

# Accélération de la germination sous l'influence des acides

par

K. WIENTJES.

---

## INTRODUCTION.

L'influence des agents externes sur la germination des graines a été étudiée déjà par de nombreux chercheurs. Les points qui ont fait l'objet de ces recherches intéressent principalement l'influence de la lumière, de la température, du substratum. Le présent mémoire sera, comme l'indique le titre, consacré pour la majeure partie à l'examen des influences du substratum.

Lorsqu'on passe en revue ce qui a été publié antérieurement sur ce sujet, on est amené à établir tout d'abord ces deux grandes divisions:

a. Influence des substances azotées

b. Influence des acides, tant organiques qu'inorganiques.

Ce sera plus spécialement de l'action qu'exercent les acides sur la germination des graines que je m'occuperai dans les pages qui suivent. Il ressort de divers travaux que l'on attribue généralement aux acides une action favorable à la germination. Mais les auteurs ne s'accordent pas, jusqu'ici, sur le point de savoir si cette influence s'exerce sur le *spermodermis* ou sur l'*amande* de la graine.

Dans mes recherches personnelles, je me suis proposé de répondre aux questions suivantes:

1°. Les acides ont-ils, réellement, une influence sur la germination?

2°. Dans l'affirmative, cette influence se fait-elle sentir sur l'enveloppe ou sur l'intérieur de la graine? De quelle nature est cette action?

Avant d'aborder mon sujet proprement dit, je voudrais donner un aperçu bibliographique des travaux publiés antérieurement; j'y mentionnerai, en suivant autant que possible l'ordre chronologique, tout ce que l'on sait, actuellement, au sujet de l'influence exercée par les acides du substratum. Au cours de cet exposé, il m'arrivera, de temps en temps, de traiter accessoirement les questions de lumière et de température, quand la chose me paraîtra utile pour arriver à une interprétation meilleure des résultats obtenus.

### Aperçu bibliographique.

(Voir la liste à la fin du travail).

Les recherches les plus anciennes concernant notre sujet se trouvent consignées dans Nobbe, *Samenkunde*. Certains auteurs avaient constaté une influence stimulante des acides; d'autres avaient observé, par contre, une action défavorable.

Le premier travail relativement détaillé et scientifique est dû à Alfred Fischer (1907); dans son mémoire: „Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize", il étudie l'action des acides et des bases sur la germination des graines de plantes aquatiques. Il avait remarqué notamment que, dans un certain lot de graines de *Sagittaria sagittifolia*, qui avaient été conservées dans de l'eau renouvelée constamment, un très petit nombre avaient germé; on avait veillé d'ailleurs, avec grand soin, à ce qu'aucun micro-organisme ne pût s'y développer; dès que

l'on négligeait cette précaution, la germination se produisait.

Le même auteur enrégistre des observations analogues chez d'autres végétaux aquatiques, parmi lesquels l'*Alisma Plantago*. Dans une de ces expériences, il avait cultivé le *Bacillus prodigiosus* dans une solution de 2% de saccharose +  $\frac{1}{2}$ % de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ : cette solution devint acide. Dès lors les graines de plusieurs espèces se mirent à germer: *Alisma Plantago*, *Scirpus lacustris*, *Potamogeton pectinatus*, *Sagittaria platyphylla*. Ce fut cette circonstance qui attira son attention sur une influence possible des acides, issus de fermentation.

Et en effet, des expériences exécutées au moyen d'acide lactique (employé aux concentrations de 1 molécule-gramme pour 25, 50, 100, 200 et 400 litres) fournirent des résultats satisfaisants.

D'autres acides encore, tant minéraux qu'organiques, manifestèrent cette influence; l'auteur enrégistra également une action stimulante de la part des alcalis.

En rangeant les acides dans l'ordre de l'intensité plus ou moins grande de leur influence sur la germination, il crut pouvoir affirmer que cette influence correspondait à leur degré d'acidité. Il en conclut que les ions d'hydrogène agissent comme un excitant.

On devait se figurer, d'après lui, que le protoplasme non ionisé à l'état de repos, serait ionisé par les ions particulièrement actifs des acides ou des bases, c'est-à-dire par les groupements atomiques H et OH; cette ionisation constituerait, pour le protoplasme, une excitation. L'embryon, ainsi „mobilisé”, germerait alors par ses propres forces. Fischer repousse, par contre, l'idée que le spermodermis puisse être modifié sous l'influence des acides ou des bases.

Peu de temps après la publication du mémoire de Fischer, parut un article de William Crocker sur la germination des graines de végétaux aquatiques; l'auteur

y combat l'interprétation donnée par Fischer du rôle joué par les acides.

Crocker constata, entre autres, que les graines germent parfaitement dans l'eau, *pourvu qu'elles reçoivent de l'eau à suffisance*. Il le démontra en faisant germer des graines qu'il avait préalablement privées d'une partie de leur enveloppe.

Il avait, du même coup, énérvé cette opinion de Fischer, d'après laquelle le protoplasme se trouverait à l'état de repos: la germination se produisait, en effet, même en l'absence d'acide. La possibilité n'en subsiste pas moins qu'une excitation traumatique puisse faire valoir son influence sur la germination.

D'après Crocker la structure histologique du spermoderme est telle, chez de nombreuses graines, qu'elle constitue un obstacle au pouvoir d'imbibition de l'embryon. Il le démontra en enlevant, au moyen de pincettes stérilisées, le spermoderme de: *Alisma Plantago*, *Eichhornia*, *Polygonum amphibium* et d'autres encore; ces graines, ainsi traitées, furent alors semées, en même temps que des graines de contrôle, n'ayant subi aucune préparation. Crocker obtint effectivement de cette manière un fort pourcentage de graines germées.

Pour expliquer l'action des acides, observée par Fischer au cours de ses expériences, Crocker admet que des modifications se sont produites au sein du spermoderme; le rôle de l'acide consisterait à ouvrir la voie, en provoquant des modifications dans l'enveloppe de la graine.

La théorie de Crocker constitue ainsi le contrepied de celle de Fischer qui admet une action sur l'amande.

La thèse présentée par Mademoiselle G. Promsy (1912) forme un travail très complet relatif à l'influence des acides sur la germination. Ce sont surtout les acides organiques qui y sont étudiés à ce point de vue. Melle Promsy partit de cette idée qu'il serait très intéressant

au point de vue biologique d'étudier de quelle manière les graines contenues dans des fruits charnus et acides se comporteraient, en présence des acides, au moment de la germination.

Elle examina, dans ce but, les graines de la tomate, du piment, du Cucurbita Pepo et du pommier. Voici quelle méthode elle suivit.

Un poids déterminé (ou un nombre déterminé) de graines sont semées dans des pots remplis de sable de Fontainebleau; ce dernier était imbibé par un volume déterminé (exprimé en centimètres cubes) d'eau ou de l'acide soumis à l'examen. L'action exercée par le substratum est mesurée, en raison du laps de temps employé par les plantules pour apparaître au-dessus du sol, par le poids des plantules à l'état frais et à l'état sec. L'auteur a évité avec grand soin les erreurs possibles, provenant de la respiration et de la transpiration des plantules. Des deux chiffres ainsi obtenus, le premier indique l'augmentation de la teneur en eau, le second l'augmentation des matières nutritives solides. Lorsqu'on y regarde de plus près, on s'aperçoit cependant que ces chiffres ne diffèrent souvent que de quelques milligrammes, et dans ces conditions les conclusions risquent fort de dépasser les prémisses.

Mademoiselle Promsy tira de ses expériences cette conclusion que pour beaucoup de graines la germination se trouve accélérée par l'action des acides; cette action favorable s'observe surtout pour les graines provenant de fruits charnus et acides; pour d'autres graines, par exemple le lupin, l'acide a une influence nuisible. Pour s'expliquer cette différence, l'auteur admet que certaines graines produiraient un ferment appartenant au groupe de la pepsine; la pepsine n'agit, on le sait, sur les albuminoïdes qu'en milieu acide; les graines du lupin contiennent, par contre, une trypsine qui opère mieux en milieu alcalin.

L'acide oxalique, à des concentrations variant de  $\frac{1}{2}$  à  $2\frac{1}{2}$  ‰, influençait très favorablement la germination des graines de tomate. Assez souvent les concentrations plus élevées exerçaient une action plutôt défavorable.

L'auteur crut remarquer encore que certains acides faisaient augmenter le poids des graines: c'est dire qu'ils favorisaient l'absorption d'eau par celles-ci; d'autres acides faisaient monter le chiffre du poids sec: ils avaient donc servi de nourriture aux graines.

Malgré tout l'intérêt que présente le mémoire de Mademoiselle Promsy, je n'ai pu en retirer, pour mes propres expériences, tout le profit que j'en avais attendu; son travail, en effet, s'attache plus particulièrement à l'étude du développement ultérieur de la plantule, et non à celle de la germination proprement dite, caractérisée par la première apparition de la radicule.

Lehmann et Ottenwälder (1913) étudièrent l'action de la lumière sur la germination; leurs expériences portèrent sur des graines qui germent de préférence à la lumière, les „photophiles”. Ils examinèrent, à ce point de vue, les *Epilobium hirsutum* et *Lythrum salicaria*. En faisant intervenir des acides, ils obtinrent de bons résultats, même à l'ombre.

C'est ainsi que le *Lythrum salicaria* donna, avec de l'eau distillée, 98 ‰ de germinations à la lumière; à l'ombre, 13 ‰ seulement. Sur un substratum acide, et à l'ombre, 38 ‰ des graines germèrent quand on leur fournit de l'acide chlorhydrique à la concentration de 0,0125 mol. gr.; 64 ‰ germèrent sur une solution à 0,00625 mol. gr. du même acide. Ces expériences avaient lieu à la température de 30° C.; à 24° et à l'ombre, aucune graine ne germait, même en présence d'acide. Chez le *Lythrum salicaria*, la température a donc une grande influence. D'autres plantes ont donné lieu à des observations analogues. (Voir aussi Lehmann, 1912).

Pour l'*Epilobium hirsutum*, ces auteurs obtinrent 100 % de germinations à 22° et à la lumière, sur l'eau distillée; 3 % seulement à l'ombre. Ces mêmes graines, mises à germer à l'ombre, sur des solutions correspondant respectivement à 0,025, à 0,05, à 0,1, et à 0,2 mol. gr. de HCl, fournirent les chiffres de 44, 78, 67 et 49 %. Nous avons observé, par contre, au cours de nos propres expériences que la concentration de 0,01 mol. gr. a déjà des effets toxiques; les radicules de nos plantes étaient marquées à l'extrémité d'un cercle de couleur foncée. On peut faire à ces expérimentateurs, qui opèrent avec des concentrations aussi fortes, le reproche de ne rien nous dire au sujet de l'état dans lequel se trouvaient leurs plantules.

Pour expliquer l'action stimulante des acides, ces auteurs invoquent l'intervention d'influences catalytiques sur les phénomènes qui se déroulent au cours de la germination. La lumière peut être remplacée, nous l'avons vu, par un substratum acide dans son action sur les graines; aussi Lehmann et Ottenwälder admettent-ils que l'action exercée par la lumière doit, elle aussi, entrer dans la catégorie des réactions catalytiques. Cette interprétation de l'action de la lumière, qui s'appuie de la sorte sur la manière de se comporter des acides, s'applique assez facilement au cas des photophiles. Pour les végétaux qui germent mieux à l'ombre nos auteurs croient que les substances fluorescentes, telles que matières colorantes, sels alcalins etc., agissent à la lumière à la façon d'un poison mortel énergétique sur les enzymes; or à l'obscurité cette action ne trouverait pas à s'exercer.

Ottenwälder (1914) arriva aux mêmes conclusions, relativement à l'influence accélératrice des acides. Il constata que ceux-ci stimulent la germination, non seulement chez les *Lythrum salicaria* et *Epilobium hirsutum*, mais également chez les *Scrophularia nodosa*, *Verbascum thapsiforme*, *Oenothera biennis*, et *Digitalis purpurea*. Les

concentrations optimales de l'acide (HCl), celles qui donnent les résultats les plus favorables, diffèrent d'une plante à l'autre. Pour *l'Epilobium hirsutum*, par exemple, c'est à la concentration de 0,1 mol. gr. que l'acide exerce son influence maxima, au point de vue *intensité* de la germination; c'est, au contraire, à la concentration de 0,05 mol. gr. qu'il fournit le *nombre maximum* de graines germées. L'auteur admet, pour expliquer ces différences, que la concentration de 0,1 mol. gr. était déjà trop forte pour une partie des graines, de sorte que celles-ci ne germèrent que dans une proportion de 70 %; la concentration de 0,5 mol. gr., au début de l'expérience, fut moins favorable au point de vue intensité, mais se montra, par contre, moins nocive et finit par provoquer la germination de 90 % des graines.

A côté des concentrations de HCl, correspondant à 0,1; 0,05; 0,025; et 0,01 mol. gr., la concentration de 0,006 mol. gr. manifesta, chez le *Scrophularia nodosa*, une action stimulante très prononcée. Pour le *Verbascum thapsiforme*, c'est la concentration de 0,01 mol. gr. de HCl qui l'influença le plus fortement; chez le *Digitalis purpurea* ce fut celle de 0,006 mol. gr. et pour *l'Oenothera biennis* celle de 0,006 mol. gr.

Ottenwälder constata, lui aussi, l'influence de la température sur l'activité des acides. Chez le *Scrophularia nodosa*, par exemple, il remarqua qu'à 25° les concentrations de 0,01 et 0,006 mol. gr. de HCl donnaient un fort pourcentage de germinations; à 23° ces concentrations se montraient trop faibles et ne produisaient aucun effet; il fallut, à cette température, renforcer les solutions jusqu'à 0,1 mol. gr. pour obtenir un résultat. A 20°, le *Verbascum thapsiforme* refusa de germer à l'obscurité; à 25°, on constata une action stimulante énergique de la part de la solution à 0,01 mol. gr. de HCl.

Ottenwälder conclut qu'un certain nombre de graines



„photophiles” peuvent être amenées à germer à l’obscurité si on élève la température; sous l’influence d’un substratum acide, ces mêmes photophiles en arrivent à germer à l’obscurité, à des températures qui n’auraient pu provoquer la germination sans intervention d’un acide. Il démontre que l’acide pénètre jusque dans les parties internes de la graine et émet l’opinion que son action stimulante est d’ordre catalytique.

Dans ce même travail, Ottenwälder s’occupe également des modifications qui apparaissent, visibles à l’oeil nu, sur les embryons; *l’aspect externe* de ceux-ci est très différent pour les différentes dilutions de HCl. Voici ce qu’il écrit à ce sujet: „Lorsque la concentration n’était pas trop forte, on n’apercevait, tout d’abord, aucune différence entre les plantules qui avaient germé en présence d’acide et celles auxquelles on n’avait fourni que de l’eau distillée. Au bout de quelques jours seulement une différence se manifestait entre ces deux catégories de plantules: celles qui avaient subi l’influence de l’acide ralentissaient leur croissance, qui s’arrêta bientôt tout-à-fait. Si l’on utilisait une concentration plus forte, le tégument éclatait encore, la *radicule apparaissait encore au dehors*, mais bientôt elle s’arrêtait à ce stade. Pour une concentration encore plus forte, le spermoderme n’éclatait même plus, la radicule ne sortait plus de la graine.”

L’auteur obtint une forte proportion de germinations en traitant préalablement les graines pendant 24 ou 48 h. par une solution de 0,1 mol. gr. de HCl et en les remettant ensuite à germer sur l’eau distillée.

Il démontra, de la sorte, l’influence retardée ou post-action de l’acide. Il constata encore que la lumière et l’acide se contrecarrent dans leur action; cette particularité a été confirmée plus tard par Kuhn pour les graines germant à l’obscurité.

De tout ce qui précède, il semble résulter qu’Otten-

wälder a établi l'influence stimulante des acides sur la germination chez les photophiles.

Crocker et Davis (1914) étudièrent à nouveau la germination d'*Alisma Plantago*; ils y trouvèrent la confirmation des résultats obtenus dans les recherches antérieures de Crocker relativement à la germination des plantes aquatiques.

Le tégument de l'*Alisma* est composé de trois assises concentriques; la plus extérieure est colorée en brun; la couche interne de l'enveloppe est constituée par des membranes cellulaires renfermant de la pectine et de l'hémicellulose. Ces diverses couches de cellules jouent un rôle important lors de la germination; en présence d'acides, les parois cellulaires qui contiennent de la pectine sont, en effet, assez facilement attaquées par ceux-ci. L'enveloppe de la graine devenant ainsi moins résistante, l'embryon gonfle alors, grâce à son pouvoir d'imbibition et à ses propriétés osmotiques, et parvient ainsi à se faire jour au travers du spermoderme. L'explication à laquelle ces auteurs s'arrêtent, pour interpréter le rôle de l'acide dans la germination, est donc basée sur une dissolution chimico-physique des parois cellulaires.

Plus récemment encore, nous rencontrons un nouvel article de Kuhn (1916). Comme mes propres recherches constituent, en quelque sorte, la continuation et le complément de ce travail, je veux exposer ce dernier avec quelque détail. Kuhn rechercha de quelle manière se comportent, au point de vue de leur germination, les graines qui germent normalement à l'obscurité, ou graines „photophobes”, quand on leur fournit un substratum acide; sa conclusion est que, dans ces conditions, la germination est notablement accélérée à la lumière.

Kuhn étudia les espèces suivantes: *Phacelia tanacetifolia*, *Amarantus atropurpureus*, *Solanum Lycopersicum*, *Allium Schoenoprasum*.

Il utilisa des boîtes de verre, qu'il garnit à l'intérieur de 6 couches de papier à filtrer, imbibées de solutions des acides chlorhydrique, sulfurique ou nitrique, aux concentrations de 0,1; 0,05; 0,01; et 0,005 mol. gr. Les graines avaient trempé préalablement pendant 24 heures.

Il constata que les dilutions de 0,1 et 0,05 mol. gr. se montrèrent particulièrement actives. Cette activité se manifesta, non seulement par le nombre de graines germées, mais encore par l'intensité de la germination. À l'obscurité, le substratum acide avait un effet plutôt défavorable. Parmi les acides, ce fut l'acide chlorhydrique qui donna le plus de résultat; puis vint l'acide nitrique, enfin l'acide sulfurique. L'interprétation de Kuhn est la suivante: l'acide pénètre à l'intérieur de la graine (papier de tournesol bleu); une fois là, il intervient de l'une ou l'autre manière dans le rôle des enzymes.

Une circonstance qui frappe dans ce travail de Kuhn, c'est qu'il obtient toujours ses plus hauts chiffres pour les dilutions de 0,1 et de 0,05 mol. gr.; or ces concentrations agissent, en règle générale, si énergiquement sur les tissus végétaux, que ceux-ci sont tués. C'est là une raison sérieuse pour que nous regrettions l'absence de toute description des plantules, qu'il a obtenues sur de tels substratums. La seule mention que l'on trouve à ce sujet dans son mémoire, c'est qu'il a réussi: „à obtenir, à la lumière, du *Phacelia tanacetifolia*, qui normalement germe à l'obscurité, des germinations particulièrement vigoureuses, en plaçant les graines sur un substratum légèrement acide”.

Cette affirmation m'a beaucoup surpris; à ces concentrations élevées de nombreuses radicules apparaissent, il est vrai, au dehors, mais elles ne se développent pas; mes expériences personnelles m'ont convaincu qu'il ne s'agissait pas d'une germination dans ce cas, mais, comme on le verra plus loin, d'un phénomène purement mécanique.

Les expériences sur l'*Amarantus* furent exécutées à diverses températures. Baar avait montré, jadis, qu'entre 10° et 15°, cette plante germe à l'obscurité seulement, tandis qu'à 30° la germination s'effectue aussi à la lumière. Les acides chlorhydrique et sulfurique eurent très peu d'influence; l'acide nitrique donna, à la lumière, un grand nombre de graines germées, le maximum s'observant pour les dilutions de 0,1 et 0,05 mol. gr. Outre l'action de cet acide, l'influence de la température apparut considérable. A 19°, par exemple, et à la lumière, on obtient 57 % de germinations, à l'obscurité 79 %. A 10° les chiffres sont respectivement 5 % et 37 %, sur l'eau distillée; les acides chlorhydrique et sulfurique ont une action défavorable.

Le coefficient élevé, obtenu uniquement avec l'acide nitrique, ne peut pas être attribué à l'influence de l'acide comme tel; il faut tenir compte du fait que cet acide est une combinaison azotée, et ces combinaisons ont, comme on sait, une action stimulante sur la germination de certaines graines.

Le *Solanum Lycopersicum* germe sur l'eau distillée dans la proportion de 77 % à la lumière, de 9 % à l'obscurité. L'intensité de la germination est donc bien moins élevée à l'obscurité qu'à la lumière. L'acide le plus actif est, ici, l'acide sulfurique, aux concentrations de 0,1 et de 0,05 mol. gr.

Chez l'*Allium schoenoprasum*, on ne put constater aucune influence stimulante, même lorsqu'on utilisait des concentrations fortes; celles-ci avaient, au contraire, un effet défavorable.

Une action accélératrice des acides sur la germination n'a donc été démontrée que chez les *Phacelia* et *Solanum*.

Il ne me reste plus à mentionner, parmi les travaux dans lesquels j'ai puisé des renseignements, que les mémoires de Traube et Marusawa (1916), et de Traube et Rosenstein (1919).

Les auteurs ont expérimenté, d'après le premier de ces deux mémoires, sur des graines d'orge, qu'ils traitaient pendant 30 minutes par des solutions acides à des concentrations diverses de 1 à  $\frac{1}{64}$  mol. L'intensité de l'action exercée par l'acide était mesurée par le nombre de graines germées et la croissance des plantules. L'acide citrique se montra particulièrement actif. Cependant, lorsqu'on examine les chiffres de plus près, on s'aperçoit qu'ils ne diffèrent que fort peu. On peut se demander encore si un traitement préalable de 30 minutes dure assez longtemps pour exercer une influence quelconque. Le mémoire le plus récent mentionne entre autres des expériences sur l'action des acides gras. Les acides capronique et caprylique, agissant à l'état de vapeur, semblent avoir une influence stimulante assez prononcée. L'observation est sans nul doute intéressante, mais l'effet produit par des substances aussi spéciales sort évidemment du cadre de mes recherches propres qui s'occupent des accélérations données par les corps en raison de leur degré d'acidité.

### Recherches personnelles.

Chaque fois que j'ai pu le faire, j'ai toujours établi mes expériences en double série. Je mettais cent graines à la fois à germer sur du papier à filtrer, imbibé de la solution à expérimenter. Je déposais en même temps sur du papier identique, imbibé d'eau distillée, un lot de graines, destinées à des observations comparatives de contrôle. Au début, j'employai le papier à filtrer de Schleicher et Schüll; plus tard, les circonstances de la guerre m'ont forcé à y renoncer et à utiliser le papier à filtrer ordinaire. Je m'assurais tout d'abord, par une opération assez simple, que le papier ne donnait pas de réaction acide; j'en faisais bouillir, pendant quelque temps, dans de l'eau

distillée, préalablement bouillie, des morceaux, que j'essayais ensuite au moyen du papier de tournesol.

A l'obscurité, j'ai pu expérimenter à température constante, à 27° et à 30°; je n'ai, par contre, pas pu réaliser ces conditions pour les expériences exécutées à la lumière (naturelle).

Les espèces qui ont été examinées, au point de vue de l'influence des acides, sont: *Phacelia tanacetifolia*, *Solanum Lycopersicum*, *Alisma Plantago*, *Epilobium hirsutum*, *Lythrum salicaria*. Les acides étudiés sont: les acides chlorhydrique, sulfurique, nitrique, oxalique et tartrique, à des concentrations diverses. Tous les réactifs employés provenaient de la „Pharmaceutische Handelsvereniging” d'Amsterdam; ils étaient garantis chimiquement purs.

### *Phacelia tanacetifolia*.

Ainsi que je l'ai mentionné plus haut, dans l'aperçu bibliographique, Kuhn avait obtenu des résultats, positifs principalement, par l'emploi des concentrations élevées (0,1 et 0,05 mol. gr.). Dans le tableau I nous mettons sous les yeux du lecteur une série d'expériences exécutées au moyen de solutions acides encore plus concentrées; partout, cependant, les radicules se sont montrées au dehors.

Tableau I.

Plante.	Phacelia tanacetifolia. Lumière naturelle ( $\pm$ 27°). Semé le 14/5 '18.											
	1 HCl 4 m.		2 HCl 2 m.		3 HCl 1 m.		4 HCl 0.5 m.		5 HCl 0.1 m.		7 Eau dist.	
15	0	0	1	3	22	23	32	28	24	21	1	3
16	2	2	13	15	90	88	80	65	63	66	2	3
17	2	2	15	16	90	88	90	85	64	68	2	3
21	2	2	32	26	90	88	90	85	64	69	2	3

Les germinations apparentes obtenues par ce traitement ne se développent pas davantage. Les radicules, une fois sorties, ne s'allongent pas, et jamais non plus la tigelle ne montre d'accroissement. Mais fréquemment l'embryon entier a quitté la graine, ou n'adhère plus que légèrement à celle-ci. Il ne saurait, manifestement, s'agir ici d'un phénomène vital, puisque l'acide chlorhydrique tue infailliblement la graine à la concentration de 1 mol. gr.; il n'y a eu qu'un *refoulement*, une *expulsion de l'embryon hors du spermoderme* sous l'influence de cet acide; c'est un simple phénomène mécanique. Le même résultat s'obtient encore pour les concentrations de 0,05 mol. gr. (Tableau II) et de 0,1 mol. gr. (Tableau III). Mais visiblement les concentrations de 4 mol. gr. et 2 mol. gr. sont déjà nuisibles à cette expulsion.

Tableau II.

9/7 '18.		Phacelia tanacetifolia. Lumière naturelle. Acides divers.						
No. Date.	45 HCl 0.05 m.	47 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.05	49 HNO <sub>3</sub> 0.05	51 Ac. ox. 0.05	53 Ac. tart. 0.05	55 Eau dist.		Temp. ° C.
10	35 39	31 33	25 29	48 47	— —	— —	— —	18—21
11	54 53	41 44	46 56	58 55	5 6	6 7	6 7	17—21
12	59 56	49 46	46 56	58 55	10 9	7 7	7 7	17—20
13	59 56	52 47	49 56	moisissures	11 9	7 8	7 8	18—22
15	59 56	52 47	49 56	id.	— —	7 8	7 8	19—24

Ce tableau nous montre que les divers acides ont la même action, pour une même concentration. Seul l'acide tartrique s'écarte notablement des autres acides.

Tableau III.

25/6 '18.		Phacelia tanacetifolia. Lumière naturelle. Acides divers.								
No. Date.	34 HCl 0.1 m.		36 HNO <sub>3</sub> 0.1 m.		33 Ac. tart. 0.1 m.		35 Ac. ox. 0.1 m.		37 Eau dist.	
26	34	38	36	44	9	6	48	44	1	0
27	67	61	71	70	12	12	49	52	5	7
28	71	64	71	70	22	17	49	52	7	11
29	71	64	71	70	32	23	49	52	9	11
17	71	64	71	70	moisis- sures		49	52	11	12

L'acide tartrique se montre toujours moins actif que les autres. Pour ces derniers, le chiffre maximum est atteint le 27 juin; pour l'acide tartrique, à la concentration de 1 : 10 mol. gr. les chiffres montent progressivement jusqu' à la fin de l'expérience.

La sortie des radicules, — nous l'avons rappelé plus haut — est considérée par Kuhn comme une germination.

Ce même résultat peut cependant être obtenu en faisant bouillir les graines pendant quelques minutes dans l'eau ou dans une solution acide. Comme on pourrait s'imaginer que les graines avaient été endommagées par les soubresauts du liquide en ébullition, j'ai répété l'expérience sur quelques graines que je plongeai pendant 5 minutes dans l'eau bouillante après les avoir enveloppées préalablement dans un chiffon de toile; après avoir subi ce traitement, 75 % des graines avaient sorti leur radicule; pour un grand nombre d'entre elles, la radicule était même restée adhérente aux cotylédons.

Une seconde expérience fut faite sur des graines de *Phacelia* que je laissai séjourner, à l'obscurité, dans de l'eau additionnée de chloroforme; au bout de deux jours,



je pus, cette fois encore, constater un fort pourcentage de radicules faisant saillie hors de la graine.

Un certain nombre de graines de *Phacelia* furent traitées pendant 48 heures par  $HgCl_2$  à la concentration de  $\frac{1}{2}\%$ . Chez quelques-unes, la radicule apparut au dehors, alors que les graines étaient encore plongées dans la solution de sublimé; les autres furent déposées sur une solution d'acide chlorhydrique à la concentration de 0,05 mol. gr.: chez la plupart d'entre elles, la radicule et les cotylédons apparurent au dehors.

Le tableau IV résume les résultats d'une expérience exécutée sur des graines de *Phacelia*, exposées aux vapeurs de chloroforme. Deux boîtes de verre furent placées l'une dans l'autre avec, dans l'intervalle des deux, un tampon d'ouate imbibé de chloroforme. Comme substratum, de l'acide chlorhydrique, aux dilutions de 1 mol. gr., de 0,05 mol. gr. et 0,005 mol. gr. et de l'eau distillée.

Tableau IV.

Semé le 10 4 '18.	Phacelia tanacetifolia sur substratum, exposé aux vapeurs de chloroforme.							
	Lumière.				Obscurité.			
Date.	HCl 1 m.	HCl 0.05	HCl 0.005	Eau dist.	HCl 1 m.	HCl 0.05	HCl 0.005	Eau dist.
11	6	41	13	14	13	45	21	45
12	45	54	28	27	61	52	33	47
13	65	54	35	31	71	52	40	54
14	65	54	36	33	73	52	40	54
15	65	54	36	33	73	52	40	54

Les radicules qui avaient été refoulées hors de l'enveloppe de la graine ne se sont pas développées ultérieurement, même sur l'eau distillée. Les résultats obtenus ont été à peu près identiques à la lumière et à l'obscurité; seules,

les deux séries traitées à l'eau distillée montrèrent quelque différence à ce point de vue; ici encore, on peut s'apercevoir que l'on a affaire à une plante qui, normalement, germe à l'obscurité. Dans la présente expérience, le lot de graines, qui a germé sur l'eau distillée et à la lumière, a donné un pourcentage plus fort que ce n'est d'habitude le cas; cela est dû à l'action des vapeurs de chloroforme qui, en attaquant la couche subérifiée du spermoderme, a rendu celui-ci plus perméable.

Si l'on soumet directement les graines à l'influence du chloroforme, sans les imbiber préalablement, et qu'on les y laisse exposées pendant 48 heures, ces graines germent comme si le chloroforme n'était pas intervenu; cette dernière substance est donc incapable de traverser le spermoderme, lorsque celui-ci est sec.

Les expériences qui précèdent démontrent à suffisance que l'apparition des radicules au dehors, qui se produit sous l'action des solutions acides à concentration élevée, n'est pas un phénomène vital; cette sortie des radicules est une conséquence d'un gonflement des tissus provoqué par telle concentration déterminée d'un acide, gonflement qui refoule les radicules hors de la graine.

Il y a lieu de remarquer que, pour les concentrations élevées, les essais de „germination” suivent une marche absolument parallèle à la lumière et à l'obscurité. Le tableau V donne une idée de ce parallélisme.

Tableau V.

Phacelia tanacetifolia. 1/10 mol. Acides divers.								
25/6 '18. Date.	Lumière. HCl 0.1		Obscurité. HCl 0.1		Lumière. HNO <sub>3</sub> 0.1		Obscurité. HNO <sub>3</sub> 0.1	
26	34	38	41	56	36	44	36	41
27	67	61	63	80	71	66	62	68
28	71	64	65	80	71	70	63	68
29	71	64	66	80	71	70	63	68

Suite:

25/6 '18. Date.	Lumière. Ac. tartr. 0.1		Obscurité. Ac. tartr. 0.1		Lumière. Ac. oxal. 0.1		Obscurité. Ac. oxal. 0.1		Lumière. Eau dist.		Obscurité. Eau dist.
26	9	6	3	7	48	44	44	49	1	0	49
27	12	12	22	32	49	52	58	59	5	7	79
28	22	17	32	50	49	52	58	63	7	11	82
29	32	23	33	58	49	52	58	63	11	12	84
	mois- sures										

De ce tableau, il ressort encore que l'acide et l'obscurité n'agissent pas dans le même sens: leurs influences se contrecarrent plutôt. Kuhn avait déjà remarqué ce fait, que nous pouvons, actuellement, expliquer facilement. Les concentrations acides fortes tuent rapidement les graines et refoulent les radicules au dehors; ce dernier phénomène, nous l'avons constaté plus haut, n'est plus un phénomène vital; la graine, dès lors, est devenue insensible à l'action de la lumière et de l'obscurité et n'est plus influencée par elles; le nombre de „germinations” obtenues sera le même à la lumière et à l'obscurité. Comme ce chiffre est inférieur à celui que l'on observe pour l'eau distillée et à l'obscurité, le résultat final constaté paraît dû à un antagonisme des deux facteurs (acide et obscurité). On pourrait trouver, dans cette particularité, un argument en faveur d'une action mécanique.

Il est donc démontré que les concentrations fortes n'exercent pas d'action accélératrice; voyons maintenant quelle influence auront les concentrations de 0,01, de 0,005 et de 0,001 mol. gr.

Tableau VI.

Semé le 14/4 '18.	Phacelia tanacetifolia; acides divers 0.01 mol. à la lumière et à l'obscurité. $\pm$ 23°.							
Date.	253 HNO <sub>3</sub> 0.01 mol.				254 HCl 0.01 mol.			
	Lumière.		Obscurité.		Lumière.		Obscurité.	
15	12	12	82	83	9	1	85	77
16	17	22	92	89	13	2	91	86
17	17	26	94	91	13	4	94	88

Suite:

Date.	255 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.01 mol.		256 Acide oxalique 0.01 m.				269 Eau dist.			
	Lumière.		Obscurité.		Lumière.		Obscurité.			
15	2	1	48	48	11	13	81	82	12	79
16	3	2	67	65	16	17	88	91	19	85
17	3	2	74	73	17	17	93	91	21	90

Sur les acides à la concentration de 0,01 mol. gr. les graines donnent partout des plantules bien constituées, sauf pour l'acide sulfurique. Les plantules traitées par cet acide présentaient un anneau de couleur foncée à l'extrémité de la radicule; celle ci prit, par la suite, une forme contournée et tordue; les cotylédons restèrent grêles. L'action toxique de l'acide sulfurique était nettement reconnaissable. L'intensité de la germination fut également plus faible. Un certain nombre de graines sortirent d'abord leurs cotylédons; or, c'est là, d'après Heinricher, un phénomène qui se présente chaque fois que la germination s'opère dans des conditions défavorables.

A la concentration indiquée plus haut, on ne peut constater aucune action stimulante des acides.

Tableau VII.

10/7 '18.	Phacelia tanacetifolia. Acides divers 0.005 mol. gr. à la lumière et à l'obscurité.															
Date.	HCl 0.005 m.				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.005 m.				HNO <sub>3</sub> 0.005 m.				Eau dist.			
	Lum.		Obsc.		Lum.		Obsc.		Lum.		Obsc.		Lum.		Obsc.	
11	6	9	69	81	2	1	34	44	20	11	79	80	6	7	80	71
12	6	11	75	84	4	6	52	61	23	14	86	84	7	7	81	74
13	6	12	81	86	5	7	67	69	23	14	87	90	7	8	84	75
15	7	12	84	88	5	8	74	75	23	14	87	90	7	8	86	—

Suite:

Date.	Ac. tart. 0.005 mol.				Ac. oxal. 0.005 mol.				Température (degr. centigr.)
	Lumière.		Obscurité.		Lumière.		Obscurité.		
11	13	5	44	37	4	7	61	54	17—21
12	18	6	52	54	5	9	71	66	17—20
13	18	8	52	54	5	10	79	71	18—22
15	19	8	62	63	7	11	85	77	19—24

A part l'acide nitrique, qui a exercé une légère influence stimulante, les autres acides n'ont eu aucune action, à cette concentration.

Tableau VIII.

11/6 '18.	Phacelia tanacetifolia. Acides divers 0.001 mol.									
Date.	HCl 0.001		Ac. tart. 0.001		Ac. oxal. 0.001		Eau dist.			
12	18	8	9	8	8	6	13	14		
13	19	8	9	8	8	8	14	15		
14	19	8	9	9	8	10	14	15		
15	19	8	9	9	8	10	14	15		

Cette fois encore, la germination n'est influencée en aucune manière.

Kuhn faisait tremper ses graines pendant 24 heures dans l'obscurité; je me suis demandé si cette circonstance n'avait pas pu influencer l'action exercée par le substratum; les recherches exécutées dans ce sens ne me donnèrent aucun résultat. (Tableau IX).

Tableau IX.

Semé le 10/4'18	Phacelia tanacetifolia. Graines trempées préalablement (48 h.)					
	Lumière.			Obscurité.		
	HCl 0.05	HCl 0.005	Eau dist.	HCl 0.05	HCl 0.005	Eau dist.
11	53	2	0	60	20	25
12	63	2	2	74	66	67
13	69	3	2	75	68	82
14	69	3	2	77	68	82

Les diverses expériences qui précèdent montrent bien que la conclusion formulée par Kuhn est erronée, parce qu'elle se basait sur un examen inexact et superficiel de ses graines. Voici ce qu'il écrivait: „Le *Phacelia tanacetifolia* est une plante qui, normalement, germe à l'obscurité; elle peut, néanmoins donner, même à la lumière, un fort pourcentage de germinations, si l'on ajoute au substratum un acide en solution étendue: acide chlorhydrique, sulfurique ou nitrique”.

Mes essais de germination ont apporté la preuve qu'à la concentration de 0,05 mol. gr. ou plus, aucun acide ne provoque la germination, bien que la radicule soit refoulée hors de la graine.

Cette sortie de la radicule est un *phénomène mécanique*.

Afin d'élucider plus exactement ce point, je fis une série de coupes à travers une même graine et déposai celles-ci

dans l'acide chlorhydrique, aux dilutions de 1 mol. gr. et de 0,05 mol. gr. et dans l'eau distillée pendant 24 heures. Je pris soin, tout spécialement, que la section de la radicule fût autant que possible comprise dans la coupe; mais je n'y réussis pas toujours. L'examen microscopique fit voir que l'endosperme se composait de cellules pourvues de parois très épaisses. Ces parois gonflent probablement, sous l'influence de l'acide, et poussent ainsi la radicule au dehors. Je tentai de mesurer les différences d'épaisseur que présentaient ces parois cellulaires dans les différentes coupes; en utilisant un grossissement de 350, je n'arrivai, cependant, à aucun résultat positif.

(J'ai pu observer souvent, sur des graines dont la radicule avait ainsi été expulsée du spermoderme, la présence d'une bulle d'un liquide visqueux qui faisait saillie hors de l'ouverture. Il n'est pas impossible que ce liquide joue un rôle lors du refoulement de la radicule).

### **Solanum Lycopersicum.**

Cette plante, comme la précédente, germe normalement à l'obscurité; elle fournit cependant d'assez bonnes germinations à la lumière; ainsi p. ex. sur l'eau distillée: 75 % à la lumière, 95 % à l'obscurité. L'énergie de la germination est, d'autre part, notablement plus élevée à l'obscurité qu'à la lumière; il y a lieu de tenir compte de ces diverses particularités, si l'on veut juger en connaissance de cause de la réalité d'une action stimulante éventuelle.

Kuhn a enregistré une action accélératrice des acides, et indiqué les concentrations de 0,1 et de 0,05 mol. gr. d'acide sulfurique comme donnant des résultats particulièrement favorables; nous avons, en conséquence, songé immédiatement à la possibilité de phénomènes analogues à ceux que nous avons constatés chez le *Phacelia*.

J'étudiai, tout d'abord, l'influence de l'acide chlorhydrique,

à la lumière et à l'obscurité, aux concentrations de 0,05 et de 0,005 mol. gr. (Tableau X).

Tableau X.

No.	Lumière.						Obscurité.					
	113		115		117		114		116		118	
	Eau dist.	HCl 0.05	HCl 0.05	HCl 0.005	HCl 0.005	HCl 0.005	Eau dist.	HCl 0.05	HCl 0.05	HCl 0.005	HCl 0.005	HCl 0.005
21	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0
23	2	1	39	37	0	0	66	73	85	81	37	31
24	5	5	68	62	2	1	77	85	94	91	70	61
25	19	16	79	75	7	8	87	93	96	91	85	83
26	35	28	86	77	23	19	89	95	96	93	90	87
27	49	46	87	78	39	38	89	95	97	93	92	89
28	63	64	89	81	62	60	89	95	97	93	93	90
30	66	70	90	82	74	68	89	95	97	95	95	91
1 Oct.	69	70	90	82	74	68	89	95	97	95	95	91

Les graines placées sur l'eau distillée ainsi que celles qui germèrent sur une solution acide à 0,005 mol. gr., donnèrent de bonnes plantules. Le substratum d'acide chlorhydrique à la dilution de 0,05 mol. gr. ne fournit, par contre, que des racines qui *ne se développèrent pas*.

Comparons les chiffres des colonnes 115 et 116, qui donnent les résultats obtenus pour la dilution de 0,05 mol. gr., respectivement à la lumière et à l'obscurité; on s'aperçoit tout de suite que les deux séries „lumière” et „obscurité” ne suivent pas, comme chez le *Phacelia*, une marche parallèle. L'intensité de la germination est beaucoup plus élevée à l'obscurité; l'influence de la lumière l'emporte sur celle de l'acide; la plante manifeste clairement son caractère de „photophile”. Au 1<sup>er</sup> octobre, le nombre



de graines germées est redevenu à peu près identique de part et d'autre.

Le tableau X nous apprend encore que HCl, à la dilution de 0,05 mol. gr., exerce une *influence accélératrice*.

J'ai réexaminé ensuite, avec plus de détails, quelle serait l'action exercée par d'autres acides, aux concentrations de 0,05 et de 0,005 mol. gr. (Tableau XI).

Tableau XI.

## Solanum Lycopersicum.

## A. Lumière.

No. Semé le 8/1 '19	220 HCl 0.05		221 HCl 0.005		222 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.05		223 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.005		224 HNO <sub>3</sub> 0.05		225 HNO <sub>3</sub> 0.005	
	12	4	4	0	0	28	20	0	0	26	16	0
13	44	47	7	7	71	66	21	15	60	49	43	23
15	85	81	67	72	86	82	81	76	89	87	86	87
22	93	84	91	93	89	90	94	96	96	96	89	93

## Suite:

No.	226 Ac. ox. 0.05		227 Ac. ox. 0.005		228 Ac. tart. 0.05		229 Ac. tart. 0.005		230 Eau dist.		Temp. (degrés centigr.)
	12	14	2	0	0	7	6	2	2	0	
13	77	42	27	24	41	40	47	47	32	31	17—22
15	92	81	83	83	70	83	87	86	89	85	15—20
22	moisis- sures		89	94	moisis- sures		93	94	96	94	12—25

## B. Obscurité.

No.	231 HCl 0.05		232 HCl 0.005		233 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.05		234 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.005		235 HNO <sub>3</sub> 0.05		236 HNO <sub>3</sub> 0.005	
12	66	69	15	18	66	58	6	15	61	50	17	7
13	84	87	85	87	87	78	84	78	85	79	87	78
15	88	88	95	94	88	82	94	89	92	90	93	92
22	90	92	95	94	92	97	94.	91	94	90	96	94

## Suite:

No.	237 Ac. ox. 0.05		238 Ac. ox. 0.005		239 Ac. tart. 0.05		240 Ac. tart. 0.005		241 Eau dist.		Temp. (degrés centigr.)
12	1	4	14	15	34	26	17	17	30	30	12—24
13	6	29	75	77	72	79	76	75	80	81	17—22
15	25	68	89	93	89	97	87	89	89	87	15—20
22	moisissures		95	96	moisissures		90	89	94	92	12—25

Sur le substratum correspondant à une dilution acide de 0,05 mol. gr., on ne vit apparaître que des radicules. L'acide oxalique, cependant, fait exception (col. 225 et 227); les plantules auxquelles on avait fourni cet acide présentaient un aspect tout différent des autres: elles étaient frêles, peu développées, la radicule était marquée vers son extrémité d'un anneau foncé. Un certain nombre de ces graines se transformèrent en plantules tachetées. Il semblait que, chez ces graines, les radicules avaient été, dès leur sortie, attaquées par l'acide oxalique; ce dernier étant moins toxique que les autres acides, les radicules s'étaient remises à croître. La toxicité moindre de l'acide oxalique, comparée à celle des autres acides, apparaît encore par un autre détail: sur les substratums correspondant à une dilution de 0,05 mol. gr., les graines

de tomate se colorent en jaune clair pour tous les acides autres que l'acide oxalique; pour celui-ci, une partie au moins des graines conservent leur couleur primitive, comme sur l'eau distillée.

Il ressort encore de l'examen du tableau, que la concentration de 0,005 mol. gr. n'exerce aucune action stimulante sur la germination, à la lumière; elle n'influe ni sur le nombre de graines germées, ni sur l'intensité de la germination. Seuls les acides nitrique et tartrique, peut être, activent quelque peu la germination (voy. les colonnes 225, 229 et 230). A la lumière surtout, l'intensité de la germination est bien plus élevée sur les acides à la dilution de 0,05 mol. gr. que sur l'eau distillée.

Une fois ces faits acquis, je me suis demandé si, comme dans le cas du *Phacelia*, le fort pourcentage fourni par la concentration de 0,05 mol. gr., serait oui ou non le résultat d'un phénomène vital.

J'ai donc fait bouillir dans l'eau, pendant 5 minutes, un certain nombre de graines de tomates; dans ces conditions, *Phacelia* avait sorti déjà de nombreuses radicules. Chez les graines de tomate, je n'obtins, au contraire, *aucun résultat*. J'ai pu, après cela, déposer ces graines sur des solutions de HCl, aux concentrations de 4 mol. gr. de 2, de 1, de 0,05 et de 0,005 mol. gr.; aucune modification ne se produisit. Dans un second essai, je plongeai mes graines dans l'eau bouillante à 100°, où je les laissai pendant 5 minutes. Déposées ensuite sur divers substrats, elles restèrent immuables, comme les précédentes. J'ai encore enregistré la même absence de résultat pour un troisième essai, dans lequel les graines avaient séjourné pendant 5 minutes dans de l'eau à 65°. J'ai pu, de même, faire bouillir les graines en présence d'acide, toujours avec le même résultat négatif.

On pouvait encore supposer que l'action de l'eau, à ces températures élevées, avait pu provoquer dans les

parois cellulaires des modifications telles que le refoulement de la radicule au dehors n'était plus possible. Je tuai alors les graines au moyen de chloroforme, en déposant, dans la boîte qui contenait celles-ci, un tampon imbibé de chloroforme. Sur les substrats constitués respectivement par HCl aux dilutions de 0,05 mol. gr. et 0,005 mol. gr. et par de l'eau distillée, une seule radicule apparut au dehors.

Les choses se passent donc, dans ce cas, tout autrement que chez le *Phacelia*, et nous sommes obligés de reconnaître que, chez le *Solanum Lycopersicum*, les acides exercent vraiment une *influence accélératrice sur la germination*. Il n'est du reste pas impossible que cette accélération soit due à des modifications telles de l'endosperme ou du tégument séminal que la radicule, sans être mécaniquement chassée, arrive plus facilement, au cours de sa croissance normale, à se faire jour au travers de l'enveloppe. Ce serait donc ce que Crocker pense être le cas chez l'*Alisma*. Quoiqu'il en soit, la radicule entre, en fin de compte, *en contact avec une solution acide, d'une concentration trop forte, qui la tue*. Si nous déposons ultérieurement sur l'eau distillée un certain nombre de graines, dont la radicule vient de sortir, ces graines continuent à germer; mais toute la portion terminale qui était déjà sortie de l'enveloppe meurt.

### Alisma Plantago.

Crocker a avancé que si l'*Alisma* ne germe pas sur l'eau distillée, cela tient à ce que les graines ne peuvent absorber une quantité d'eau suffisante; il conseille de semer les graines à expérimenter sous l'eau. C'est pourquoi j'ai distribué mes expériences de germination en deux séries simultanées; dans l'une les graines étaient déposées

sur le substratum; dans l'autre, elles étaient semées dans le substratum (Tableau XII).

Tableau XII A.

Semée 2/1 '19. Alisma Plantago, sur papier à filtrer imbibé du substratum à la lumière.						
No. Date.	215 a. Eau dist.	216 a. HCl 1 m.	217 a. HCl 0.05	218 a. HCl 0.005	219 a. HCl 0.001	Temp. (degr. centigr.)
3	0 0%	1 4 $\frac{1}{2}$ %	9 60%	0 0%	1 6%	14—20
4	0 —	13 57 „	10 67 „	0 0 „	1 —	13—18
5	0 —	18 78 „	13 87 „	1 5 „	1 —	13—24
6	0 —	18 —	13 —	1 —	1 —	12—19
7	0 —	18 —	13 —	1 —	1 —	11—19
Nom- bre de graines	16	23	15	19	17	

Tableau XII B.

Alisma Plantago, dans le substratum à la lumière.						
No. Date.	215 b. Eau dist.	216 b. HCl 1 m.	217 b. HCl 0.05	218 b. HCl 0.005	219 b. HCl 0.001	Temp. (degr. centigr.)
3	1 4%	3 10%	22 92%	1 6%	1 5%	14—20
4	3 12 „	16 53 „	24 100 „	1 6 „	1 —	13—18
5	3 —	19 63 „	24 —	2 12 „	1 —	13—24
6	3 —	19 —	24 —	2 —	1 —	12—19
7	3 —	19 —	24 —	2 —	1 —	11—19
Nom- bre de graines	24	30	24	17	19	

Nos essais n'ont porté que sur un petit nombre de graines; malgré cela, on voit clairement que se sont les germinations sous l'eau qui ont donné le meilleur résultat.

Les embryons ne se sont développés en plantules que dans l'eau distillée ainsi que dans les solutions acides à 0,005 et 0,001 mol. gr. A la dilution de 0,05 mol. gr. — et ce résultat se répéta dans un second essai — toutes les radicules sortirent de l'enveloppe, mais la germination ne se produisit pas.

Poursuivant la même méthode que j'avais employée déjà avec le *Phacelia* et le *Solanum*, je tuai un certain nombre de graines. Je les fis bouillir d'abord pendant 5 minutes dans l'eau; aucune radicule ne se montra au dehors. Je les déposai ensuite sur un substrat d'HCl dilué à 0,005 mol. gr.; cette fois *toutes les radicules sortirent*.

Quelques graines furent alors plongées dans l'acide chlorhydrique dilué à 0,05 mol. gr., agité avec du chloroforme: le résultat fut identique.

Ces données nous permettent de conclure que chez l'*Alisma Plantago*, comme chez le *Phacelia* c'est à la suite d'un *effet mécanique* que les radicules sont *refoulées hors de l'enveloppe de la graine*.

Les observations et essais exposés plus haut plaident en faveur de la manière de voir de Crocker, qui admet une action des acides sur le *spermoderme*; les auteurs allemands, au contraire, considèrent, en règle générale, les acides comme des excitants, comme des catalyseurs. Crocker est d'avis que des modifications d'ordre physico-chimique ont lieu dans le spermoderme, modifications qui facilitent la germination; les acides n'interviendraient donc pas directement dans les phénomènes vitaux; ils n'agissent que sur un organe mort: le spermoderme. Cette interprétation correspond bien à l'action mécanique que j'ai invoquée moi-même.

### **Lythrum Salicaria.**

Ottenwälder, dans ses expériences sur cette plante,

observa 98 % de germinations à la lumière, 13 % à l'ombre, à la température de 30° et avec l'eau distillée; il constata pour les solutions d'acide chlorhydrique dilué à 0,0125 et 0,00625 mol. gr. une action stimulante à l'ombre.

Cette plante a donc les caractères d'une „*photophile*”.

Tableau XIII.

Semé le 12/4. Lythrum Salicaria en thermostat à 30°. Obscurité.				
No. Date.	257 HCl 0.01	258 HCl 0.005	259 HCl 0.001	260 Eau dist.
14	43	37	33	41
15	86	85	83	85
16	87	87	86	91
17	87	88	92	91

Sur tous les substratums, les graines donnèrent donc de bonnes plantules. Seul l'acide chlorhydrique dilué à 0,01 mol. gr. fournit des plantules dont la racine était marquée, à l'extrémité, d'un anneau de coloration foncée. La croissance de ces plantules était beaucoup plus faible que pour les autres; celles d'entre elles qui avaient germé les premières donnèrent seules une tige pourvue de cotylédons.

J'ai noté de plus que l'eau distillée fournit un très fort pourcentage de germinations; Ottenwälder avait, lui aussi, fait cette remarque au cours de ses expériences; il attribua le phénomène à une sorte de post-maturation des graines.

A la température de 30° on n'aperçoit pas trace d'une action stimulante des acides sur la germination chez le *Lythrum*. Comme cette forme est très sensible à l'influence de la température lors de la germination, je fis une nouvelle expérience à 27° et à l'obscurité (Tableau XIV).

Tableau XIV.

7/12 '18. Lythrum Salicaria en thermostat à 27°. Obscurité.										
No. Date.	200 HCl 2 mol.		201 HCl 0.05		202 HCl 0.005		203 HCl 0.001		204 Eau dist.	
10	0	0	0	0	32	35	—	—	17	10
11	0	0	0	0	54	57	39	55	44	37
13	0	0	0	0	63	66	42	63	52	45
16	0	0	0	0	63	66	54	70	57	45

On peut constater une très légère accélération de la germination, pour l'acide chlorhydrique dilué de 0,005 et 0,001 mol. gr. Le nombre de graines qui ont germé sur l'eau distillée est, cette fois encore, beaucoup plus élevé que ne le mentionne Ottenwälder. Les concentrations plus fortes ne donnent aucun résultat. Les radicules ne sortent pas de l'enveloppe. Je ne suis donc pas parvenu à apporter, pour les graines de *Lythrum* que j'ai utilisées, la preuve d'une influence accélératrice des acides sur la germination.

### *Epilobium hirsutum.*

Cette plante rentre également dans la catégorie de celles qui germent de préférence à la lumière; c'est encore une de celles qu'a étudiées Ottenwälder. Cet auteur a constaté une action accélératrice des acides, principalement pour les concentrations de 0,05, de 0,1 et de 0,2 mol. gr. Au cours de mes recherches personnelles, j'ai observé que la concentration de 0,01 mol. gr. a déjà une influence toxique; les radicules offrent une coloration foncée vers leur extrémité. Ces graines donnèrent, malgré cela, des plantules.



Tableau XV.

24/8 '18.		Epilobium hirsutum. Lumière et obscurité; température ordinaire.						
		200 graines dans chaque boîte.						
Date.	Lumière.				Obscurité.			
	Eau dist.	HCl 0.01	HCl 0.005	HCl 0.001	Eau dist.	HCl 0.01	HCl 0.005	HCl 0.001
29	106	66	93	94	15	5	12	10
30	119	78	98	102	18	8	14	13
31	120	88	108	110	23	9	22	22
2	123	97	113	120	29	11	29	27
3	130	100	116	126	31	15	30	29
4	131	100	116	127	33	16	30	30
5	131	103	117	127	34	17	30	32
6	132	104	117	127	34	18	30	32
7	132	105	118	127	34	19	30	34
9	134	105	119	128	35	20	31	35
10	138	108	122	139	38	20	32	36
13	141	112	123	141	46	29	49	51
16	141	112	123	141	48	34	54	55

Il n'y a pas trace, cette fois non plus, d'une action accélératrice des acides du substratum, même au point de vue de l'intensité. Dans nos essais en thermostat à 30° sur l'acide chlorhydrique dilué à 0,1 et à 0,05 mol. gr., l'enveloppe d'un certain nombre de graines s'entrouvre tout juste, et la radicule apparaît au dehors; mais cette radicule ne s'accroît plus. Les concentrations fortes utilisées par Ottenwälder ne fournissent pas, à mon avis, la preuve d'une accélération de la germination.

### Conclusions.

1°. L'influence accélératrice des acides sur la germination n'existe pas chez le *Phacelia tanacetifolia*. La sortie de la radicule, qui se produit sous l'action des acides, est un phénomène mécanique (gonflement de l'endosperme ou du tégument séminal).

2°. L'*Alisma Plantago* manifeste les mêmes particularités à ce point de vue que le *Phacelia*. Ces observations prouvent que la manière de voir de Crocker relativement au rôle du spermoderme est exacte.

3°. Chez le *Solanum Lycopersicum*, on constate une action accélératrice des acides sur la germination; les radicules apparaissent au dehors, mais elles sont tuées dès qu'elles entrent en contact avec l'acide fort.

4°. Chez l'*Epilobium hirsutum* et la *Lythrum Salicaria*, je n'ai pu constater aucune action accélératrice des acides sur la germination.

(Travail du Laboratoire du Physiologie végétale  
de l'Université d'Amsterdam. Mai 1920.)

## Bibliographie.

---

Crocker. W. Germination of Seeds of Water Plants. Bot. Gaz. Vol. 44. 1907. p. 375.

Crocker W. and Davis. W. E. Delayed germination in Seed of *Alisma Plantago*. Bot. Gaz. Vol. 58. 1914. p. 285.

Fischer. A. Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize. Ber. d. D. B. G. Bd. 25. 1907. p. 108.

Gassner. G. Altes und Neues zur Frage des Zusammenwirkens von Licht und Temperatur bei der Keimung lichtempfindlicher Samen, Ber. d. D. B. G. Bd. 33. 1915. p. 203.

Kuhn. E. Neue Beiträge zur Kenntniss der Keimung von *Phacelia tanacetifolia*. Benth. Ber. d. D. B. G. Bd. 33. 1915. p. 367.

Kuhn. E. Dunkelkeimer und Substrat. Ber. d. D. B. G. Bd. 34. 1916. p. 369.

Lehmann. E. Ueber die Beeinflussung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur. Zeitschr. f. Bot. Bd. IV. 1912. p. 465.

Lehmann E. und Ottenwälder. A. Ueber katalytische Wirkung des Lichtes bei der Keimung lichtempfindlicher Samen. Zeitschr. f. Bot. Bd. V. 1913. p. 337.

Nobbe. F. Handbuch der Samenkunde. 1876.

Promsy. Mlle G. Du rôle des acides dans la germination. Thèse, présentée à la Faculté des Sciences de Paris. 1912.

Traube J. und Marusawa. T. Ueber Quellung und Keimung von Pflanzensamen. Intern. Zeitschr. f. phys. chem. Biologie Bd. 2. 1916. p. 370.

Traube J. und Rosenstein. H. Ueber die Wirkung von oberflächen-aktiven Stoffen auf Pflanzensamen. Biochemische Zeitschrift Bd. 95. 1919. p. 85.