50376 1964 64 UN

64 UNIVERSITÉ DE LILLE

50376 1964 64

FACULTÉ DES SCIENCES

Mémoire présenté en vue de l'obtention du

Diplôme d'Études Supérieures de Sciences Naturelles



Influence de diverses substances sur la germination des semences de Lactuca

Soutenu à Lille en Février 1964 par Gérard DHENNIN

INTRODUCTION

Nous vous proposons, au cours de ce mémoire, de tirer les conclusions d'un travail qui avait pour but d'examiner les influences de quelques substances, desquelles nous essaierons de faire ressortir l'intérêt, sur la germination des semences de Lactuca.

Ces substances étaient :

- 1. la coumarine
- 2. la coumarine acétate de sodium
- 3. la coumarine carboxylate de sodium
- 4. la benzoxazolone
- 5. l'insuline.

Nous tenterons de déterminer le mode d'action de chacune d'elles.

Une synthèse des travaux précédemment effectués dans les mêmes conditions, sur la germination d'un certain nombre d'autres phanérogames, permettra d'élargir nos conclusions.

Voici le plan que nous allons suivre :

- Nous étudierons les phénomènes qui se déroulent au cours de la maturation et de la germination des graines.
- Nous définirons ce que l'on entend par activateurs et inhibiteurs de la germination.

- Nous examinerons les caractéristiques chimiques, biochimiques et physiologiques des différentes substances.
 - Nous décrirons le mode opératoire.
- Nous exposerons les résultats obtenus sur la germination des akènes de lactuca, et nous essaierons de déterminer quels phénomènes déclenche la pénétration des substances dans la graine.
 - Nous comparerons les activités des différents réactifs.
- Enfin, nous tenterons, dans la conclusion, en nous appuyant sur nos résultats et ceux précédemment obtenus, d'approfondir l'étude du mode d'action de chaque substance.

0

LA GERMINATION

Rappelons tout d'abord brièvement comment se forme la graine.

Après la fécondation de l'oosphère, l'ovule devient une graine :

- ses téguments deviennent les enveloppes de la graine 3
- l'oeuf donne naissance à l'embryon qui comprend un ou deux cotylédons, une radicule, une tigelle et une gemmule ;
- le noyau secondaire se développe en un tissu de réserve : l'albumen.

La graine, une fois formée, ne germera que lorsqu'elle sera mûre et il y a lieu de distinguer deux maturations :

- la maturation proprement dite qui aboutit à la séparation de la graine de la plante mère. Le phénomène marquant de cette période de la vie de la graine est la dessiccation. Les téguments desséchés deviennent imperméables aux gaz, il en résulte un arrêt de la respiration et, de ce fait, l'entrée de la graine en état de vie latente. C'est également au cours de cette période que se constituent les réserves solides, la plasmolyse des cellules provoquant la concrétion des grains d'aleurone ou d'amidon. On sait, en effet, que les grains d'aleurone qui, chimiquement, représentent des matières azotées insolubilisées, résultent simplement de la dessiccation des vacuoles.
- la maturation physiologique qui consiste en l'élaboration des hormones indispensables à la croissance de la plantule.

Les deux maturations peuvent être synchrones mais, souvent la maturité physiologique n'est pas réalisée quand la graine se détache de la plante mère. La graine est alors dite dormante et c'est dans l'embryon que réside la dormance. L'embryon décortiqué et placé sur un milieu nutritif convenable est en effet incapable de se développer.

Les graines dormantes exigent un temps de post-maturation dans des conditions définies.

Nous distinguerons :

- la dormance éliminable par une période de froid humide : "stratification" des horticulteurs. Notons que, sans ce traitement, la graine pourra néanmoins germer mais engendrera une plante naine, troubles sans doute imputables à un déficit d'auxine.
- la dormance levée par des températures successivement haute et basse (certains lilium par exemple). La graine doit d'abord subir une période de germination à température tiède pour permettre la croissance de la radicule. Pendant ce temps, l'épicotyle ne se développe pas. Il faut alors appliquer une période froide pour éliminer la dormance de l'épicotyle et revenir ensuite à une température normale.
- la dormance levée par conservation au sec : dormance xérolabile.
 - la dormance levée par la lumière : dormance photolabile.

La graine mûre est maintenant capable de germer.

La germination de la graine marque le passage de celle-ci de l'état de vie ralentie à celui de vie active. Biochimiquement, elle marque la reprise des phénomènes respiratoires. Or, la respiration végétale est influencée par l'humidité mais aussi par la température.

INFLUENCE DE L'HUMIDITE

Le rôle déterminant de l'eau dans la germination est d'abord de rendre perméables aux gaz les téguments séminaux en les imbibant. C'est en effet la dessiccation des téguments qui a suspendu les échanges gazeux entre la graine et l'atmosphère. En outre, l'arrivée de l'eau va permettre, grâce à la solubilisation des réserves, la reprise des phénomènes de nutrition et, par conséquent, de croissance. Enfin, la turgescence va provoquer l'éclatement des téguments et, par là, faciliter la sortie de la radicule.

Il faut noter que l'eau ne pourra pénétrer dans la graine qu'à la condition que les téguments soient suffisamment perméables. Il existe quelques exemples : des légumineuses, des conifères, où la présence d'une cuticule, ou bien une disposition en palissade sans méats des cellules les plus externes, empèche la pénétration de l'eau. Les téguments de ces graines sont dits "durs". On lève cette inhibition en faisant subir aux semences un traitement chimique : trempage dans l'éther, trempage dans l'alcool, ou mécanique : scarification par exemple.

INFLUENCE DE L'OXYGENE

C'est la respiration qui est à l'origine de la germination et cela est si vrai que des graines placées dans l'eau, mais privées d'air, gonflent mais ne germent pas. L'oxygène servira à brûler une partie des réserves et, par là, à fournir à la graine en germination l'énergie dont elle a besoin.

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

La germination ne peut avoir lieu qu'entre d'étroires limites de température. On peut définir, pour chaque espèce de graines, des températures minimum et maximum entre lesquelles la vitesse de germination croît comme la température.

L'influence de la température est évidemment en rapport avec celle que la chaleur exerce sur l'activité des diastases.

Voyons maintenant quels sont les phénomènes physiologiques et biochimiques qui se déroulent dans la graine en germination.

On assiste à deux phénomènes opposés :

- d'une part, digestion des réserves qui, d'abord solubilisées, seront ensuite dégradées en matériaux mobilisables.
- d'autre part, il s'établit chez la jeune plantule un processus de synthèse qui utilise les matériaux provenant de la digestion des réserves. Notons que les phénomènes de digestion l'emportent toujours en importance sur ceux de synthèse. En effet, une partie des matériaux provenant de la digestion des réserves est détournée des synthèses pour être brûlée et, par là, servir à la respiration, phénomène nécessité par l'énergétique de la graine en germination.

Tous ces faits sont évidemment l'oeuvre de diastases secrétées essentiellement par les cellules cotylédonaires. On a pu suivre l'évolution des réserves au cours de la germination.

Les glucides : Ils subissent des dédoublements progressifs qui les amènent à l'état de sucres solubles et diffusibles. Ainsi l'amidon sous l'action de l'amylase sera hydrolysé en dextrines, maltose et finalement glucose. De même les hémicelluloses seront dégradées sous l'action de séminases. De toutes ces transformations résulte du glucose dont la destinée est d'être, pour la plus grande

partie, respiré par la jeune plantule; une autre partie, toutefois, est métabolisée en vue de l'anabolisme des protides ou des lipides, et une dernière va servir à l'édification des constituants pectocellu-losiques de la membrane des nouvelles cellules.

Les lipides: Ils sont d'abord sous l'action de la lipase, émulsionnés et saponifiés. Finalement glycérol et acides gras provenant de cette digestion sont transformés en glucides utilisés par la plantule.

Les protides : La digestion des protides est l'oeuvre de protéases végétales. Ce sont d'abord les grains d'aleurone, réhydratés maintenant, qui sont attaqués par les constituants protéiques du protoplasme. Ainsi les protides sont dégradés en acides aminés qui, sous l'action de désaminases, libèrent des acides gras et de l'ammoniaque. Les acides pourront servir de substrat à la respiration de la graine ou être utilisés par la plantule en vue de resynthèses, ou encore concourir à l'anabolisme glucidique. Quant à l'ammoniaque fixée sous forme d'asparagine, elle sera utilisée par la plantule pour l'édification de nouveaux protides.

Enfin, il ne faut pas oublier que <u>tous ces</u> phénomènes s'accompagnent d'une élongation considérable des cellules (auxésis), chez le coléoptile d'avoine cet allongement atteindra 100 à 1 000 fois la longueur primitive, et d'une active multiplication cellulaire (mérésis) localisée dans les méristèmes. La mérésis et l'auxésis surtout sont stimulées par des hormones végétales : les auxines.

Voyons rapidement comment on peut expliquer l'action stimulante des auxines. Il nous serait en effet impossible, sans ces connaissances, d'essayer d'interpréter le rôle inhibiteur joué par certaines substances que nous expérimentons.

Il faut tout d'abord rappeler que les auteurs sont maintenant d'accord pour affirmer que l'hormone véritable est l'acide indolacétique.

Celui-ci serait libéré dans la graine au cours de la protéolyse à partir de substances-mères : les protéines contenant du tryptophane, le chemin de cette conversion passant par l'acide indolpyruvique. Sen mode d'action a été interprété différemment selon les auteurs, surtout en ce qui concerne son intervention dans le processus de l'élongation cellulaire !

i. - Intervention dans les phénomènes enzymatiques de la vie cellulaire

- L'auxine se comporterait comme un enzyme respiratoire et stimulerait la phase des deshydrogénations où prennent part, comme métabolites, les acides organiques à 4 carbones tels que malique et fumarique. Cela entraînerait la cyclose du protoplasme et l'élongation des parois cellulaires. Cette conception permet d'expliquer l'inhibition constatée en employant les auxines à concentrations très élevées. Il a en effet été démontré qu'à forte dose l'acide indolacétique bloque alors le cycle de Krebs en inhibant la deshydrogénase isocitrique.
- D'autres auteurs pensent que l'acide indolacétique jouerait le rôle de coenzyme d'une phosphatase et, de ce fait, serait un agent important dans le cycle des phénomènes respiratoires qui comprennent plusieurs stades de déphosphorylation.

2. - Intervention sur les propriétés physicochimiques du cytoplasme ou de la membrane plasmique

- Selon NORTHEN, l'auxine dissocierait les protéines du cytoplasme de leur état de gel complexe et peu actif à l'état de

colloïde plus fluide à métabolisme actif, à valeur osmotique élevée, exposant les groupements SH très réactifs.

- Selon VELDSTRA, les auxines jouiraient du pouvoir d'ouvrir les membranes plasmiques.

Il n'est du reste pas impossible que

l'auxine :

- d'une part active les réactions qui libèrent l'énergie nécessaire à la création de nouvelles matières constitutives de la membrane.
- d'autre part agisse directement sur les propriétés physicochimiques du cytoplasme. Cette idée a été reprise pour tenter d'expliquer le rôle joué par l'auxine dans les phénomènes de prolifération cellulaire (mérésis). On sait en effet que toutes les cellules en voie de division ont un cytoplasme plus fluide que celui des cellules en repos.

0

ACTIVATION ET INHIBITION

DE LA GERMINATION

L'étude de la germination nous a permis de distinguer quelques phénomènes essentiels :

- le catabolisme des réserves
- la resynthèse par la jeune plantule
- la multiplication cellulaire (mérésis)
- l'élongation cellulaire (auxésis).

Les substances qui seront capables de pénétrer dans la graine à la faveur de l'imbibition pourront agir sur l'une de ces phases, voire sur plusieurs, et ainsi, activer, retarder, ou même empécher, le développement de la graine. On parlera d'activateurs et d'inhibiteurs de la germination.

I. - LES ACTIVATEURS DE LA GERMINATION

De nombreuses substances naturelles ou de synthèse sont capables, à la manière de l'acide indolacétique, de stimuler à dose infime l'auxésis principalement (test de WENT sur le colioptile d'avoine). Ce ne sont donc pas de vraies hormones et elles méritent seulement le nom général de substances de croissance, ainsi les acides indolpropionique, indolbutyrique, indolvalérique, naphtalène acétique, coumaryl acétique, phényl acétique, cis cinnamique.....

Ces corps jouissant du pouvoir auxine ont, en commun, des traits structuraux caractéristiques :

- un noyau cyclique dans leur molécule
- au moins une double liaison dans le noyau
- une chaîne latérale insérée sur un carbone possédant la double liaison du noyau. Cette chaîne porte une fonction acide ou un groupement fonctionnel étroitement apparenté. De plus, le rameau aliphatique doit être orienté perpendiculairement au plan du reste de la molécule : ce qui explique que l'acide cis cinnamique possède le pouvoir auxine alors que l'acide trans cinnamique est un inhibiteur.

Ainsi une légère modification apportée à la formule ou à la structure de ces substances de croissance est suffisante pour changer leurs propriétés. Ce fait s'explique aisément si l'on considère que les rapports entre l'auxine et son substrat doivent être extrèmement étroits.

II. - LES INHIBITEURS DE LA GERMINATION

Ils jouent un grand rôle dans la nature et leur découverte a permis d'expliquer bon nombre de phénomènes écologiques et agronomiques.

Ils sont localisés :

- dans la chair et le jus des fruits charnus, et on sait depuis longtemps que les graines ne germent pas dans les fruits charnus qui les contiennent;
 - dans les téguments de graines et de fruits secs.

De nombreux organes, autres que fruits et graines, contiennent ou dégagent des inhibiteurs de germination. Ainsi s'explique l'intoxication de certains sols par des excrétions radicellaires.

NATURE CHIMIQUE DE CES INHIBITEURS

L'acide cyanhydrique

L'ammoniaque

L'éthylène

Les aldéhydes

Les huiles essentielles

Les alcaloïdes

La coumarine - Dès 1912, SIGMUND révélait son pouvoir antigerminateur.

Les inhibiteurs de germination sont polyvalents, non spécifiques. L'intensité de la réaction est différente suivant les espèces. Souvent une relation entre l'activité inhibitrice des substances et leur nature chimique peut être établie.

Le problème des inhibitions de la germination est complexe et on s'attache surtout à connaître les faits expérimentaux dans toute leur diversité pour en tirer dès maintenant un résultat pratique.

Nous nous proposons de voir si les dérivés de la coumarine, la benzoxazolone, l'insuline, doivent être ajoutés à la liste des substances inhibitrices connues.

0

LES SUBSTANCES UTILISEES

I. - LA COUMARINE

La coumarine est un constituant du règne végétal. On la trouve en abondance chez la flouve odorante, le mélilot, et c'est du reste à ce principe que le foin doit son odeur agréable.

Du point de vue chimique, c'est la lactone de l'acide coumarique.

Acide coumarique

Coumarine

Du point de vue biochimique, c'est le groupement prosthétique ou aglycone de certains hétérosides.

Selon certains auteurs, les hétérosides coumariques seraient des produits de déchets. Cependant, leur présence en quantité appréciable chez quelques plantes a conduit certains physiologistes à penser qu'il pouvait s'agir de réserves réutilisables. On a reconnu, d'autre part, à la coumarire une activité vitaminique P, donc une certaine action sur la perméabilité cellulaire.

Toutefois, la coumarine est surtout connue comme un inhibiteur de la germination des graines qui n'en contiennent pas, aussi, lorsqu'une des substances utilisées se révèlera inhibitrice, nous comparerons son activité à celle de la coumarine.

II. - LA COUMARINE ACETATE DE SODIUM

Elle a été obtenue par l'action du carbonate de sodium à 1% sur l'acide coumarine acétique :

1 gr d'acide

26 cc de carbonate de sodium

Eau distillée nécessaire à la dissolution

Nous avons vu à propos des auxines qu'une légère modification de la formule d'un corps peut changer ses propriétés.

Il s'avère donc très profitable de voir l'influence qu'aura le fait de greffer une chaîne latérale sur le noyau hétérocyclique de la coumarine.

III. - LA COUMARINE CARBOXYLATE DE SODIUM

Elle a été obtenue par l'action d'une solution de carbonate de sodium à 1% sur l'acide coumarine carboxylique :

1 gr d'acide

28 cm³ de solution de carbonate de sodium Eau distillée nécessaire à la dissolution

Un groupement carboxyle sera-t-il plus actif qu'un groupement acétyle?

IV. - LA BENZOXAZOLONE

Elle a pour formule :

La benzoxazolone possède, ainsi que ses dérivés de substitution sur l'azote, des propriétés hypnotiques et sédatives en physiologie animale.

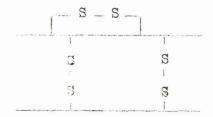
Elle présente une parenté structurale avec la coumarine : - CH = CH - est ici remplacé par - NH -

Cette analogie de structure permet-elle d'envisager une similitude d'action de la coumarine et de la benzoxazolone ?

V. - L'INSULINE

Elle joue un rôle important dans le métabolisme glucidique chez les animaux. C'est une hormone hypoglycémiante secrétée par les îlots de LANGERHANS-LAGUESSE du pancréas. Au point de vue chimique, c'est un polypeptide formé de leucine, tyrosine, arginine, lysine, sérine, cystine, proline, histidine..... La séquence des acides aminés a été totalement établie par SANGER.

Il faut noter l'existence dans la molécule d'insuline de nombreux ponts disulfures et il semble que l'intégrité de ceux-ci soit imdispensable à son activité physiologique.



Pout-elle, chez les végétaux, jouer également un rôle dans le métabolisme des glucides ?

0

C

MODE OPERATOIRE

Nous avons réalisé des lots de 100 semences en prenant soin d'éliminer les graines cassées et toutes celles qui nous paraissaient malformées.

Chaque lot était mis en germination sur une double couche de papier filtre dans des boites de PETRI. La série d'essais a commencé avec l'eau distillée de façon à pouvoir établir une base de référence. Nous avons alors réalisé 3 lots de 100 graines.

Le premier lot a subi un trempage préalable d'une heure dans de l'eau distillée amenée au pH 9 au moyen de carbonate de sodium. Notons que ce pH a été choisi comme étant le plus favorable à la germination.

Le second lot : trempage de deux heures dans les mêmes conditions.

Le troisième lot : trempage de trois heures.

Nous avons ensuite effectué les essais avec les différents réactifs ajustés au pH 9, aux concentrations de :

Nous avons donc préparé 9 lots de 100 graines pour l'étude de chacun de ces produits :

L'humidité a été maintenue au cours de la germination par de l'eau distillée, également amenée au pH 9, le pH étant contrôlé au moyen de papiers indicateurs colorés.

L'un des produits, l'insulyl, se décomposant en milieu basique a été employé à un pH acide maintenant sa stabilité, soit le pH 2,5, obtenu par adjonction d'acide chlorhydrique dilué.

Les comptages ont été réalisés toutes les 24 heures.

Ont été retirées toutes les graines germées. Nous avons considéré comme germées, celles dont la radicelle était visible au niveau des téguments écartés.

Le facteur le plus important pour une telle étude étant sans conteste la température, nous avons essayé d'opérer dans les meilleures conditions d'isothermie possibles. Cependant, nous n'avons pu empécher des variations brutales de la température lors de certaines nuits et, de ce fait, l'introduction possible d'erreurs. Le jour, la température a toujours été voisine de 18°.

Construction des courbes: Nous avons porté sur l'axe des abscisses le nombre de jours nécessaires à la germination (1 jour = 2 cm) et sur l'axe des ordonnées le nombre de graines germées (10 graines = 5 mm).

EXPOSE DES RESULTATS OBTENUS

A. - EAU DISTILLEE

Avant d'entreprendre l'étude de l'action des différentes substances, il convient d'expérimenter avec de l'eau seule. Ces essais nous serviront de base, de témoins pour les essais suivants.

Rappelons tout d'abord quelques définitions.

- On appelle <u>faculté germinative</u> le nombre de graines qui germent sur cent.
- On appelle énergie germinatrice le temps au bout duquel l'évolution commence, temps que nous appellerons : temps de latence, dans notre exposé.

Les résultats obtenus ont été portés sur des graphiques. Nous avons constitué 3 graphiques correspondant à des durées de trempage, de 1 heure, 2 heures, 3 heures. Deux courbes figurent sur chaque graphique :

- une correspond aux essais réalisés avec de l'eau distillée ajustée au pH 2,5 ;
- l'autre correspond aux essais réalisés avec de l'eau distillée ajustée au pH 9.

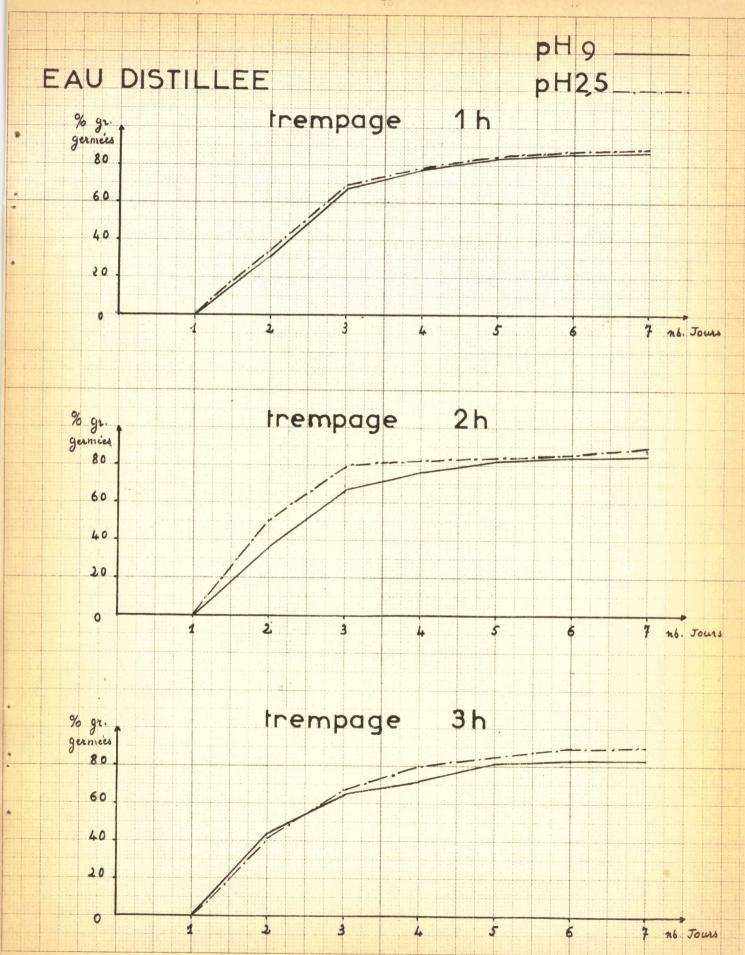
Eau distillée :

- ajustée au pH 9

Jours Trempage	1	2	3	4	5	6	7
1 H	0	31	67	78	84	86	87
2 H	0	35	65	76	82	84	85
3 H	0	43	64	72		83	83

- ajustée au pH 2,5

Jours Trempage	1	2	3	4	5	6	7
1 H	0	34	69	78	84	86	88
2 Н	0	50	79	82	84	86	90
3 H	0	41	67	80	85	89	90



Dans les deux cas, la germination commence le deuxième jour et se poursuit jusqu'au septième.

1. - Trempage dans de l'eau distillée amenée au pH 9. humidité maintenue avec de l'eau distillée amenée également au pH 9

- Le nombre de graines germées dès le deuxième jour est d'autant plus grand que le trempage a été plus long.

Les akènes possèdent des téguments assez "durs", ce qui explique l'influence favorable du trempage prolongé.

- La faculté germinative ne semble que peu influencée par la durée du trempage.

Notons l'apparition de moisissures en fin d'expérience.

2. - Trempage dans de l'eau distillée amenée au pH 2,5, humidité maintenue avec de l'eau distillée amenée également au pH 2,5

- L'acidification de l'eau augmente la faculté germinative, sans doute en rendant le milieu aseptique car nous n'avons pas noté l'apparition de moisissures dans ce cas.
- Le nombre de graines germées dès le deuxième jour est supérieur à celui que nous avions obtenu avec l'eau amenée au pH 9 et ceci est surtout net pour le trempage de deux heures.

Il semble que cette action favorable soit due au fait que l'acide chlorhydrique réalise en quelque sorte une "scarification chimique" des téguments et ainsi favorise l'imbibition. Un contact trop prolongé (cas du trempage de trois heures) se révèle par contre moins favorable.

Remarque: Nous avons dernièrement renouvelé ces essais sur des semences de même espèce mais beaucoup plus jeunes (le temps de latence n'était que d'une journée), et les résultats obtenus avec de l'eau amenée au pH 2,5 n'ont pas été sensiblement différents de ceux obtenus avec de l'eau amenée au pH 9. L'acidification de l'eau ne joue vraisemblablement un rôle important qu'à la condition que les graines utilisées soient âgées (l'âge des graines n'avait pu nous être précisé lors de nos premiers essais.

0

B. - LA COUMARINE

Les essais ont été effectués avec des solutions de coumarine dans l'eau distillée amenée au pH 9, aux concentrations de :

L'humidité a été maintenue par de l'eau distillée amenée également au pH 9.

Les résultats sont consignés ci-après.

Coumarine :

- Trempage 1 H

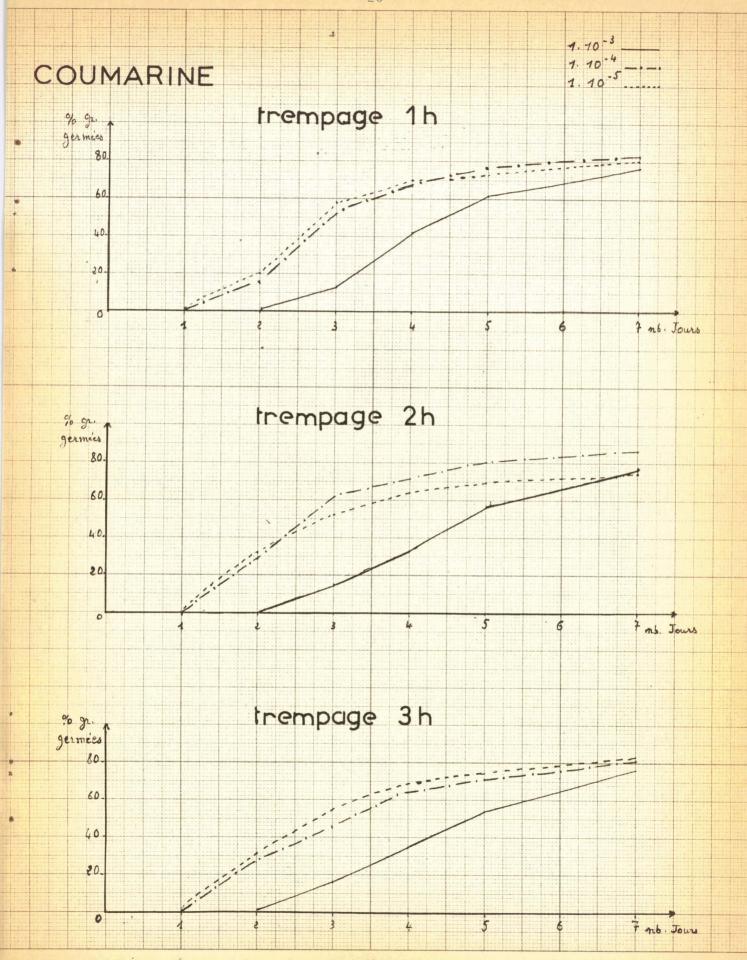
Jours Concentr.	1	2	To produce of the contraction of	4	5	6	7
1.10 ⁻³	0	1	13	42	62	69	76
1.10-4	O	1 5	5 1	67	76	80	82
1.10	O The control of the	20	58	69	73	77	80

- Trempage 2 H

Jours Concentr.	1	S. ::(c)::(c):(c):(c):(c):(c):(c):(c):(c):(3	4	5	6	7
1.10	0	O	15	33	56	66	78
1.10 ⁻⁴	0	29	61	71	80	83	86
1.10	0	32	52	64	69	72	74

- Trempage 3 H

T		1			-		
Jours Concentr.	Turner Charles	2	3	differential products from the continue of the	5	6	7
1.10 ⁻³	0	1	16	35	54	65	76
1.10 ⁻⁴	0	26	45	64	71	76	81
1.10	O additional supplies of	31	55	69	73	79	82



L'examen des tableaux, p. 25, et de la planche y relative, p. 26, nous montre que :

1. - La coumarine, à la concentration de 1 000, est un puissant inhibiteur de la germination des graines de laitue

- a) Elle augmente le temps de latence d'une journée.
- b) Elle ralentit la vitesse de germination durant les premiers jours :

Trempage de 2 H 1 000 33 graines germées le 4ème jour Trempage de 2 H 1 10 000 71 graines germées le 4ème jour La germination ne se prolonge toutefois pas au-delà de 7 jours.

c) Elle diminue un peu la faculté germinative, cette dernière action n'est pas nette.

2. - La coumarine, aux concentrations de 1 1 1 10 000 est encore inhibitrice mais son activité est plus faible

- a) Le temps de latence n'est pas augmenté.
- b) La faculté germinative n'est pas diminuée.

Remarque: Certains résultats semblent paradoxaux

Coumarine 1 | Trempage 1 H 20 graines germées le 2ème jour |
Trempage 2 H 32 graines germées le 2ème jour |
Ils s'expliquent par le fait qu'un trempage prolongé permet l'imbibition des téguments et la sortie de la radicule et masque ainsi l'action nocive de la coumarine. Le 3ème jour tout rentre dans l'ordre:

de la coumarine. Le 3ème jour tout rentre dans l'ordre :

Coumarine 1 | 58 graines germées le 3ème jour | 52 graines germées le 3ème jour | 52 graines germées le 3ème jour | 52 graines germées le 3ème jour

MODE D'ACTION DE LA COUMARINE

Nous avons vu précédemment comment on pouvait tenter d'expliquer le rôle activateur des auxines.

L'inhibition de la germination par la coumarine est fondamentalement une inhibition de la croissance par auxésis. De même que plusieurs théories s'affrontent pour expliquer le mode d'action des auxines, de même on peut diversement interpréter le mode d'action de la coumarine :

- Elle peut agir comme compétiteur de l'auxine vis-à-vis de certains systèmes diastasiques. Sa structure est assez proche de celle des auxines. Elle pourrait peut-être prendre la place de l'acide indolacétique et jouer le rôle de coenzyme. On obtiendrait alors un enzyme inactif.
- Elle pourrait encore exercer une action plus ou moins coagulante, soit sur les membranes cytoplasmiques, soit sur les structures colloïdales internes du cytoplasme (VELDSTRA).

On pense maintenant qu'elle interviendrait sur certains acides aminés indispensables, les acides aminés soufrés notamment, tels cystéine, méthionine. Ces acides, selon MUIR et HANSCH, se combinent par leur groupement SH avec un hydrogène du noyau de l'auxine. Le blocage des groupements SH par la coumarine aboutirait à une inactivation de l'auxine. On a en effet remarqué qu'on pouvait lever l'action inhibante de la coumarine et des autres lactones, non par addition d'auxine mais par addition de quelques agents qui fournissent un excédent de groupements SH.

La coumarine peut intervenir encore sur les divisions cellulaires à la manière de certains agents physiques (rayons X) ou chimiques (colohicine). Elle possède en effet une action chromatoclasique. On appelle action chromatoclasique la propriété que possèdent certains corps de provoquer l'apparition de fragmentations chromosomiques.

On a pu observer que, tout d'abord, elle exerce une action mitodépressive - période de vide mitotique - les noyaux en interphase ne peuvent entrer en division , puis l'activité mitotique reprend peu à peu mais s'accompagne d'anomalies caractéristiques.

Elle n'exerce toutefois qu'une action chromatoclasique incomplète et le pourcentage des mitoses présentant des fragmentations reste toujours relativement faible.

Sans doute faut-il faire appel à toutes ces activités simultanées de la coumarine pour expliquer l'inhibition, par cette substance, de la germination des graines de laitue.

0

C. - LA COUMARINE ACETATE DE SODIUM

En comparant les résultats obtenus avec l'eau distillée ajustée au pH 9 et avec la coumarine, nous pouvons déduire que la coumarine acétate de sodium n'a pas d'action notable sur la germination

- La faculté germinative n'est modifiée, ni par les diverses concentrations, ni par les différences de durée de trempage.
 - Le temps de latence n'est pas modifié.
- La vitesse de germination est, pour une même durée de trempage, pratiquement indépendante de la concentration du réactif.

Tout au plus, peut-on mentionner une faible action inhibitrice sur la germination du lot de graines ayant trempé une heure dans la coumarine acétate de sodium à $\frac{1}{1000}$. Ce phénomène n'est toutefois pas net car un trempage de trois heures dans cette même substance à la même concentration s'est montré plus favorable qu'un trempage de trois heures dans la solution au $\frac{1}{1000000}$.

Ainsi, nous pouvons constater que le fait de greffer une chaîne acétique sur le noyau hétérocyclique de la coumarine a modifié considérablement les propriétés de cette dernière. Ceci ne doit pas nous étonner. On sait, en effet, que les 'auxines' possèdent, accrochée au noyau, une chaîne latérale acide. Ainsi, la coumarine acétate de sodium se rapproche-t-elle beaucoup du schéma général des substances de croissance

Peut-être peut-on parler de compétition entre 2 phénomènes :

- une activation due à la fonction acide de la chaîne latérale ;
- une inhibition due à la fonction lactone du noyau.

Il en résulte une action pratiquement nulle de la coumarine acétate de sodium sur la germination.

Coumarine acétate de sodium :

- Trempage 1 H

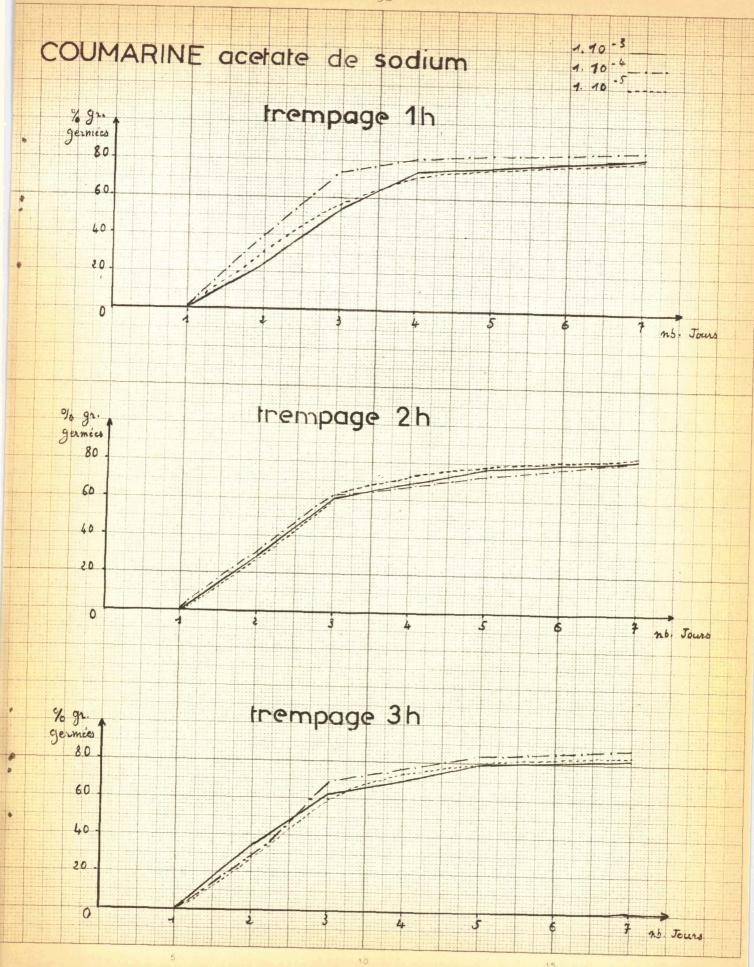
Jours Concentr:	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	2 5	55	74	77	81	83
10 000	0	40	74	81	83	85	86
100 000	0	31	56	71	77	79	81

- Trempage 2 H

Jours Concentr.	The second secon	2	3	4	5	6	7
1 000	0	29	60	69	77	80	82
10 000	0	31	62	67	73	79	82
100 000	0	2 8	63	73	78	82	84

- Trempage 3 H

Jours Concentr.	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	34	62	70	79	81	82
10 000	0	30	68	76	84	86	88
100 000	0	29	60	74	78	82	85



D. - LA COUMARINE CARBOXYLATE DE SODIUM

Pas plus que la coumarine acétate de sodium, la coumarine carboxylate de sodium n'a d'action nette sur la germination des graines de laitue.

- Elle ne modifie pas la faculté germinative.
- Elle n'intervient pas sur le temps de latence.
- Elle n'agit pas sur la vitesse de germination.
- Pour une même durée de trempage, les résultats sont pratiquement les mêmes quelle que soit la concentration.

Concentration $\frac{1}{1000}$, trempage 3 H : 44 graines germées le 2ème j. Concentration $\frac{1}{10000}$, trempage 3 H : 45 graines germées le 2ème j. Concentration $\frac{1}{100000}$, trempage 3 H : 44 graines germées le 2ème j.

Nos conclusions sont les mêmes que celles tirées précédemment au sujet de l'action de la coumarine acétate de sodium. Il se confirme que c'est bien la fonction acide de la chaîne latérale, beaucoup plus que la chaîne elle-même, qui joue un grand rôle. Certes, une chaîne latérale très longue pourrait jouer un rôle important, étant alors cause d'encombrement stérique.

Pour terminer, signalons un fait qui nous a intrigué. La coumarine carboxylate de sodium et la coumarine acétate de sodium se sont montrées activatrices de la germination du lot de graines ayant trempé une heure dans les solutions au $\frac{1}{10\ 000}$. L'étude de ce phénomène mériterait d'être approfondie.

Coumarine carboxylate de sodium :

- Trempage 1 H

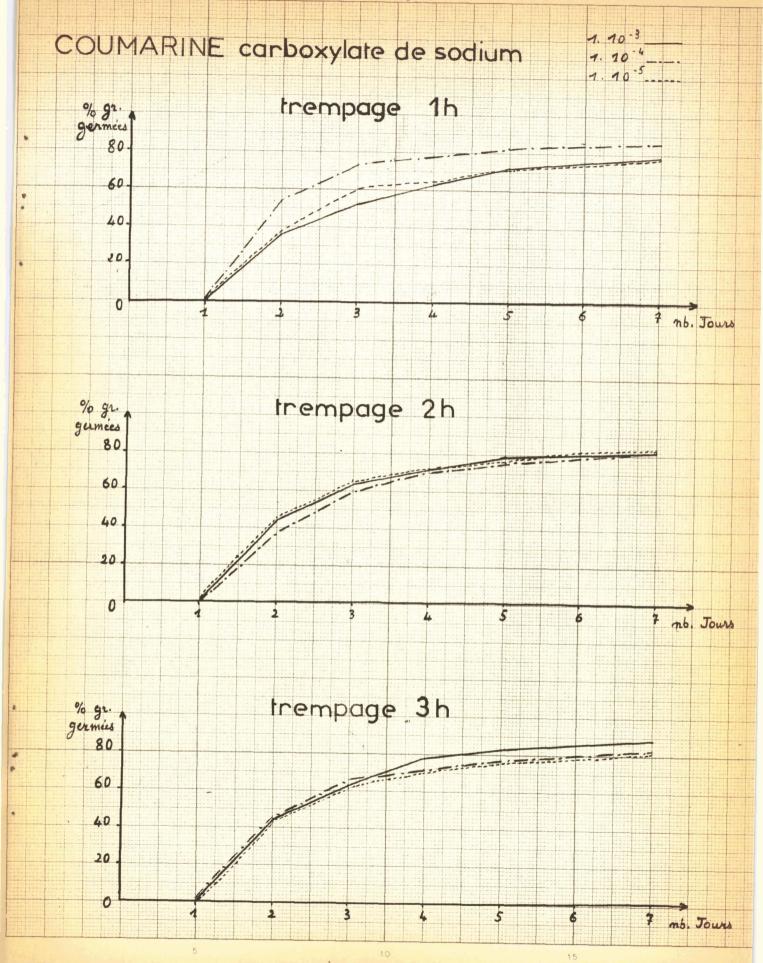
Jours Concentr.	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	36	53	63	72	76	78
10 000	0	54	73	78	83	84	86
100 000	0	37	60	65	71	7 5	78

- Trempage 2 H

Jours Concentr.	1	2	3	4	5	6	7
1 1 000	0	44	64	72	79	80	82
10 000	0	38	60	72	76	80	83
100 000	0	45	66	72	76	82	84

- Trempage 3 H

Jours Concentr.	- 1	2	3	4	5	6	7
1 1 000	0	44	63	78	83	86	88
10 000	0	45	66	72	77	82	83
1 100 000	0	44	62	72	78	79	81



E. - LA BENZOXAZOLONE

L'examen des résultats et des graphiques montre que :

1. - La benzoxazolone est, à la concentration de 1 000, inhibitrice de la germination des graines de laitue

Il faut toutefois que la durée de trempage des semences dans la solution soit supérieure à une heure. On note alors une action inhibitrice de la benzoxazolone proportionnelle au temps de trempage.

- a) Le temps de latence a tendance à s'allonger.
- b) La vitesse de germination est freinée.
- c) La faculté germinative semble légèrement abaissée après un trempage de trois heures, mais cette dernière action n'est pas nette.

En comparant les résultats avec ceux obtenus lors des essais de germination après trempage dans la solution de coumarine au 1 000, nous constatons que la benzoxazolone est, à la même concentration, beaucoup moins inhibitrice.

2. - La benzoxazolone, à la concentration de 10 000, est un activateur de la germination

Cette action est surtout nette pour des trempages de une et deux heures.

a) Elle augmente la faculté germinative : 89% de graines germées en fin d'expérience contre 85% lors des essais avec l'eau distillée amenée au pH 9.

b) Elle accélère la vitesse de germination et a tendance à diminuer le temps de latence :

Eau distillée pH 9, trempage 2 H : 35 graines germées au bout de 2 jours.

Benzoxazolone, trempage 2 H, 49 graines germées au bout de 2 jours.

c) Elle semble favoriser l'élongation cellulaire. Les graines qui avaient subi un trempage dans la solution de benzoxazolone au $\frac{1}{10\,000}$, présentaient en effet, lors de la germination, une radicule plus longue que celle des graines ayant trempé dans le réactif aux concentrations de $\frac{1}{1\,000}$ et $\frac{1}{100\,000}$.

3. - La benzoxazolone, à la concentration de 1 100 000, n'a pas d'action marquée sur la germination.

En conclusion, la benzoxazolone semble se comporter comme une hormone. On sait que celles-ci sont inhibitrices à forte dose, activatrices à faible dose, et qu'à une concentration déterminée répond un maximum d'action. Cependant, ce n'est là qu'une hypothèse que d'autres expériences n'ont pas permis de vérifier.

Benzoxazolone:

- Trempage 1 H

Jours Concentr.	1	2	3	4	5	6	7
1 1 000	0	36	57	68	78	82	86
10 000	0	43	66	80	86	88	90
1 100 000	0	42	61	71	73	74	74

- Trempage 2 H

Jours Concentr.	1	2	3	4	5	,6	.7
1 1 000	0	30	52	69	80	81	85
10 000	0	49	72	83	89	90	91
100 000	0	42	62	74	80	81	81

- Trempage 3 H

Jours Concentra	1	2	3	4	5	6	7
1 1 000	0	23	53	71	77	80	81
10 000	0	51	63	73	78	83	86
100 000	0	46	72	81	83	85	87

F. - L'INSULYL

L'insulyl n'est autre que le nom commercial de l'insuline, stabilisée par 2 mg de phénol par cm³.

Les essais ont d'abord eu lieu avec des solutions d'insulyl amenées au pH 9, l'humidité étant maintenue par de l'eau distillée ajustée au même pH. Mais l'on sait que l'insulyl se décompose facilement en milieu basique, aussi les essais ont-ils été répétés avec des solutions au pH 2,5, l'humidité étant maintenue par de l'eau distillée amenée également au pH 2,5.

Voici l'ensemble de ces résultats.

I. - INSULYL pH 9

L'examen des tableaux et graphiques, la comparaison des résultats avec ceux acquis lors des expériences précédentes, montrent que :

1. - L'insulyl est, à la concentration de 1 1 000, fortement inhibiteur de la germination des semences de laitue, et cette action est proportionnelle à la durée de trempage.

On note alors que :

- le temps de latence du lot est augmenté, augmentation d'une journée après un trempage de 3 heures. A cet égard, l'insulyl se montre aussi toxique que la coumarine.
- la faculté germinative est abaissée, assez faiblement toutefois.
- la vitesse de germination est ralentie les premiers jours, cette dernière action est moins nette que celle constatée avec la coumarine à la même concentration.
- 2. Aux concentrations de 1 10 000 et 100 000, l'insulyl n'exerce plus une action nette.

Tout au plus peut—on constater une faible inhibition indépendante de la concentration pour un trempage de 3 heures.

En conclusion, l'insuly? ajustée au pH 9 a une action nettement inhibitrice, proportionnelle au temps de trempage, si la concentration est suffisante.

Insulyl pH 9:

- Trempage 1 H

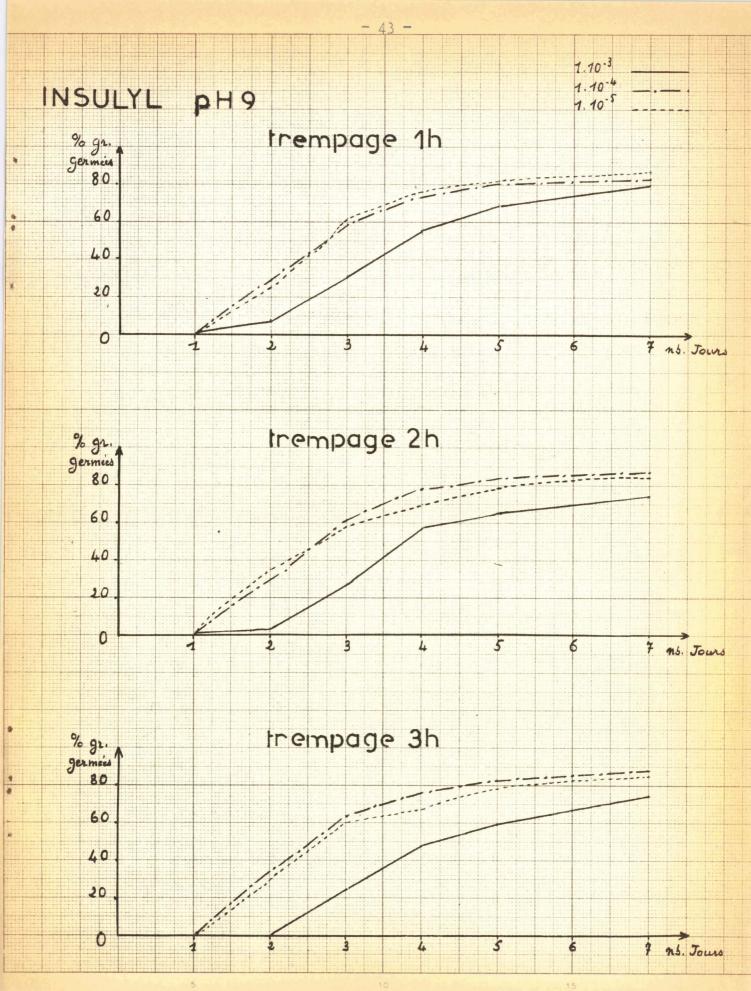
Jours Concentr	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	7	31	56	69	74	80
10 000	0	29	59	73	80	81	83
100 000	0	28	62	76	82	85	87

- Trempage 2 H

Jours Concentre	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	2	27	5 7	65	70	74
10 000	0	30	62	78	84	86	87
100 000	0	35	58	70	79	83	84

- Trempage 3 H

Jours Concentr.	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	0	24	48	59	67	75
10 000	0	34	64	76	83	86	88
100 000	0	30	60	67	78	83	85



II. - INSULYL pH 2,5

L'examen des tableaux et graphiques montre que :

1. - A la concentration de 1/1000, l'insulyl se révèle être un inhibiteur de la germination des semences de laitue et l'inhibition constatée est d'autant plus grande que le temps de trempage a été plus long.

On note alors :

- un ralentissement de la vitesse de germination.
- un léger abaissement de la faculté germinative pour des durées de trempage de 2 et 3 heures.

Toutefois, <u>le temps de latence</u> du lot <u>n'est</u> <u>pas augmenté</u>, contraimement à ce que l'on avait observé avec les solutions au 1 000 d'insulyl amenées au pH 9.

2. - Un trempage dans les solutions d'insulyl au 10 000 et 10 100 000 n'a pas d'action nette sur la germination.

Les courbes sont peu dissociées. Les résultats restent très proches de ceux obtenus après trempage dans l'eau distillée au même pH.

Nous avons signalé précédemment l'influence favorable exercée par un trempage dans l'eau distillée au pH 2,5. Il semble que cette influence masque, ici, en partie, l'action de l'insulyl D'autre part, il faut remarquer que les solutions d'insulyl amenées au pH 9 étaient, surtout la solution la plus concentrée, fort troubles, signe évident d'une décomposition de l'insuline, alors que cette fois nous n'avons constaté qu'un léger trouble, uniquement dans la solution au 1 000°.

Nous avons, de ce fait, pensé que l'insuline non dégradée n'intervenait peut-être pas dans le métabolisme de la graine, aucune plante ne synthétise de l'insuline. Par contre, décomposée, elle exercerait alors une action défavorable : certains acides aminés libérés pourraient se révéler toxiques et exercer un blocage au niveau de processus enzymatiques.

D'autre part, faut-il négliger totalement l'action du phénol qui accompagne l'insuline ? On sait en effet que les dérivés phénoliques sont des inhibiteurs de germination.

Insulyl pH 2,5:

- Trompage 1 H

Jours Concentr.	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	32	64	74	80	85	87
10 000	0	45	69	76	82	84	84
100 000	0	46	69	79	88	90	90

- Trempage 2 H

Jours Concentre	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	30	56	68	77	81	83
10 000	0	45	68	80	87	90	92
100 000	0	41	67	73	82	85	86

- Trompage 3 H

Jours Concentr.	1	2	3	4	5	6	7
1 000	0	26	57	69	74	80	84
1 10 000	0	46	70	78	85	87	88
100 000	0	44	69	80	87	88	90

ACTIVITE COMPAREE

DES DIFFERENTES SUBSTANCES

Afin de pouvoir comparer l'activité des différentes substances utilisées sur la germination des graines de Lactuca, il faudrait, bien sûr, tracer simultanément sur un seul graphique tous les résultats obtenus. On se rend compte combien un tel graphique serait peu lisible. Aussi, avons-nous simplement réuni les résultats relatifs à un trempage de 3 heures dans les réactifs à la concentration de 1 000. C'est du reste pour ce temps de trempage et cette concentration que nous avons obtenu les résultats les plus nets.

Examinons le graphique :

Nous remarquons tout de suite que deux substances se sont révélées nettement inhibitrices de la germination des graines de Lactuca :

La coumarine,

L'insulyl pH 9.

- Elles augmentent le temps de latence.
- Elles diminuent le pouvoir germinatif.

Toutefois, elles n'agissent pas sur le temps de germination.

Notons que la coumarine s'est révélée active à toutes les concentrations alors que l'insulyl n'a eu d'action que pour la concentration la plus forte.

Toutes les autres substances n'ont eu qu'une influence beaucoup plus faible :

- Elles ne font pas varier le temps de latence.
- Elles n'agissent pas, ou très peu, sur la faculté germinative. Elles exercent essentiellement une action freinatrice de la vitesse de germination, phénomène net pour la benzoxazolone, moins pour l'insulyl pH 2,5, beaucoup moins pour la coumarine acétate de sodium. Quant à la coumarine carboxylate de sodium, elle n'a aucune influence notable.

En résumé, il apparaît qu'aucune des substances expérimentées n'a, à la concentration de 1/1000, activé la germination. Cependant, pour des concentrations plus faibles, nous avons relevé quelques variations, notamment comme signalé précédemment, une action très favorable de la benzoxazolone au 10000.

CONCLUSION

Les substances, dont nous venons détudier l'action sur la germination des graines de Lactuca, ont déjà été expérimentées, seules ou associées, sur un certain nombre de semences d'autres phanérogames :

- Des graminées :

Anthoxanthum odoratum

Hordeum vulgare

Triticum sativum

- Des salsolacées :

Beta vulgaris

- Des légumineuses :

Trigonella foenum-graecum

Medicago sativa

Melilotus alba

Melilotus officinalis

Trifolium pratense

Pisum sativum

- Des solanées :

Nicotiana tabacum

- Des composées :

Cichorium intybus

Nous appuyant sur l'ensemble des résultats obtenus, nous allons essayer de comprendre le mode d'action de ces différentes substances.

La coumarine est un inhibiteur de la germination de toutes les graines sans coumarine. Son action est quantitative, d'autant plus nette que la concentration est forte et le temps de trempage important. Nous avons néanmoins rencontré deux exceptions. Un trempage d'une heure semble plus défavorable pour les graines de Beta et Pisum qu'un trempage de trois heures. Mais, l'hydratation de ces graines est laborieuse et l'influence favorable de l'immersion pourrait alors masquer, en partie, lors d'un trempage de trois heures, l'action inhibitrice de la coumarine.

Il résulte de ces expériences que la coumarine ne se comporte jamais comme une hormone végétale. Des solutions très diluées (100 000) se sont parfois révélées inactives mais jamais stimulantes, différence essentielle avec les auxines. En effet, si une forte dose d'auxine peut être toxique, une faible dose est activatrice. Plusieurs autres hypothèses ont été proposées pour expliquer le mode d'action de la coumarine. Une seule aurait été vérifiée.

La coumarine interviendrait sur certains acides aminés indispensables, notamment la cystéïne et la méthionine, en se combinant, d'une part, avec le groupement SH, et, d'autre part, avec le groupement amine. On a pu lever l'action inhibitrice de ce corps par addition d'agents fournissant un excédent de groupements SH.

L'inhibition de la germination par la coumarine n'en demeure pas moins essentiellement une inhibition de la croissance par auxésis, phénomène constaté lors d'expériences sur le coléoptile d'avoine ou la tigelle de pois, car l'activité de l'acide indolacétique serait liée à la possibilité pour l'hormone de se combiner, par son groupement carboxyle, à une fonction amine, et, par un hydrogène du noyau, à un groupement SH du substrat.

La coumarine a, au contraire, stimulé la germination des graines de Mélilotus officinalis et d'Anthoxanthum odoratum. Or, on sait que ces plantes contiennent en abondance des hétérosides coumariques. Ainsi, comme l'ont souligné MM. HOCQUETTE, LESPAGNOL, Mademoiselle NAVREZ, ces plantes seraient mieux adaptées que les autres à faire participer au métabolisme la coumarine apportée aux semences au moment de la germination. Enfin, d'après ces expériences il ne semble pas que les glucosides coumariques soient des produits de déchets comme le pensent certains physiologistes, mais des matières de réserve, cette dernière théorie permettant, seule, d'expliquer pourquoi la stimulation de la germination des graines de flouve et de mélilot est proportionnelle à la richesse en coumarine des solutions.

Deux dérivés de la coumarine ont été
expérimentés : la coumarine carboxylate de sodium, la coumarine
acétate de sodium. Ils se sont montrés beaucoup moins actifs que
la coumarine et, dans bien des cas, n'ont exercé aucune influence
sur la germination (graines de Lactuca, Cichorium, Mélilotus officinalis).

Les résultats différent selon les chercheurs. On ne peut plus faire de distinction bien nette entre les plantes à coumarine et les plantes sans coumarine.

La coumarine carboxylate de sodium n'a d'action marquée, ni sur les graines d'Anthoxanthum odoratum, ni sur les graines de Mélilotus officinalis.

La coumarine acétate de sodium accélère la germination de l'Anthoxanthum, n'a pas d'action sur le Mélilotus.

Il apparaît donc que le greffage d'une chaîne acide sur le noyau de la coumarine a eu pour effet de rendre les dérivés de la coumarine peu actifs.

Nous avons encore étudié l'action que pouvait avoir sur la germination une autre substance qui s'est révélée, par certaines propriétés pharmacologiques, proche de la coumarine : la benzoxazolone.

L'examen des résultats montre que la benzoxazolone est, à la concentration de 1 000, inhibitrice de la germination de toutes les plantes sans coumarine. Elle est toutefois beaucoup moins active que la coumarine à la même concentration. Son influence sur la germination des semences de flouve est discutée. Dans tous les cas, elle active la germination du mélilot officinal.

En considérant les résultats des essais effectués avec des solutions moins concentrées, nous constatons alors que la benzoxazolone stimule la germination d'un certain nombre de semences: Hordeum vulgare, Cichorium intybus, Lactuca, l'action la plus favorable étant obtenue, pour l'orge, avec une solution au 1/100 000, et pour la laitue, avec une solution au 1/10 000. L'activation était marquée par une accélération de la vitesse de germination et par une augmentation de longueur des jeunes plantules. La benzoxazolone agirait donc comme une hormone, une dose différente convenant à chaque plante. Ce n'est là qu'une hypothèse.

Mous ne pouvons toutefois pas adhéror à la conclusion suivant laquelle "Benzoxazolone et Coumarine agissent toujours de la même façon". Faut-il négliger le rôle joué par le groupement - NH - de la benzoxazolone ?

Enfin, nous avons étudié l'influence de l'insuline. Pour ce, diverses expériences ont été réalisées, mais certaines en germoirs, à une température de 24° avec des solutions d'insuline au pH de l'eau distillée, d'autres, à la température ordinaire avec des solutions amenées au pH 9 et au pH 2,5, d'où de nouvelles difficultés qui s'ajoutent à la complexité des phénomènes. Nous pouvons néanmoins affirmer qu'à la concentration de 1 000°, l'insuline exerce une action défavorable sur la germination de toutes les semences.

A la concentration de 1 10 000, son action n'est plus nette, les résultats sont très voisins de ceux obtenus avec l'eau distillée seule. On note quand même une inhibition de la germination des graines qui ont séjourné plus d'une heure dans les solutions. Une exception : l'insuline accélère la levée de dormance et diminue le temps de germination du blé.

La comparaison des essais effectués avec des solutions amenées aux pH 2,5 et pH 9, montre que l'insuline est moins toxique en milieu acide. Or, dans ce milieu, l'insuline est plus stable, les solutions sont beaucoup moins troubles qu'en milieu basique. Aussi, pouvons-nous penser que l'insuline non préalablement dégradée ne participerait pas au métabolisme de la graine, la jeune plantule ne possédant peut-être pas les protéases susceptibles de disloquer cette longue chaîne d'acides aminés. Par contre décomposée, elle exercerait une action défavorable, certains acides aminés libérés pouvant bloquer des processus enzymatiques. Cette hypothèse ne permet pas d'expliquer l'influence favorable de la solution au 10000 sur la germination du blé.

Ainsi beaucoup de faits demeurent obscurs et ces expériences sont à elles seules bien insuffisantes pour permettre d'expliquer tous les phénomènes.

S'il fallait résumer en une phrase cette somme de travail assez considérable, nous dirions que :

- 1. La coumarine et les produits de la même famille chimique ne sont pas retardateurs de la germination pour les semences qui en contiennent, paraissent même être un élément de leur métabolisme, et sont en général toxiques pour les semences qui n'en contiennent pas.
- 2. Ces substances paraissent intervenir dans le métabolisme glucidique, soit directement, soit en agissant sur l'acide indolacétique qui joue un rôle dans ce métabolisme. La dormance conscrait quand les glucides de réserve sont phosphorylés, c'est-à-dire quand il existe des glucides solubles dans la cellule.
- 3. Cette action serait confirmée par celles de l'insuline et de la phloridzine qui se présentent comme des inhibiteurs de la phosphorylation.

Cependant, les expériences éyant porté, non soulement sur un même lot d'une même semence, mais aussi sur différents types de semences, il y a lieu de tenir compte :

1. - des caractères physiologiques propres à chaque semence (il est impossible de faire toutes les expériences sur la même semence ni même sur un groupe génétiquement homogène).

- 2. Des caractères anatomiques propres à chaque groupe de semences (téguments, etc...).
 - 3. De beaucoup d'autres facteurs encore.

J'ai l'autorisation de dire que de nouvelles expériences, compte tenu des processus physiologiques et biochimiques déjà décelés, sont en cours.

0

BIBLIOGRAPHIE

- THOMAS Pierre : Manuel de biochimie, p. 695 700. Bibl. Lille
- LESPAGNOL Charles : "Etudes dans la série des benzoxazolones".

 Thèse Lille 1954
- BEAUVILIAIN Arthur : "Contribution à l'étude de quelques propriétés de l'insuline". Thèso Lille 1950
- VERCIER Paul : "Recherches chimiques dans la série des hydroxy 4 coumarines". Thèse Lyon 1952
- CHOUARD Pierre : "Dormance et inhibition des graines et des bourgeons Préparation au forçage Thermopériodisme"

 1951 Bibl. Marseille
- Dir. THOMAS J. André : "Les facteurs de la croissance cellulaire, activation et inhibition".

 Les facteurs de la croissance cellulaire végétale : les auxines (THIMANN CHOUARD)
- Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale - Bibl. Marseille

1948 : p. 189 - 203 ; 427 - 452 ; 529 - 553

1949 : p. 138 - 152 ; 252 - 258

RENAULT René : Chimie agricole, tome I : Chimie végétale p. 367 - 386 Bibl. Lille

0

TABLE DES MATIERES

	Pages
Introduction	1
La germination	3
Activation of inhibition de la germination	10
Les substances utilisées	13
Mode opératoire	17
Exposé des résultats obtenus:	
A Eau distillée	19
B La coumarine	24
C La coumarine acétate de sodium	30
D La coumarine carboxylate de sodium	33
E La benzoxazolone	36
F L'insulyl	40
Activité comparée des différentes substances	48
Conclusion	51
Bibliographie	58