte der bot. Gesel.*, **55**, **4**, 270-278, 1937.
  90. WIESNER, *Bericht d. bot. Ges.*, p. 514, 1897.
  91. WINKLER, a) *Ber. d. bot. Ges.*, p. 452, 1883 ;  
b) *Bot. Cent. Bl.*, vol. **33**, 1889.
  92. WENT (F. W.), Eine botanische Polaritättheorie, *Jahrb. für wiss. Bot.*, **32-76**, 528-557, 1932.
  93. WISNIEWSKI (P.), Beiträge zur Kenntniss der Ruheperiode des Winterknospen von *Stratoides aloides*, *Actr. Soc. Bot. Polon.*, **7**, 1746, 1930.
-

## SECONDE THÈSE

---

### PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

---

*1° Les caractères sexuels secondaires chez les Oiseaux.*

*2° Les grandes unités structurales des Alpes occidentales.*

*Vu et approuvé,*

Lille, le 20 juin 1942.

LE DOYEN,

A. MAIGE.

*Vu et permis d'imprimer,*

Lille, le 29 juin 1942,

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE  
DE LILLE

M. DUEZ.

---