

# Action stimulante des sels azotés sur la germination de l'*Amarantus caudatus*

par

E. C. VAN DEN BOS.

## INTRODUCTION.

Parmi les facteurs externes qui exercent une influence notable sur la germination des graines, il faut certainement considérer la lumière et la température comme les plus importants; il n'y a donc pas lieu de s'étonner que les physiologistes aient entrepris des recherches nombreuses dans cet ordre d'idées.

Cette influence de la lumière est si caractéristique pour certaines graines que l'on peut distinguer celles-ci en „photophiles” (germant de préférence à la lumière) et en „photophobes” (germant normalement à l'obscurité); la lumière exerce donc une influence tantôt stimulante, tantôt inhibitrice (retardatrice) sur la germination. Cette question se pose, actuellement: d'autres facteurs ne peuvent-ils remplacer l'action de la lumière et provoquer, soit la germination des „photophiles” à l'obscurité, soit annihiler l'action inhibitrice de la lumière chez les „photophobes.”

Fischer a, dès 1907, attiré l'attention sur l'influence stimulante qu'exercent certaines substances chimiques sur la germination des graines des plantes aquatiques et palustres. Lehmann publiait, quelques années plus tard, les résultats de ses recherches sur le *Ranunculus sceleratus*; son

mémoire<sup>1)</sup> est consacré à l'étude de l'action stimulante exercée, sur la germination, par la solution de Knop. Les „photophiles” germaient, même à l'obscurité, si on imprégnait le substratum de cette solution. Dans ce cas la lumière, indispensable à la germination dans les conditions normales, pouvait donc être remplacée dans son action par les substances qui entrent dans la composition de la solution de Knop. Peu après Gassner<sup>2)</sup> a montré que l'action stimulante revient spécialement aux nitrates contenus dans cette solution.

Outre aux combinaisons azotées, certains auteurs attribuent aussi aux acides le rôle de stimulant de la germination (Lehmann, Ottenwälder). C'est pourquoi Gassner<sup>3)</sup> a proposé de distinguer l'un de l'autre:

1 <sup>o</sup> . le type „acide” représenté par:	<i>Lythrum</i>
	<i>Scrophularia</i>
	<i>Verbascum</i>
	<i>Epilobium</i>
et 2 <sup>o</sup> le type „azoté”	„     ”
	<i>Ranunculus</i>
	<i>Oenothera</i>
	<i>Chloris</i>
	<i>Hypericum</i>
	<i>Geum</i>
	<i>Gloxinia</i>

J'ai limité les recherches, dont je donne ici le compte-rendu, à l'étude des combinaisons azotées qui exercent une influence stimulante sur la germination. Pour autant que j'ai pu m'en rendre compte, les divers auteurs qui m'ont précédé ont travaillé sur des „photophiles”; c'est pourquoi il m'a semblé intéressant d'expérimenter cette fois sur un „photophobe”. Mais il n'était pas facile de trouver, parmi ceux-ci, des graines qui se prêtaient à ces recherches:

<sup>1)</sup> *Ber. d. deutsch. bot. Ges.* Bd. 27, 1909 p. 476.

<sup>2)</sup> *Jahrb. wiss. Bot.* Bd. 55, 1915 p. 259.

<sup>3)</sup> *Ber. d. deutsch. bot. Ges.* Bd. 33, 1915 p. 217.

chez certaines graines, que j'essayais, les traitements à l'obscurité et à la lumière ne donnaient en général pas de différences assez notables pour pouvoir conclure; chez d'autres la germination durait trop longtemps pour permettre des expériences pratiques.

Je trouvai, finalement, dans l'*Amarantus caudatus*, la graine la plus favorable aux essais que je voulais entreprendre; je reviendrai, plus loin, avec plus de détail sur les particularités que présente la germination de cette plante.<sup>1)</sup>

Une seconde question se posa alors. Existerait-il, en dehors des combinaisons étudiées par Gassner, d'autres substances azotées (organiques ou minérales), capables d'exercer une action stimulante sur la germination? Je n'ai pas examiné, à ce point de vue, le rôle des acides, à l'exception de l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$ .

Je donne, ci-après, la liste des substances (organiques et minérales), sur lesquelles ont porté les recherches de Gassner.

*Ranunculus sceleratus*

$\text{KNO}_3$		$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	
$\text{KNO}_2$		$\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$	ont une
$\text{NaNO}_2$	ont une	Asparagine	action
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	action	Urée	défavorable
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	stimulante		
$(\text{NH}_4)\text{NO}_3$			
$(\text{NH}_4)\text{Cl}$			
$(\text{NH}_4)\text{NO}_3$		$\text{KH}_2\text{PO}_4$	sont indifférents
$\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$		$\text{MgSO}_4$	
		$\text{CaCl}_2$	

<sup>1)</sup> Ce travail était déjà terminé quand parut le mémoire de E. Lehmann traitant de l'influence des sels azotés sur une autre espèce à graines photophobes: le *Veronica Tournefortii*. *Zeitschr. f. Bot.* Bd. 11, 1919, p. 161.

L'acide aspartique est un stimulant faible.

*Oenothera biennis.*

Les mêmes nitrates et nitrites que ci-dessus ont une action favorable; de même l'urée

$\text{KH}_2\text{PO}_4$

$\text{MgSO}_4$  sont indifférents

$\text{CaCl}_2$

Ac. aspart.

*Chloris ciliata.*

Les mêmes combinaisons azotées que ci-dessus ont une action favorable

$\text{NH}_4\text{Cl}$  est un stimulant faible

Substances indifférentes: comme ci-dessus.

*Hypericum perforatum.*

Substances azotées comme ci-dessus et

$\text{NH}_4\text{NaHPO}_4$  } ont une action favorable

$\text{HNO}_3$

$\text{HCl}$

$\text{Na}_2\text{SO}_4$

$\text{MgSO}_4$

$\text{KH}_2\text{PO}_4$  } sont indifférents

$\text{CaCl}_2$

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$

$(\text{NH}_4)\text{Cl}$

*Geum urbanum*

Les mêmes substances azotées que ci-dessus } exercent une action stimulante

$\text{HNO}_3$

$(\text{NH}_4)\text{NaHPO}_4$  (faiblement)

$\text{HCl}$

$\text{MgSO}_4$

$\text{KH}_2\text{PO}_4$  } sont indifférents

$\text{CaCl}_2$

*Sinningia speciosa* ou „*Gloxinia.*”

Les mêmes combinaisons azotées que ci-dessus stimulent la germination.

HCl	}	sont indifférents
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
MgSO <sub>4</sub>		
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		
CaCl <sub>2</sub>		

Parmi les substances organiques, Gassner n'a expérimenté que sur l'urée, l'asparagine et l'acide aspartique. Outre ces trois corps, j'ai utilisé comme substratum, au point de vue de leur influence sur la germination d'*Amarantus caudatus*, des sulfocyanates, des amines et des alcaloïdes. Les graines employées provenaient de la firme Wys d'Amsterdam et étaient de la récolte de 1917; d'autres, appartenant à la récolte de 1918, venaient de la firme Moerheim. Les graines blanches, opaques fournissent un pourcentage plus faible de germinations que celles qui sont quelque peu vitreuses; j'ai travaillé de préférence avec ces dernières.

### Particularités de la germination chez l'*Amarantus caudatus*.

La sensibilité de la graine d'*Amarantus* à l'égard de la lumière a été étudiée par H. Baar.<sup>1)</sup> Cet auteur écrit: „Chez l'*Amarantus*, c'est aux températures basses (5°—10° C) que la lumière fait sentir le plus énergiquement son action inhibitrice de la germination; aux températures de 25°—30°, cette influence de la lumière est annihilée complètement; aux températures de 35°—40° C, cette plante se transforme de „photophobe” qu'elle était, en „photophile obligatoire.”

Baar attire plus loin l'attention sur la période de repos, par laquelle passent nécessairement les graines d'*Amarantus*; l'âge des graines est par conséquent un facteur très

<sup>1)</sup> Sitzungsab. k. Akad. Wiss. Wien. Math. nat. Cl. Abt. 1 Bd. 121. 1912 p. 667.

important, dont il faut tenir compte dans les observations relatives à l'influence de la lumière. En traitant les graines par les acides (l'*Amarantus retroflexus* fut traité par HCl et HNO<sub>3</sub> à la dilution de 0,5—1%) il parvint à raccourcir cette période, ou même à la supprimer tout à fait.

Le fait d'avoir trempé préalablement les graines a aussi une action appréciable sur la germination. A l'obscurité, le pourcentage de graines germées est le même, que celles-ci aient trempé préalablement, ou qu'elles n'aient pas trempé; à la lumière, par contre, les graines qui n'ont pas trempé sont plus retardées que les autres dans leur germination.

L'intensité de la lumière est encore un facteur à considérer. Chez l'*Amarantus atropurpureus*, Baar obtint, à l'obscurité et à une température de 20°—25° C., 84 % de germinations après 10 jours; il enrégistra le même chiffre, à la lumière diffuse notamment, pour des graines placées à l'intérieur de la chambre. Cette lumière, moins intense, n'avait donc pas exercé d'influence inhibitrice.

Les chiffres obtenus par Baar pour l'*Amarantus caudatus*, sont:

14°—20°	après 15 jours,	à la lumière	0 %	, à l'obscurité	44 %
20°—25°	" 17 "	" " " "	" 88 %	" "	84 %
40	" 5 "	" " " "	" 80 %	" "	16 %

J'ai consigné, de mon côté, les résultats suivants:

15°—22°	après 6 jours,	à la lum. diffuse	2 %	, à l'obscurité	72 %
19°—23°	" 6 "	" " " "	" 27 %	" "	83 %
19°—31°	" 8 "	" " " "	" 58 %	" "	81,5 %

Ces chiffres confirment cette observation de Baar, qui remarque que le pourcentage de graines germées augmente avec l'élévation de la température.

En thermostat réglé à 37° C. et éclairé au moyen d'une lampe Pope, de 35 bougies, j'ai obtenu, après deux jours, 73 % de germinations. L'*Amarantus caudatus* était donc devenu „photophile.”

En étuve chauffée au gaz, à la température de 42°, le

pourcentage des graines germées, en présence d'une lampe de 50 bougies, fut de 0 % : à l'obscurité, le chiffre monta à 60 %. Les plantules ainsi obtenues n'étaient pas normales, il est vrai, et ne dépassèrent pas la taille de 3—4 centimètres. Cette dernière observation ne constituait donc nullement une confirmation de cette remarque faite par Baar et d'après laquelle, à la température de 35°—40° C., l'*Amarantus* deviendrait „photophile obligatoire” de „photophobe” qu'il était.

En présence de la grande sensibilité des graines d'*Amarantus* pour la lumière, je me suis demandé si l'influence de celle-ci ne pouvait pas se faire sentir après coup.

Le lecteur trouvera la réponse à cette question dans le Tableau XIII. Aux températures de 20°—27° C., les graines conservées à l'obscurité donnent 36 % de germinations, contre 6 %, chiffre observé pour des graines qui étaient restées exposées pendant 14 jours, à l'état sec, à la lumière du soleil. A la longue, cependant, la différence entre ces deux chiffres s'atténue; après 7 jours, p. ex., le rapport est représenté par 64 : 48.

J'ai eu l'occasion de constater une autre forme encore de sensibilité de ces graines à la lumière: la post-action des rayons lumineux, caractérisée parce que les graines germent mal même à l'obscurité après un séjour à la lumière. C'est Kinzel qui signala le premier cet état tout particulier que peuvent présenter certaines graines.

Lorsque l'on soumet, pendant 4 fois 24 heures, des graines sèches d'*Amarantus* à la lumière d'une lampe Pope de 100 bougies, on ne parvient pas à dépasser, après 5 jours d'exposition à la lumière, un pourcentage de 2—5 % de germinations (très exceptionnellement 7 %), pour des températures de 17°—20° C.; aux températures plus élevées (nous avons été jusque 25°—27°) le pourcentage resta toujours peu important.

Il nous est interdit de croire que les embryons, exposés

ainsi, avant la germination, à un éclairage intense et à des températures croissantes, aient pu être tués par ce traitement; cette hypothèse doit être écartée; il suffit en effet de remettre ces mêmes graines, ayant fourni des chiffres si peu élevés à l'obscurité, en thermostat réglé à 27° C, pour qu'elles nous donnent de nouveau un pourcentage de germination normal.

J'ai profité de cette méthode pour renforcer quelque peu l'action inhibitrice de la lumière; l'influence stimulante éventuelle des combinaisons azotées sur la germination des graines a pu alors manifester d'autant plus clairement ses effets.

A part une expérience de germination exécutée sur des graines d'*Amarantus atropurpureus* sur du terreau de jardin (et cela sans série de contrôle sur l'eau distillée), Baar n'a jamais utilisé de solutions des substances à étudier; l'essai de germination que je viens de mentionner lui donna le même pourcentage de graines germées à l'obscurité et à la lumière. Aussi bien, Baar voulait simplement démontrer que, pour des températures au-dessous de 25°, les graines d'*Amarantus*, sur lesquelles il opérait, étaient des „photophobes” bien caractérisées. J'ai, moi aussi, constaté des différences relativement notables, pour des températures qui pouvaient s'élever jusqu' à 27°.

Les tableaux qui vont suivre montreront que c'est l'action inhibitrice émanant d'une lampe Pope de 25 bougies qui fournit les conditions les plus favorables pour rechercher si les substances minérales ou organiques examinées exercent ou n'exercent pas une influence stimulante sur la germination.

### Substratum et éclairage.

Conformément aux méthodes habituelles, j'ai déposé mes graines à germer sur quelques feuilles de papier à filtrer, dans des boîtes de verre; chacune de celles ci reçut 100

graines; parfois j'en mettais deux séries de 100, et dans certaines expériences, 3 groupes de 100 graines.

Chaque fois que les résultats de l'expérience étaient positifs, celle-ci était reprise une seconde fois.

Tous les réactifs employés étaient garantis chimiquement purs, et provenaient, soit de la *Pharmaceutische Handelsvereniging* d'Amsterdam, soit de chez Merck à Darmstadt.

Des considérations d'économie m'obligèrent à utiliser du papier à filtrer ordinaire. Ce n'est qu'exceptionnellement que j'employai le papier à filtrer No. 589 de Schleicher et Schüll; p. ex. lorsque je travaillais sur des solutions très diluées, de  $\text{KNO}_3$ , notamment, comme aussi dans mes tout premiers essais sur la solution de Knop. Des expériences de contrôle, effectuées au moyen de papier à filtrer ordinaire, donnèrent des résultats tout à fait comparables, de sorte que je puis considérer que les résultats obtenus n'ont pas été viciés par l'emploi que j'ai fait du papier ordinaire.

Il y a lieu de mentionner ici que j'ai apporté une légère modification à la manière habituelle de procéder pour la préparation du substratum, afin d'éviter de devoir ajouter de l'eau, lorsque le papier à filtrer commence à se dessécher.

Je pose tout d'abord cinq à six feuilles de papier sur un disque de verre dont le rayon est un peu plus petit que celui de la boîte; la feuille de papier la plus extérieure doit être un peu plus grande que le disque. Je fais maintenant dans les bords de cette feuille, qui dépassent par conséquent un peu le disque, une série d'incisions, dans le sens des rayons, et je replie ensuite le long du disque les segments ainsi obtenus; ces derniers se recouvrent alors partiellement à la face inférieure du disque. Le disque, emballé de la sorte, est placé finalement dans la boîte, dans le fond de laquelle je verse une mince couche de la solution à essayer.

Grâce aux forces capillaires, le substratum reste toujours imprégné d'une solution identique, dont la concentration

ne varie que très peu. On pouvait verser dans la boîte un volume relativement important de la solution, sans avoir à craindre d'étouffer les graines, car celles-ci se trouvaient toujours, en effet, placées relativement haut, à cause de l'épaisseur de la plaque de verre. Cette méthode m'a donné d'autant plus de satisfaction que j'opérais, principalement, sur des graines lavées, qui avaient séjourné préalablement pendant quelque temps dans une solution, pour être mises ensuite à germer sur eau distillée.

Après un laps de temps de trois fois 24 heures, on pouvait généralement apercevoir déjà des traces de germination; aux températures basses, les graines mettaient plus longtemps à germer.

Dans presque toutes mes expériences, j'utilisai une lampe Pope de 25 bougies, placée à 26 centim. des boîtes de Petri; il était utile d'intercaler encore entre la lampe et les graines une feuille de papier paraffiné, qui tamisait la lumière; on arrivait ainsi à réaliser exactement une inhibition d'intensité déterminée, à laquelle on pouvait opposer l'action du substratum.

Tout ce matériel expérimental se trouvait placé dans une serre, ce qui m'a permis de continuer les expériences en hiver. A chaque dénombrement que je fis des graines germées, je notai la température.

Une autre chambre d'éclairage, à paroi double, permettait de maintenir une température à peu constante de 42° C., au moyen d'une lampe de 50 bougies qu'on y suspendait.

J'avais encore à ma disposition un thermostat électrique donnant une température constante de 27°, pour les expériences qui devaient se faire à l'obscurité. Je l'utilisai p. ex. pour la recherche de la post-action que la lumière exerce; il me permit aussi de vérifier si l'embryon était mort ou vivant, dans les cas où, sous l'action du substratum, la germination ne s'était pas produite.

### Résultats des expériences.

#### Action stimulante de la solution de Knop sur la germination.

Mes toutes premières expériences furent faites dans le but de vérifier jusqu'à quel point la solution de Knop peut constituer un stimulant pour la germination; il s'agissait de déterminer, d'une part, quelle est la concentration qui donne les meilleurs résultats, et laquelle, d'autre part, pourrait, éventuellement, exercer une action défavorable; il y avait lieu, enfin, de rechercher si les variations de la température amenaient des différences notables dans les résultats obtenus. La composition de la solution de Knop que j'ai utilisée, est celle qui est donnée dans la „Pflanzenphysiologie" de Jost:

0,25 gr. de sulfate de Magnésium.

1,00 „ „ nitrate de Calcium.

0,25 „ „ phosphate de Potassium.

0,12 „ „ chlorure de Potassium. Au litre.

Je signalerai, à l'occasion, qu'il s'agit d'une concentration double ou quadruple de cette solution, par cette notation: Knop 2 × et Knop 4 ×.

C'est au mois de juillet que j'ai commencé mes recherches; la température du laboratoire était de 19°—24° C., exception faite de quelques journées plus froides, pendant lesquelles la température descendit jusqu'à 14° C. Les boîtes de verre renfermant les graines étaient placées près des fenêtres, vers le Nord; pour l'essai de la germination à l'obscurité, les boîtes étaient simplement recouvertes d'une cloche de carton noirci à l'extérieur.

Sauf pour les températures très basses (14°—17°) le nombre de graines germées est déjà appréciable après 3 fois 24 heures; le maximum est atteint après 6 jours; il arrive bien que quelques graines germent encore après

cela, mais ces quelques unités n'influent plus, d'une façon sensible, sur le chiffre du pourcentage moyen; c'est pourquoi je considère régulièrement l'expérience comme terminée deux jours après le dernier dénombrement. Au début, je laissais encore les boîtes, contenant comme substratum de l'eau distillée, en place pendant quelque temps afin de pouvoir enrégistrer les quelques germinations qui pourraient encore se produire; mais bientôt je m'aperçus que cette précaution était superflue: je n'ai jamais été amené à modifier mes chiffres.

Ma première expérience fut faite avec la solution de Knop à la concentration ordinaire (concentration faible), et en opérant à la lumière et à l'obscurité. Les boîtes recevaient la lumière diffuse. Le tableau I donne le résultats obtenus.

Tableau I.

Expérience sur la solution de Knop.  
100 graines par boîte — A la lumière et à l'obscurité —  
Expér. *in duplo*.

Papier à filtrer Schleicher et Schüll, No. 589 (3 feuilles).

Température du laboratoire: 15—22°.

Mise en train de l'expérience: 10 juin.

Premier dénombrement 13 "

2<sup>e</sup> " 16 "

Fin de l'expérience 18 "

Numéro.	Eclairage.	Substratum.	Graines germées, par boîte, après		Pourcent. moyen.
			3 j.	6 j.	
110	1ab	Lumière diffuse	eau distillée		1
	2ab	Obscurité	"		39
	3ab	Lumière diffuse	Sol. de Knop		41
	4ab	Obscurité	"		72
			0 0	2 0	
			12 18	31 47	
			6 6	40 42	
			42 48	71 73	

L'action stimulante de la solution de Knop est très nette (41 % contre 1 %): même résultat à l'obscurité; la solution fournit plus de germinations que l'eau distillée: 72 % contre 59 %.

Afin de vérifier si une concentration plus forte de la solution donnerait un chiffre notablement plus élevé de germinations, je répétai l'expérience en utilisant une solution de concentration double (Knop 2 ×).

Tableau II.

Expérience de germination, à la lumière; solution de Knop de concentration double.

100 graines par boîte. *In duplo.*

Papier à filtrer Schl. et Sch. No. 589.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 14^{\circ}-20^{\circ}. \\ 15^{\circ}-23^{\circ}. \end{array} \right.$

Début de l'expérience: 26 juin.

1<sup>er</sup> dénombrement: 1 juillet.

2<sup>e</sup> " " 2 "

3<sup>e</sup> " " 2 "

4<sup>e</sup> " " 7 "

Fin de l'expérience 10 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées, par boîte, après								Pourcent. moyen.
			5 j.		6 j.		7 j.		11 j.		
119 1ab	Lum. diff.	eau dist.	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5
2ab	"	Knop	7	2	19	6	33	11	36	13	24,5
3ab	"	Knop (2 ×)	5	10	24	33	33	48	52	51	51,5

C'est la température, moins élevée ( $14^{\circ}-20^{\circ}$ ) que dans l'expérience précédente, qui amène un ralentissement de la germination; aussi, le maximum n'est-il atteint qu'après 11 jours. Il arriva plus d'une fois que des boîtes contenant le même substratum présentaient des différences notables entre leurs coefficients de germination respectifs, au lieu

de donner à peu près les mêmes chiffres: tel fut le cas, dans cette expérience, pour les boîtes 2a et 2b. J'ignore la cause de ces divergences. Il n'est pas facile, d'ailleurs, d'en trouver l'explication; les deux vases étaient placés côte à côte; l'éclairage était par conséquent identique, de même que la température, de part et d'autre. Un désavantage découle de différences aussi importantes existant entre les totaux: c'est que le pourcentage moyen calculé d'après ces chiffres si divergents l'un de l'autre n'exprime plus la proportion exacte par rapport aux autres boîtes à germination.

Le tableau ci-dessus ne nous autorise pas, en somme, à conclure que la solution de Knop de concentration double (Knop 2 ×) donnerait un plus grand nombre de germinations que la concentration faible de cette même solution. D'autres observations ont montré, par contre, que des concentrations encore plus fortes de la solution de Knop (Knop 4 ×) amènent une diminution notable de son action stimulante sur la germination; la solution de Knop exercerait, en d'autres termes, une influence défavorable dans ces conditions. Les tableaux III et IV, notamment, le démontrent.

### Tableau III.

Germination à la lumière, utilisant la solution de Knop à une concentration plus forte;

100 graines par boîte de verre. *In duplo*.

Papier à filtrer Schl. et Sch. No. 589.

Température du laboratoire: 19°—23° C.

Début de l'expérience: 29 juin.

1<sup>er</sup> dénombrement 1 juillet.

2<sup>e</sup> " 2 "

3<sup>e</sup> " 3 "

4<sup>e</sup> " 5 "

Fin de l'expérience 8 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées après							Pourcent. moyen.	
			2 j.	3 j.	4 j.	6 j.					
121 1ab	Obsc.	eau dist.	47	40	82	73	85	78	88	79	83,5
2ab	Lum. diff.	"	0	0	15	9	29	22	29	25	27
3ab	"	Knop	3	1	63	67	81	91	83	95	89
4ab	"	" (2 ×)	1	1	66	64	84	83	87	93	90
5ab	"	" (4 ×)	0	2	47	42	71	64	73	66	68,5

Cette fois, les vases étaient placés plus loin de la fenêtre (3 mètres) que précédemment. C'est donc à l'intensité, plus faible, de la lumière que l'on doit attribuer l'augmentation du nombre de graines qui ont germé; cette augmentation s'est manifestée même pour l'eau distillée. C'est-à-dire que l'action inhibitrice de la lumière a été plus faible, ainsi que l'on devait s'y attendre.

Il n'y a pas de divergence notable entre les effets de la solution de Knop faible et ceux de la solution plus concentrée (Knop 2 ×).

L'expérience suivante est destinée à nous montrer si une élévation de la température provoquerait une accélération de la germination; elle fut exécutée dans une serre, où la température atteignit jusque 31° C.

#### Tableau IV.

La même expérience avec solution de Knop, répétée à une température plus élevée;

100 graines par boîte de verre. *In duplo.*

Papier à filtrer Schl. et Sch. No. 589.

Température: 19°—31°, en serre.

Début de l'expérience: 1 juillet.

1<sup>er</sup> dénombrement: 3 "

2<sup>e</sup> " 4 "

3<sup>e</sup> " 9 "

Fin de l'expérience: 12 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées, après					Pourcent. moyen.	
			2 j.	3 j.	8 j.				
122 1ab	Obscurité	eau dist.	32	25	65	76	80	83	81,5
2ab	Lumière diffuse	"	0	0	2	8	62	54	58
3ab	"	Knop	2	2	19	22	61	89	75
4ab	"	" (2×)	3	1	28	26	71	63	67
5ab	"	" (4×)	0	0	10	2	47	21	34

Afin d'atténuer l'éclairage trop violent de la serre, j'ai recouvert les boîtes à germination d'une feuille de papier paraffiné. Par suite de la température élevée, l'eau distillée fournit un pourcentage beaucoup plus fort de graines germées, de sorte que la différence entre ces chiffres et ceux que fournit la solution de Knop diminue notablement. On remarquera aussi l'action inhibitrice des solutions de Knop concentrées (Knop 4×) qui apparaît très nettement.

La température élevée m'empêcha de poursuivre mes expériences dans la serre; les suivantes furent, de nouveau, exécutées dans la laboratoire; les boîtes à germination furent replacées tout près des fenêtres.

### Action stimulante des nitrates sur la germination.

Les expériences qui précèdent montrent clairement que la germination se trouve activée sous l'influence de la solution de Knop; il était donc tout naturel de penser que c'étaient les nitrates y contenus, et plus spécialement le nitrate de potassium, qui s'opposaient à l'action inhibitrice de la lumière.

Dans le but de déterminer à quelle concentration cette action stimulante des nitrates devenait appréciable, je mis un lot de graines à germer sur une solution de  $\text{KNO}_3$ ;

un second lot, servant d'essai de contrôle, fut placé sur solution de Knop. Dans toutes les expériences suivantes, j'exprimerai toujours la concentration en molécules-grammes.

Tableau V.

Essai de germination à la lumière, avec  $\text{KNO}_3$ ;

100 graines par boîte. *In duplo*.

Papier à filtrer Schl. et Sch. No. 589.

Eclairage à la lumière diffuse; boîtes à germination placées tout près de la fenêtre, exposées à plusieurs reprises à l'éclairage intense du milieu du jour.

Température de laboratoire:  $17^\circ - 23^\circ \text{ C}$ .

Début de l'expérience: 17 juin.

1<sup>er</sup> dénombrement: 21 "

2<sup>e</sup> " 22 "

3<sup>e</sup> " 24 "

4<sup>e</sup> " 27 "

Fin de l'expérience: 29 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées après								Pourcent. moyen.	
			4 j.	5 j.	7 j.	10 j.	4 j.	5 j.	7 j.	10 j.		
116 1ab	Lum. diff.	eau dist.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2ab	Obsc.	"	50	35	52	40	53	41	54	41	47,5	
3ab	Lum. diff.	Knop	4	3	19	16	26	21	26	21	23,5	
4ab	Obsc.	"	44	58	61	70	64	77	65	79	72	
5ab	Lum. diff.	$\text{KNO}_3$ :0,1 mol.-gr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6ab	Obsc.	" "	2	2	9	4	9	4	9	5	7	

Les basses températures qui ont régné, surtout pendant les premiers jours, influencèrent en général la germination de façon défavorable; à l'obscurité, on n'obtient que 47,5 %, contre  $\pm 80$  %, chiffre atteint dans les expériences précédentes; pour les mêmes motifs, la solution de Knop ne fournit qu'un pourcentage peu élevé: 23,5 % au lieu de 41 % (et plus), observé précédemment.

Cette expérience nous apprend seulement que la solution

de  $\text{KNO}_3$  à la concentration de 0,1 mol.-gr. exerce une action défavorable; le résultat obtenu est même encore plus frappant pour les graines germées à l'obscurité (6a et 6b) que pour les autres.

J'essayai ensuite des solutions de  $\text{KNO}_3$ , aux concentrations de 0,01 mol.-gr., 0,05 mol.-gr., et 0,005 mol.-gr.; j'expérimentai également sur d'autres nitrates.

Tableau VI.

Expérience sur les nitrates.

100 graines par boîte. *In duplo.*

Papier à filtrer Schl. et Sch. No. 589.

Température du laboratoire  $\left\{ \begin{array}{l} 21^\circ-23^\circ \text{ C.} \\ 17^\circ-23^\circ \text{ C.} \end{array} \right.$

Début de l'expérience: 8 juillet.

1<sup>er</sup> dénombrement: 12 "

2<sup>e</sup> " 15 "

3<sup>e</sup> " 17 "

4<sup>e</sup> " 20 "

5<sup>e</sup> " 22 "

Fin de l'expérience: 25 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées, après					Pourcent. moyen.					
			4 j.	7 j.	9 j.	11 j.	13 j.						
124 1ab	Obsc.	eau dist	36	34	46	48	47	50	48	54	48	56	52
2ab	Lum. diff.	"	0	0	6	7	10	12	16	19	16	19	17,5
3ab	"	$\text{KNO}_3$ 0,01 m.-g.	17	16	24	17	40	35	50	46	65	50	57,5
4ab	"	" 0,05	2	2	3	2	15	9	21	10	23	14	18,5
5ab	"	" 0,005	10	19	16	25	30	30	33	37	33	37	35
6ab	"	$\text{NaNO}_3$ 0,01	10	14	15	16	31	26	51	42	57	42	49,5
7ab	"	" 0,05	1	0	4	4	12	6	14	13	17	15	16
8ab	"	" 0,005	19	15	23	16	47	28	51	38	55	50	57,5
9ab	"	$\text{NH}_4\text{NO}_3$ 0,01	28	10	30	14	44	26	50	33	50	35	42,5
10ab	"	" 0,05	9	24	13	41	17	48	20	50	21	53	37
11ab	"	" 0,005	16	19	22	24	32	38	38	47	40	49	44,5

Tous ces nitrates (à l'exception de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) exercent une action stimulante sur la germination, aux concentrations qui ne dépassent pas 0,01 mol. gr. C'est la concentration de 0,05 mol.gr. qui semble constituer la limite entre les solutions neutres inactives, et celles qui ont une influence défavorable; que le lecteur compare les coefficients de germination 18,5 % et 16 % que donne la concentration de 0.05 mol.gr., avec celui de 17,5 % qui correspond à l'eau distillée. La concentration de 0,1 mol.gr. est franchement défavorable. (cf. Tableau V),

L'expérience suivante nous apprendra si les concentrations plus faibles que 0,005 mol.gr. sont encore capables d'agir comme stimulant de la germination.

Tableau VII.

Expérience sur les solutions de  $\text{KNO}_3$ , aux concentrations faibles.

100 graines par boîte. *In duplo.*

Papier à filtrer de Schl. et Sch. No. 589: 3 feuilles, enveloppant la plaque de verre.

Température moyenne du laboratoire: 17°—23° C.

Eclairage: boîtes à germination placées tout près de la fenêtre.

Début de l'expérience: 18 juillet.

1<sup>er</sup> dénombrement: 22 "

2<sup>e</sup> " 25 "

3<sup>e</sup> " 3 août.

4<sup>e</sup> " 5 "

Fin de l'expérience: 7 "

Numéro	Eclairage.	Substrat.	Graines germées, apres					Pourcent. moyen.			
			4 j.	7 j.	16 j.	19 j.					
131 1ab	Lum. diff.	eau dist.	9	21	21	21	21	6			
2ab	"	$\text{KNO}_3$ 0,002 m.-g.	26	46	31	47	33	48	40,5		
3ab	"	" 0,001	14	23	14	26	15	28	15	28	21,5
4ab	"	" 0,0005	1	3	10	5	11	5	11	5	6

Les solutions dont la concentration est égale ou supérieure à 0.001 mol.gr. fournissent encore une augmentation appréciable du nombre de graines germées. Comme nous avons affaire, dans cette expérience, à des concentrations très faibles, j'ai entouré ma plaque de verre de 3 feuilles de papier à filtrer au lieu d'une seule, afin d'exclure du substratum des traces de silicates (provenant du verre), qui auraient pu s'y dissoudre.

### Germination à la lumière artificielle.

L'éclairage par la lumière naturelle a cet inconvénient que son intensité varie constamment; un autre désavantage est à craindre, pendant les journées sombres: il se pourrait que pendant ces périodes d'éclairage faible, l'influence inhibitrice de la lumière soit tellement amoindrie que les différences entre les germinations à la lumière et celles qui se sont effectuées à l'obscurité ne soient plus que difficilement appréciables. Ces différentes raisons m'engagèrent à expérimenter avec un éclairage artificiel.

Dans une chambre d'éclairage (dont la description a été donnée, déjà, plus haut), j'essayai successivement une lampe Pope de 100 bougies, puis une de 50, et enfin une de 25 bougies. Les deux premières firent monter la température dans des proportions énormes; la lampe de 25 bougies se montra la plus avantageuse pour nos expériences: l'action inhibitrice qu'elle produisait équivalait, à peu de chose près, à celle de l'éclairage par la lumière solaire diffuse.

### Tableau VIII.

Expérience avec éclairage artificiel.  
Papier à filtrer Schl. et Sch., No. 589.

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 18,5^{\circ}-21^{\circ} \text{ C.} \\ 18^{\circ}-22^{\circ} \text{ C.} \\ 18^{\circ}-22,5^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

Début de l'expérience: 3 juillet.

1<sup>er</sup> dénombrement: 5 "

2<sup>e</sup> " 8 "

3<sup>e</sup> " 9 "

Fin de l'expérience: 12 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées après			Pourcentage moyen.
			3 j.	5 j.	6 j.	
123 1ab	Obscurité	eau dist.	8 12	52 72	62 74	68
2ab	Lampe Pope 25b	"	0 0	3 1	5 1	3
3ab	"	Knop (2×)	9	50	60	60

L'un des vases à germination se brisa, de sorte qu'il me fut impossible de calculer une moyenne précise; cependant une différence importante se manifesta, très nettement, entre les chiffres fournis par la solution de Knop (de concentration double) et par l'eau distillée; elle est mesurée par le rapport 60. : 3. Je recommençai cette expérience.

Tableau IX.

Répétition de l'expérience précédente avec éclairage artificiel.

Papier à filtrer Schl. et Sch. no. 589; une feuille, recouvrant la plaque de verre, 100 graines par boîte à germination.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 18^{\circ}-25^{\circ} \text{ C.} \\ 18,5^{\circ}-26^{\circ} \text{ C.} \\ 18^{\circ}-25^{\circ} \text{ C.} \\ 18^{\circ}-22^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

Début de l'expérience: 13 juillet.

1<sup>er</sup> dénombrement: 17 "  
 2<sup>e</sup> " 18 "  
 3<sup>e</sup> " 20 "  
 4<sup>e</sup> " 22 "  
 Fin de l'expérience: 24 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées, après				Pourcent. moyen.				
			4 j.	5 j.	7 j.	9 j.					
127 1ab	Obscurité	eau dist.	73	67	75	70	75	72	72	74	
2ab	Lampe de Pope	Knop (2x)	4	3	6	5	14	5	14	6	10
3ab	"	"	24	35	30	52	42	59	51	62	56,5

La température élevée fit monter un peu le chiffre des germinations sur l'eau distillée; malgré cela, la divergence entre ce coefficient et celui fourni par la solution de Knop (2 x) fut très importante: 56,5 % contre 10 %.

La présente expérience confirme donc les résultats de l'expérience précédente.

### Action stimulante de NO<sub>3</sub> sur la germination.

Dans le but de vérifier si, dans les nitrates, c'était de l'anion ou du cation qu'émanait l'influence stimulante exercée sur la germination, j'ai fait une expérience comparative, avec un sulfate et un nitrate.

#### Tableau X.

Expérience avec le sulfate et le nitrate d'ammonium. . .  
 Papier à filtrer Schl. et Sch., no. 589; 100 gr. par boîte à germination. *In duplo.*

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Température { 19°—24° C.  
 { 18°—23° C.  
 { 18°—24° C.

Début de l'expérience: 25 aout (juillet?)

1<sup>er</sup> dénombrement: 3 "  
 2<sup>e</sup> " 5 "  
 3<sup>e</sup> " 8 "  
 Fin de l'expérience: 10 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées, après			Pourcent. moyen.			
			9 j.	11 j.	14 j.				
134 1ab	Obscurité	eau dist.	54	61	58	61	59,5		
2ab	Lampe Pope	"	3	2	4	3	4	3	3,5
3ab	"	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,005 m.-g.	4	3	4	4	4	5	4,5
4ab	"	(NH <sub>4</sub> )NO <sub>3</sub> 0,005 "	10	9	22	14	25	17	21

Cette expérience montre que l'action stimulante exercée par le nitrate doit être attribuée à l'anion; c'est ce que confirme encore le tableau XI.

Une expérience de contrôle était établie, avec solution de Knop de concentration double (Knop 2 x).

Tableau XI.

Expérience sur: l'urée.

" " l'ion SO<sub>4</sub>.

" " l'ion Cl.

Expérience comparative de contrôle, avec solution de Knop.

Papier à filtrer Schl. et Sch., no 589; une feuille recouvrant la plaque de verre; 100 graines par boîte de verre.

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Température { 19°—24° C.  
 20°—26° C.

Début de l'expérience: 30 juillet.

1<sup>er</sup> dénombrement: 3 août.

2<sup>e</sup> " 5 "

3<sup>e</sup> " 8 "

4<sup>e</sup> " 10 "

Fin de l'expérience: 12 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées, après								Pourcent. moyen.
			4 j.	6 j.	9 j.	11 j.					
135 1ab	Obscurité	eau dist.	8	44	63	64	63	65	64	65	64,5
2ab	Lampe Pope	"	4	3	5	3	6	3	6	4	5
3ab	"	CON <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 0,005 m.-g.	7	2	14	2	19	2	19	2	10,5
4ab	"	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,005 "	3	1	4	5	4	5	4	5	4,5
5ab	"	NaCl 0,005 "	2	4	6	5	7	5	7	5	6
6ab	"	KCl 0,005 "	4	0	6	0	8	0	9	0	4,5
7ab	"	Knop (2 X)	37	58	40	65	50	68	54	68	61

Les ions Cl et SO<sub>4</sub> n'ont aucune action stimulante sur la germination. Il en est de même de l'urée, la première combinaison organique que j'utilisai dans mes recherches; dans cette expérience, comme dans les suivantes, cette substance n'exerça jamais aucune influence appréciable.

Tableau XII.

Répétition de l'expérience précédente, sur les ions SO<sub>4</sub> et Cl.

Eclairage: lumière diffuse; les boîtes à germination sont placées devant les fenêtres du laboratoire.

Température { 18°—23° C.  
18°—20° C.

Papier à filtrer ordinaire; 100 graines par boîte; les boîtes 3a et 3b reçoivent du papier Schl. et Sch. no. 589.

Début de l'expérience: 5 août.

1<sup>er</sup> dénombrement: 12 "

2<sup>e</sup> " 15 "

3<sup>e</sup> " 19 "

Fin de l'expérience: 21 "

Numéro.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées, après						Pourcent. moyen.
			7 j.	10 j.	14 j.	7 j.	10 j.	14 j.	
136 1ab	Obscurité	eau dist.	51	55	55	68	58	68	63
2ab	Lum. (diff.)	"	0	1	1	1	2	2	2
3ab	"	"	0	1	0	1	0	1	0,5
4ab	"	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,01 m.-g.	1	2	1	2	1	2	1,5
5ab	"	" 0,005 "	2	0	2	1	2	1	1,5
6ab	"	NaCl 0,01 "	0	0	1	0	1	0	0,5
7ab	"	" 0,005 "	1	0	1	0	1	0	0,5
8ab	"	KCl 0,01 "	0	0	0	0	0	0	0
9ab	"	" 0,005 "	0	0	0	0	0	0	0

Cette expérience confirme les résultats négatifs obtenus précédemment pour les ions SO<sub>4</sub> et Cl.

#### Influence inhibitrice de la lumière, à effet retardé.

Il n'a été question jusqu'à présent que de l'action inhibitrice de la lumière, s'exerçant sur des graines imbibées. On peut se demander si la lumière ne pourrait influencer, d'avance, avant leur germination, les graines sèches, si bien que son effet se ferait sentir après coup, sur les graines imbibées, et placées à l'obscurité. Tel est le but de l'expérience suivante.

#### Tableau XIII.

Expérience sur des graines exposées, à l'état sec, à un éclairage préalable.

Ces graines furent soumises, à l'état sec, pendant 4 jours, à la lumière solaire, puis semées sur eau distillée, à l'obscurité. 100 graines par boîte. *In triplo.*

Papier à filtrer ordinaire; cinq feuilles par plaque de verre.  
Température 20°—27° C.

Début de l'expérience: 20 août.  
 1<sup>er</sup> dénombrement: 23 "  
 2<sup>e</sup> " 24 "  
 3<sup>e</sup> " 26 "  
 Fin de l'expérience: 28 "

Numéro.	Traitement préalable.	Eclairage.	Substrat.	Graines germées après 3 jours.			Graines germées après 4 jours.			Graines germées après 6 jours.			Graines germées après 7 jours.						
				%	moyen.		%	moyen.		%	moyen.		%	moyen.					
142 1abc	Aucun	Obscur.	eau dist.	32	35	42	36	60	58	62	60	65	60	65	63	66	59	68	64
2abc	Expos. à la lum. pend. 14 jours	"	"	5	6	7	6	32	50	40	40	37	57	50	48	37	58	51	48

L'influence inhibitrice retardée, exercée par la lumière, apparaît le plus nettement le 3<sup>e</sup> jour; on observe, en effet, en ce moment:

36 % de germinations pour les graines conservées à l'obscurité contre 6 % de germinations pour les graines insolées préalablement pendant 14 jours.

Le 4<sup>e</sup> jour donne, pour ces deux catégories, respectivement 60 % et 40 %.

Le 6<sup>e</sup> jour donne, pour ces deux catégories, respectivement 63 % et 48 %.

Le 7<sup>e</sup> jour donne pour ces deux catégories, respectivement 64 % et 48 %.

Si les graines, qui ont germé à l'obscurité, subissent quand même, après coup, l'action inhibitrice de la lumière, cela pourrait tenir à ce que ces graines quoique séchées à l'air auraient retenu encore des traces d'eau dans leurs tissus. La présence de cette eau, même en très petite quantité, permettrait à certaines réactions chimiques de continuer, sur lesquelles la lumière pourrait alors faire valoir son influence; celle-ci ne se manifesterait que lors

de la germination, notamment en retardant l'apparition de la radicule.

Pour débarrasser les graines des ces dernières traces, j'ai maintenu dans un exsiccateur pendant 43 fois 24 heures les graines séchées préalablement à l'air, et les exposai ensuite à l'action de la lumière solaire. L'influence inhibitrice de celle-ci sur la germination se manifesta comme précédemment; on doit donc admettre qu'elle se fait sentir alors même que les graines n'offrent plus qu'une teneur en eau d'imbibition extrêmement faible.

Je repris alors l'expérience dans des conditions tout-à-fait parallèles à celles de l'expérience précédente, en utilisant, pour l'éclairage, une lampe Pope de 25 bougies: je ne constatai plus les différences que j'avais observées précédemment entre les deux catégories de graines, qui avaient été exposées à la lumière naturelle.

La divergence constatée entre la germination des graines, soumises préalablement à l'action de la lumière solaire, et de celles qui n'avaient pas subi ce traitement, me donnait le moyen d'expérimenter désormais à l'obscurité, dans un thermostat à température constante. Introduire l'appareil d'éclairage dans le thermostat — l'expérience le prouva — est impossible, à cause de l'élévation notable de la température que cela amène; or, on sait que dans ces conditions l'*Amarantus caudatus* devient „photophile.” Une lampe Pope de 25 bougies, placée dans le thermostat, fait monter la température jusqu'à 37° C.; sur le substratum à l'eau distillée, on atteignait déjà au bout de deux jours le pourcentage maximum de graines germées (75—80 %).

Un essai de germination effectué à température constante était de nature à démontrer si l'accélération de la germination que l'on constate chez l'*Amarantus caudatus* est dûe uniquement à l'action de la solution saline utilisée, ou s'il faut l'attribuer également — comme Gassner l'a

fait voir pour les graines de *Ranunculus sceleratus* — aux oscillations de la température.

Tableau XIV.

Expérience sur des graines, préalablement insolées; germination à l'obscurité.

Les graines ont été maintenues, pendant 43 jours, dans un exsiccateur, et exposées, en même temps, à l'action de la lumière solaire; une seconde série fut soumise à la lumière d'une lampe de 25 bougies.

Les graines de l'une et de l'autre catégorie, mises ensuite à germer sur eau distillée, en thermostat; 100 graines par capsule de Petri; *in triplo*.

Température constante: 27° C.

Début de l'expérience:

1<sup>er</sup> dénombrement: 1 septembre.

2<sup>e</sup> " 2 "

3<sup>e</sup> " 4 "

4<sup>e</sup> " 5 "

Fin de l'expérience: 8 "

Numéro.	Expos. préalable à la lum.	Substrat.	Graines germées, après															
			1 j.			2 j.			3 j.			4 j.						
					% moy.			% moy.			% moy.			% moy.				
49 1abc	aucune	eau dist.	10	12	10	11	56	66	58	60	75	76	70	74	76	79	72	76
2abc	Lum. sol. pend. 43 j.	"	0	0	0	0	11	4	4	6	56	46	46	49	73	74	60	69
3abc	Lamp. Pope 25b pend. 43 j	"	2	4	4	3	56	55	44	52	67	70	58	65	69	72	58	66

La divergence maxima se produit après 2 jours: 60 % contre 6 %; elle s'atténue le 3<sup>e</sup> jour; et le 4<sup>e</sup> jour les coefficients sont à peu près identiques dans les différents groupes; l'effet retardé de la lumière a donc cessé tout-à-fait d'être sensible à partir de ce moment.

Les chiffres fournis par les groupes 3a, 3b, 3c, montrent

que la lumière produite par la lampe de 25 bougies est trop faible pour exercer une post-action; après le 2<sup>e</sup> jour, le chiffre diffère à peine de celui des graines non éclairées préalablement (60 % et 52 %.)

C'est pourquoi dans l'expérience suivante, sur substratum de  $\text{KNO}_3$ , je n'utilisai plus que des graines soumises à l'éclairage préalable par la lumière solaire. Avant cette expérience, je répétai, cependant, l'essai qui précède, mais en substituant la solution de Knop à l'eau distillée.

Tableau XV.

Essai de germination à l'obscurité, sur des graines insolées préalablement; température constante.

Les graines furent exposées, pendant 45 jours, dans un exsiccateur, à la lumière naturelle (parfois en plein soleil).

Mises à germer, ensuite, sur eau distillée et sur solution de Knop, en thermostat à 27° C.

Début de l'expérience: 3 octobre.

1<sup>er</sup> dénombrement: 5 "

2<sup>e</sup> " 5 "

3<sup>e</sup> " 6 "

Fin de l'expérience: 9 "

Numéro.	Durée de l'exp. préalable à la lum.	Substrat.	Nombre des graines germées, après								
			2 j.			54 h.			3 j.		
					% moy.			% moy.		% moy.	
151 1ab	45 jours	eau dist.	9	5	4,5	10	10	10	50	52	51
2ab	"	Knop	16	10	13	26	27	26,5	57	52	54,5

Ici encore, l'action stimulante de la solution s'observe, à température constante, quoique d'une façon moins nette.

La solution de Knop fournit, après 2 fois 24 heures, un pourcentage triple de celui de l'eau distillée; après

54 heures la divergence des deux chiffres est un peu moindre; après 3 jours, elle n'est plus appréciable.

### Accélération de la germination des graines par un traitement chimique préalable.

Dans toutes les expériences qui ont précédé les graines à examiner étaient mises à germer sur un substratum de concentration connue; ces essais ont permis de constater que les concentrations trop fortes paralysent la germination ou provoquent même parfois la mort des plantules; la radicule ne peut résister qu' à des solutions ne dépassant pas certaines concentrations déterminées; si cette concentration est dépassée, la radicule est tuée dès que l'enveloppe de la graine s'est entr'ouverte. Il suffit, d'autre part, qu'une quantité excessivement faible de ces substances ait réussi à passer au travers du spermoderme pour exercer une action stimulante sur la germination. Ces considérations m'engagèrent à essayer d'une autre méthode, dont j'espérais obtenir de bons résultats pour mes recherches; il s'agissait de traiter d'avance les graines par des solutions des substances dont je voulais expérimenter l'action; j'ai donc fait tremper mes graines dans ces diverses solutions, puis, après les avoir lavées soigneusement, je les ai mises à germer sur eau distillée.

Je comptais encore que ces expériences me fourniraient une réponse satisfaisante à la question de savoir si les différents sels agissent sur l'embryon ou sur l'enveloppe de la graine. Il est clair en effet, que lors du lavage de la graine, après traitement par une solution saline, le sel va diffuser bien plus facilement s'il s'est arrêté dans les tissus du spermoderme, que s'il a pénétré jusque dans l'embryon et l'albumen. Si donc on constate que les graines fournis-

sent encore, après le rinçage, un pourcentage de germination trop fort, on sera fondé à admettre que ce sel a agi sur l'embryon lui même.

Je compte revenir plus loin sur cette question à la fin du présent mémoire; pour le moment, je ne veux m'occuper que de mes essais sur l'action du traitement préalable des graines au moyen de solutions relativement concentrées, dont j'espérais obtenir des résultats plus satisfaisants.

Les expériences précédentes ont démontré que  $\text{KNO}_3$ , dissous dans le substratum à la concentration de 0,1 mol.-gr., a une action nuisible sur la graine: L'effet produit serait-il encore le même pour des solutions équivalentes, ou même plus fortes de ce même sel, que l'on ferait agir sur les graines, pendant un espace de temps restreint, avant de les mettre à germer sur eau pure?

Deux moyens se présentaient à moi pour augmenter la quantité du sel dans l'intérieur de la graine: ou bien traiter les graines par une solution plus concentrée de nitrate, ou bien laisser tremper les graines plus longtemps dans la solution diluée. Le tableau XVI donne les résultats obtenus par l'une et l'autre manière de procéder.

Tableau XVI.

Essai de germination sur des graines ayant subi un traitement préalable.

Graines trempées respectivement pendant 3 fois 24 h., 2 fois 24 h. et 24 h. dans des solutions de  $\text{KNO}_3$  de concentrations diverses; lavées ensuite; mises à germer sur eau distillée.

Eclairage par lampe Pope de 25 bougies.

Début de l'expérience: 28 septembre.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 17^\circ - 20^\circ \text{ C.} \\ 18^\circ - 22^\circ \text{ C.} \\ 17^\circ - 20^\circ \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 30 septembre.

2<sup>e</sup> " " 1 octobre.

3<sup>e</sup> dénombrement 4 octobre.  
Fin de l'expérience: 6 „

Numéro.	Graines trempées dans:	Pendant.	Graines germées après			Pourcent. moyen.			
			2 j.	3 j.	5 j.				
148 1ab	eau dist.	3 × 24 h	0	1	1	2	3	2	
2ab	KNO <sub>3</sub> 0,1 m.-g.	„	10	34	29	50	32	51	41,5
3ab	„ 0,2 „	„	44	24	60	34	60	35	47,5
4ab	eau dist.	2 × 24 h.	0	0	1	0	1	1	1
5ab	KNO <sub>3</sub> 0,2 m.-g.	„	40	37	47	40	48	44	46
6ab	„ 0,4 „	„	12	38	34	80	34	81	57,5
7ab	eau dist.	24 h.	1	1	1	2	1	4	2,5
8ab	KNO <sub>2</sub> 1 m.-g.	„	36	18	70	32	73	32	52,5

Le pourcentage moyen obtenu est partout à peu près identique. Ni un renforcement de la concentration ni une prolongation du trempage ne fait monter le pourcentage à cette température. J'en conclus: il faut admettre ou bien que la quantité de KNO<sub>3</sub> qui a pénétré dans les graines a d'emblée atteint partout la limite maxima; ou bien il suffit qu'une certaine quantité, relativement petite, de ce nitrate ait pénétré pour „déclancher” la germination; une fois celle-ci commencée, toute nouvelle portion de nitrate reste sans aucun effet.

### Accélération de la germination de graines préalablement insolées et en même temps soumises à un traitement chimique préalable.

Les tableaux XIV et XV nous ont montré quelle grande différence présente la germination des graines sèches préalablement insolées et non soumises préalablement à l'action de la lumière solaire. Les observations qui y sont consignées m'ont suggéré un moyen pratique d'étudier l'influence

stimulante qu'exercent certains corps sur la germination, en opérant à température constante, mais à l'obscurité. En effet, les graines insolées préalablement pouvaient être mises à germer dans le thermostat, sans utiliser aucun appareil d'éclairage, comme je l'avais fait auparavant pour mes essais sur la solution de Knop.

Le tableau XVII nous donne le résultat obtenu avec  $\text{KNO}_3$  et après insolation préalable des graines. Afin d'égaliser les conditions expérimentales de part et d'autre, j'ai fait tremper d'abord mes graines d'*Amarantus* dans l'eau distillée, avant de les soumettre à l'action de la lumière solaire.

Tableau XVII.

Expérience de germination sur des graines ayant subi à la fois l'insolation et un traitement chimique préalable.

Graines distribuées en deux catégories; les unes trempent dans l'eau distillée pendant 6 heures, les autres dans une solution de  $\text{KNO}_3$  à la concentration de 1 mol.-gr.; elles sont lavées ensuite, séchées, elles sont enfin maintenues pendant 7 jours, les unes à la lumière, les autres à l'obscurité.

Après ce repos d'une semaine, toutes les graines sont mises à germer sur eau distillée; 100 graines par boîte de Petri; *in duplo*.

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Début de l'expérience: 3 octobre.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 17^\circ - 25^\circ \text{ C.} \\ 18^\circ - 26^\circ \text{ C.} \\ 18,5^\circ - 26^\circ \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 5 octobre.

2<sup>e</sup> " " 5 " , 4 h. de l'après-midi.

3<sup>e</sup> " " 6 "

4<sup>e</sup> " " 7 "

Fin de l'expérience: 9 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Eclairage préalable.	Graines germées après				Pourcent. moyen.				
			2 j.	30 h.	3 j.	4 j.					
150 1ab	eau dist.	(Néant)	2	3	10	9	11	13	11	13	12
2ab	KNO <sub>3</sub> 1 m.-g.	"	17	8	21	18	33	21	40	26	33
3ab	eau dist.	Lum. sol.	0	0	0	0	0	1	6	1	5
4ab	KNO <sub>3</sub> 1 m.-g.	"	9	0	26	4	55	6	67	8	37,5

La divergence des chiffres obtenus respectivement pour les graines trempées préalablement dans l'eau distillée et dans la solution de KNO<sub>3</sub> est très nette, comme il fallait s'y attendre. Les coefficients correspondant aux graines préalablement insolées et celles qui n'ont pas subi cette influence, diffèrent au contraire bien peu l'un de l'autre. Il semble qu'une exposition à la lumière (diffuse), prolongée pendant une semaine, ne soit pas suffisante pour permettre à la lumière d'exercer, plus tard, une influence sensible. D'autres essais montreront que cette action peut devenir appréciable et démontrable, si l'on réalise, artificiellement, un éclairage continu.

L'expérience présente a été répétée sur des graines qui devaient nécessairement manifester les effets de l'action de la lumière, puisqu'elles avaient été soumises pendant beaucoup plus longtemps (52 jours) à la lumière du jour.

#### Tableau XVIII.

Graines soumises préalablement à l'action de la lumière et en même temps à un traitement chimique préalable.

Graines, exposées, pendant 52 jours, en exsiccateur, à la lumière (parfois en plein soleil).

Graines trempées ensuite, pendant 6 heures, les unes dans l'eau distillée, les autres dans une solution de KNO<sub>3</sub> à la concentration de 0,1 mol.-gr.; séchées, après cela, au soleil; exposées de nouveau, pendant la journée à la lumière du soleil, pendant la nuit à l'éclairage par une lampe Pope de 100 bougies. La

durée totale de la période d'éclairage, par la lumière naturelle et artificielle, fut de 3 fois 24 heures. — Graines mises, enfin, à germer sur eau distillée; 100 gr. par boîte à germination. — *In triplo.*

Eclairage: en thermostat; obscurité.

Température constante: 27° C.

Début de l'expérience: 10 octobre.

1<sup>er</sup> dénombrement: 12 " "  
 2<sup>e</sup> " " 12 " "  
 3<sup>e</sup> " " 15 " " (à midi).  
 4<sup>e</sup> " " 15 " "  
 Fin de l'expérience: 18 " "

Numéro.	Exposition préalable à la lumière.	Graines trempées dans:	Graines germées, après															
			2 j.		30 h.		3 j.		4 j.									
				% moy.		% moy.		% moy.		% moy.								
154 1abc	52 jours	eau dist.	2	2	2	2	4	2	4	3	38	22	27	29	62	56	50	56
2abc	"	KNO <sub>3</sub> 1 mol.-gr.	17	18	13	16	26	37	26	30	80	73	62	72	82	78	67	75

Le premier dénombrement (après 2 jours) nous montre déjà une divergence notable des deux coefficients; cette divergence atteint son maximum après 30 heures (3 % contre 30 %), et s'atténue dès le lendemain. Cette marche des phénomènes est identique à celle du tableau précédent.

A température constante KNO<sub>3</sub> exerce une influence stimulante sur la germination; on peut donc affirmer, désormais, que les oscillations de la température ne constituent pas un facteur essentiel de cette action stimulante, du moins chez l'*Amarantus caudatus*; c'est ce qu'avaient démontré déjà certaines expériences précédentes, sur la solution de Knop (Tableau XV), mais d'une façon beaucoup moins probante; la divergence observée entre les divers coefficients obtenus était beaucoup moins nette que dans le présent essai sur KNO<sub>3</sub>.

### Action stimulante des combinaisons organiques.

Les résultats obtenus jusqu'à présent ont montré dans quelle mesure les nitrates (et plus spécialement le nitrate de potassium) s'opposent à l'action inhibitrice de la lumière, chez l'*Amarantus caudatus*. Ces substances agissent, par conséquent, comme stimulant de la germination. J'ai fait l'expérience suivante dans le but de vérifier si certaines substances organiques azotées auraient la même influence.

Tableau XIX.

Expériences sur des amines et des alcaloïdes.

Les graines ont été trempées dans des solutions de ces substances, pendant 2 fois 24 heures, puis lavées, séchées, et mises enfin à germer sur eau distillée; 100 graines par vase à germination. *In duplo*.

Début de l'expérience: 9 octobre.

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 17^{\circ}-28^{\circ} \text{ C.} \\ 18^{\circ}-26^{\circ} \text{ C.} \\ 18^{\circ}-29^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 11 octobre.

2<sup>e</sup> " " 12 "

3<sup>e</sup> " " 13 "

Fin de l'expérience: 15 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Substrat.	Graines germées, après			Pourcent. moyen.
			2 j.	3 j.	4 j.	
153 1ab	eau dist.	eau dist.	1 4	1 5	1 5	3
2ab	Pipéridine 0,1 m.	"	0 0	0 0	0 0	0
3ab	Asparagine 0,1 "	"	4 0	5 3	6 3	4,5
4ab	Urée 0,1 "	"	1 20	3 32	4 32	18
5ab	Urotropine 0,1 "	"	0 0	0 0	0 0	0
6ab	Caféine 0,05 "	"	0 1	0 2	0 3	1,5
7ab	Ethylènediam. hydr. 0,1 "	"	1 16	1 30	2 33	17,5
8ab	Sulfocyanate de K 0,4 "	"	62 63	81 76	83 80	81,5

Seul le sulfocyanate de potassium a stimulé la germination d'une manière importante. Des expériences ultérieures nous montreront si c'est à la concentration, utilisée dans le présent essai, que cette substance exerce son action maxima. Je reviendrai plus loin sur les résultats négatifs fournis par les alcaloïdes; je reparlerai aussi des essais que j'ai tentés sur des solutions plus concentrées de phosphates, de sulfates et de chlorures.

On verra plus loin que j'ai été amené à modifier plus tard la manière de procéder à l'éclairage ou à l'insolation préalable des graines, afin de faire ressortir encore plus la différence que l'on observe entre la germination sur eau distillée et celle que l'on obtient sur une solution saline.

L'asparagine et l'urée m'ont donné des résultats différents de ceux que j'attendais; de plus le sulfocyanate d'ammonium, contrairement à mon attente, s'est comporté autrement que le sel de potassium correspondant: ce dernier seul a agi en stimulant de la germination. Pour toutes ces raisons, j'ai opéré plusieurs autres essais encore sur ces divers sels, en utilisant des méthodes différentes; les résultats en furent toujours négatifs. Toutefois, afin d'être complet, j'en veux faire l'exposé; je ferai précéder celui-ci d'une description détaillée de mes expériences sur le sulfocyanate de potassium.

#### **Action stimulante du sulfocyanate de potassium sur la germination.**

Il est certainement intéressant de constater dans quelle large mesure le sulfocyanate de potassium agit comme stimulant de la germination, alors que tous les sulfocyanates sont reconnus en général comme substances toxiques. Le sulfocyanate ammonique, entre autres, à une action nuisible sur les plantes cultivées; on trouve le fait

mentionné par J. König (Botan. Jahrb., 1884), Krauch (Botan. Zentralbl. 1882), Klein (Botan. Jahrb., 1886) et d'autres auteurs. J'extraits d'expériences récentes, faites au laboratoire ou moi-même j'ai travaillé, les chiffres suivants:

*Pisum sativum.*

Substrat:	Germination:
NH <sub>4</sub> CNS 0,1 mol.-gr.	0 %
„ 0,01 „	67,9 %
KCNS 0,05 „	20,8 %
NH <sub>4</sub> CNS 0,05 „	0,7 %

Le sulfocyanate d'ammonium, aux concentrations de 0,1 mol.-gr. et de 0,05 mol.-gr., tue pour ainsi dire toutes les graines de *Pisum*; le sulfocyanate potassique est un peu moins toxique.

Ce sont les mêmes effets toxiques que j'ai observés moi-même sur les graines d'*Amarantus caudatus*. J'avais beau diminuer de plus en plus la concentration de la solution de KCNS qui imprégnait le papier à filtrer, la toxicité de ce sel continuait à se manifester par la mort de la radicule; celle-ci était tuée dès qu'elle apparaissait au dehors. Je ne suis arrivé à étudier les effets d'une solution très diluée de cette substance qu'en faisant tremper mes graines dans la dite solution et en les lavant ensuite.

Le tableau XIX montre le pourcentage élevé obtenu sur KCNS à la concentration de 0,4 mol.-gr. Avant de passer à l'examen de l'action qu'exercent les concentrations élevées, j'ai voulu étudier tout d'abord l'influence stimulante des solutions diluées de KCNS sur la germination.

Tableau XX.

Essai de germination sur le sulfocyanate potassique.

J'ai fait tremper les graines, pendant 24 heures, dans des solutions de KCNS, à des concentrations diverses; je les ai ensuite lavées, puis mises à germer sur eau distillée.

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Début de l'expérience: 15 octobre.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 18^{\circ}-24^{\circ} \text{ C.} \\ 18^{\circ}-24^{\circ} \text{ C.} \\ 19^{\circ}-25^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 17 octobre,

2<sup>e</sup> " 18 "

3<sup>e</sup> " 20 "

Fin de l'expérience: 22 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Mises à germer sur:	Graines germées après			Pourcent. moyen.			
			2 j.	3 j.	5 j.				
156 1ab	eau dist.	eau dist.	20	40	40	50	42	51	46,5
2ab	KCNS 0,4 m.-g.	"	72	38	77	60	80	75	77,5
3ab	" 0,2 "	"	47	41	60	53	65	55	60
4ab	" 0,1 "	"	17	11	28	20	32	35	33,5
5ab	" 0,05 "	"	27	26	47	38	52	45	48,5

Le fort pourcentage obtenu sur l'eau distillée (46,5 %) est une conséquence de la température élevée (tempér. maxim.: 25°); il devenait difficile, dans ces conditions, d'apprécier correctement de grandes différences entre les coefficients fournis par les différentes solutions; il fallait donc trouver le moyen de réduire au minimum le coefficient de germination de l'eau distillée, même à cette température élevée.

Un procédé était tout indiqué: l'action préalable sur les graines de la lumière; j'utilisai, pour ce faire, une lampe Pope de 100 bougies.

#### Tableau XXI.

Répétition de l'essai précédent, sur KCNS.

Graines trempées pendant 30 heures respectivement dans des solutions de KCNS à des concentrations différentes, et dans l'eau distillée; lavées ensuite, séchées et exposées à l'éclairage

continu d'une lampe Pope de 100 bougies pendant 2 fois 24 heures; mises à germer sur eau distillée.

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 18^{\circ}-24^{\circ} \text{ C.} \\ 19^{\circ}-27^{\circ} \text{ C.} \\ 18,5^{\circ}-26^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 21 octobre.

2<sup>e</sup> " 22 "

3<sup>e</sup> " 24 "

Fin de l'expérience: 26 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Mises à germer sur:	Graines germées, après			Pourcent. moyen.			
			2 j.	3 j.	5 j.				
159 1ab	eau dist.	eau dist.	7	2	14	12	17	15	16
2ab	KCNS 0,4 m.-g.	"	60	53	72	69	74	71	72,5
3ab	" 0,2 "	"	40	43	53	53	56	61	58,5
4ab	" 0,1 "	"	23	44	41	52	46	57	51,5

La divergence apparaît nettement, cette fois, entre les deux chiffres: 16 % pour l'eau distillée, 75 % pour KCNS à la concentration de 0,4 mol.-gr.; c'est à cette concentration que la solution de KCNS fournit, semble-il, son pourcentage maximum de germinations. Peut-être une exposition préalable des graines à l'action de la lumière, prolongée plus longtemps, aurait-elle donné une influence inhibitrice plus intense encore; c'est pourquoi je résolus de soumettre mes graines à cet éclairage préalable pendant 4 fois 24 h. au lieu de 2 fois.

#### Tableau XXII.

Répétition de l'expérience précédente sur KCNS.

Graines trempées pendant 3 fois 24 h. respectivement dans une solution de KCNS à la concentration de 0,4 mol.-gr., et dans l'eau distillée, lavées ensuite, puis soumises pendant 4 fois 24 h. à l'action de la lumière (lampe de 100 bougies); mises enfin à germer sur eau distillée.

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Début de l'expérience: 30 octobre.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 19^{\circ}-27^{\circ} \text{ C.} \\ 17^{\circ}-24^{\circ} \text{ C.} \\ 17^{\circ}-24^{\circ} \text{ C.} \\ 16^{\circ}-24^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 1 novembre.

2<sup>e</sup> " 2 "

3<sup>e</sup> " 3 "

4<sup>e</sup> " 4 "

Fin de l'expérience: 7 "

Numéro.	Graines germées dans:	Mises a germer sur:	Graines germées, après				Pourcentage moyen.
			2 j.	3 j.	4 j.	5 j.	
162 1abc	eau dist.	eau dist.	0 0 0	2 3 0	3 3 0	3 3 1	2
2abc	KCNS 0,4 m.-g.	"	53 47 34	63 67 60	63 69 62	64 70 64	66

L'action stimulante de KCNS sur la germination est, cette fois, très nette: 60 % contre 2 % sur l'eau distillée. L'expérience qui suit ne fait que confirmer ce résultat.

Tableau XXIII.

Répétition de l'expérience précédente sur KCNS.

Graines trempées pendant 52 heures respectivement dans KCNS, à la concentration de 0,4 mol.-gr., et dans l'eau distillée; lavées ensuite, en eau courante, pendant 3 heures, séchées, puis exposées pendant 4 fois 24 heures à la lumière d'une lampe de 100 bougies; mises enfin à germer sur eau distillée. *In triplo.*

Début de l'expérience: 30 octobre.

1<sup>er</sup> dénombrement: 1 "

2<sup>e</sup> " 2 "

3<sup>e</sup> " 3 "

4<sup>e</sup> " 4 "

Température }  $19^{\circ}-27^{\circ}$  C.  
 }  $17^{\circ}-24^{\circ}$  C.  
 }  $17^{\circ}-24^{\circ}$  C.  
 }  $16^{\circ}-24^{\circ}$  C.

Fin de l'expérience: 6 octobre.

Numéro.	Graines trempées dans:	Mises à germer sur:	Graines germées, après				Pourcentage moyen.
			2 j.	3 j.	4 j.	5 j.	
162 1ab	eau dist.	eau dist.	0 0 0	2 1 0	3 1 1	3 1 1	2
2ab	KCNS 0.4 m.-g.	"	43 44 35	73 74 70	77 83 78	77 83 78	79

Même après un lavage prolongé des graines, l'action stimulante de KCNS est encore manifeste.

L'expérience suivante nous prouvera que l'influence exercée sur la germination par KCNS est du même ordre que celle de  $\text{KNO}_3$ .

#### Tableau XXIV.

Essais comparatifs de germination sur KCNS et sur  $\text{KNO}_3$ .

Graines trempées pendant 2 fois 24 h., les unes dans une solution de KCSN, à la concentration de 0,4 mol.-gr., les autres dans une solution de  $\text{KNO}_3$  à 0,3 mol.-gr.; lavées ensuite, puis exposées pendant 5 jours à la lumière d'une lampe de 100 bougies; mises à germer sur eau distillée; 100 gr. par boîte de verre. *In triplo.*

Début de l'expérience: 9 novembre.

Eclairage: lampe Pope de 25 bougies.

Température }  $17^{\circ}-25^{\circ}$  C.  
 }  $16^{\circ}-22^{\circ}$  C.  
 }  $17^{\circ}-23^{\circ}$  C.

1<sup>er</sup> dénombrement: 11 novembre.

2<sup>e</sup> " 12 "

3<sup>e</sup> " 15 "

Fin de l'expérience: 17 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Mises à germer sur:	Graines germées, après			Pourcentage moyen.
			2 j.	3 j.	7 j.	
165 labc	eau dist.	eau dist.	0 0 0	1 0 0	6 8 9	7
2abc	KCNS 0,4 m.-g.	"	21 10 18	62 40 53	72 89 73	78
3abc	KNO <sub>3</sub> 0,3 "	"	5 11 14	48 38 37	83 79 65	76

### Allure de la germination en présence de solutions relativement concentrées de KCNS.

Il ressort de tous les essais précédemment exposés que le pourcentage de germination maximum, obtenu pour la solution de KCNS à 0,4 mol.-gr., est de  $\pm 80\%$ . On pouvait se demander, maintenant, si des solutions plus concentrées auraient fait monter encore ce coefficient, ou si dans ces conditions, au contraire, le sulfocyanate allait tuer les graines. Je fis donc tremper mes graines pendant plusieurs jours dans une solution relativement concentrée de KCNS; je les mis ensuite à germer à l'obscurité.

Tableau XXV.

Essai de germination sur KCNS, solution relativement concentrée.

Graines trempées, pendant une période de 1—8 jours, dans des solutions de KCNS aux concentrations de 1 mol.-gr. et de 2 mol.-gr., lavées ensuite simplement, mises à germer enfin sur eau distillée, en thermostat.

A l'obscurité.

Température: 27° C.

Début de l'expérience: 23 janvier 1919.

1<sup>er</sup> dénombrement: 25 "

2<sup>e</sup> " 27 "

Fin de l'expérience: 30 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Graines trempées pendant:	Graines germées, après				Pourcent. moyen.
			2 j.		4 j.		
181 1ab	KCNS 1 m.-g.	24 h.	57	44	75	81	78
2ab	" "	2 × 24 h.	49	52	65	62	63,5
3ab	" "	3 × 24 h.	37	31	54	52	53
4ab	" "	4 × 24 h.	24	23	41	47	44
5ab	" "	5 × 24 h.	28	24	43	39	41
6ab	" 2 m.g.	4 × 24 h.	43	34	53	44	48,5
7ab	" "	5 × 24 h.	22	25	37	38	37,5
8ab	" "	6 × 24 h.	22	16	32	37	34,5
9ab	" "	7 × 24 h.	12	13	23	26	24,5
10ab	" "	8 × 24 h.	2	4	12	15	13,5

La divergence des pourcentages ne mérite d'être relevée qu'à partir du groupe 4ab; à partir du groupe 7ab la moitié des graines seulement germe; si les graines séjournent un peu longtemps dans la solution de sulfocyanate, l'action toxique et mortelle de ce sel se fait sentir encore plus visiblement: le groupe 10ab ne donne plus que 13,5 % de germinations. Ce résultat ne doit pas, néanmoins, être attribué uniquement à l'influence du sulfocyanate: il est très probable que la submersion prolongée étouffe les graines. Il semble en tout cas établi que le sel n'a pas pu pénétrer en excès à l'intérieur des graines: il lui faut pour cela un certain temps, de sorte que j'aurais pu, en toute sécurité, tremper mes graines dans une solution concentrée de sulfocyanate, et en étudier l'action stimulante sur la germination.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus par cette méthode.

#### Tableau XXVI.

La même expérience, répétée à la lumière.  
Graines trempées pendant 3 fois 24 heures dans une solution

de KCNS à la concentration de 0,4 mol.-gr.; lavées ensuite, puis exposées pendant 4 jours à l'action de la lumière (lampe de 100 bougies); mises à germer sur eau distillée.

Eclairage: lampe de 25 bougies.

Début de l'expérience: 26 janvier.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 10^{\circ}-18^{\circ} \text{ C.} \\ 9^{\circ}-19^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 30 janvier.

2<sup>e</sup> " 1 février.

3<sup>e</sup> " 3 "

Fin de l'expérience: 6 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Graines germées, après						Pourcent. moyen.
		4 j.		6 j.		8 j.		
190 1ab	eau dist.	0	0	0	0	0	0	0
2ab	KCNS 0,5 m.-g.	43	49	60	62	60	62	61
3ab	" 1 "	19	11	51	32	62	55	58,5
4ab	" 2 "	20	12	37	29	54	40	47
5ab	" 4 "	9	8	27	42	45	59	51,5

La température, plus basse que lors de l'essai précédent, a ralenti la germination, de sorte que le pourcentage maximum obtenu précédemment, (75 %), n'est plus atteint. Malgré cela, la moyenne générale des pourcentages observés aux diverses concentrations de la présente expérience se trouve être, à la fin de l'essai, à peu près identique. Au début de la germination, au contraire, la différence entre les deux expériences est frappante. Si l'on prend la moyenne de chaque groupe de deux boîtes, on obtient les chiffres suivants:

après 4 jours:

2 a b 46 %

3 a b 15 %

4 a b 16 %

5 a b 8.5 %

après 6 jours:

2 a b 61 %  
 3 a b 41.5 %  
 4 a b 33 %  
 5 a b 34.5 %

„ 8 „

2 a b 61 %  
 3 a b 58.5 %  
 4 a b 47 %  
 5 a b 51.5 %

La première série de chiffres (pourcentage au bout de 4 jours) indique que le traitement préalable par la solution à 0.5 mol.-gr. fournit un pourcentage de 46 %; les concentrations plus fortes donnent des coefficients de germination moins élevés (resp. 15 %, 16 % et 8,5 %).

Au bout de 6 jours, cette divergence s'est fort atténuée; elle disparaît à peu près complètement au bout du 8<sup>e</sup> jour.

On peut tirer, de ces constatations, la conclusion suivante: sous l'influence d'une concentration plus forte, le sulfocyanate a pénétré à l'intérieur des graines en trop forte quantité; or la présence de ce sel, en excès, a une action défavorable sur la germination. Au bout de quelques jours, la diffusion, qui s'opère peu à peu, aura fait baisser la concentration intérieure du sulfocyanate, jusqu'au moment où il ne reste plus dans les tissus des graines qu'une quantité de ce sel exactement suffisante pour exercer son action stimulante normale sur la germination: dès lors, le pourcentage moyen remonte. C'est ce qu'indique la 3<sup>e</sup> série des chiffres-ci-dessus; de là aussi la similitude relative des chiffres obtenus à la fin des deux dernières expériences.

### Pénétration du sulfocyanate potassique dans l'embryon.

Les expériences qui précèdent ont montré clairement que le sulfocyanate de potassium exerce une action stimulante sur la germination. Il faut, maintenant, se demander si ce sel a agi jusque sur l'embryon ou seulement sur le spermoderme. En effet Gassner déduit de ses expériences sur le *Chloris ciliata* (Zeitschr. f. Bot, VII, 1915) que le nitrate potassique — qui agit comme stimulant de la germination chez cette plante — ne parvient pas à atteindre l'embryon, grâce à la sémi-perméabilité des parois cellulaires du spermoderme.

La meilleure manière de trancher définitivement la question serait, évidemment, de débarrasser d'abord les graines de leur enveloppe, et de les traiter ensuite par la solution saline à étudier. Je ne suis malheureusement pas parvenu à dépouiller complètement les graines d'*Amarantus caudatus* de leur spermoderme, sans endommager du même coup l'embryon; je me suis donc vu obligé, pour démontrer la pénétration de KCNS dans les tissus de l'embryon, de recourir aux procédés de chimie macroscopique et microscopique.

J'ai donc fait tremper 200 graines, pendant 2 fois 24 heures, dans une solution de KCNS à la concentration de 0,4 mol.-gr.; je les ai lavées ensuite pendant environ 5 minutes; je les agitais énergiquement, pour ce faire, avec de l'eau, en rejetant chaque fois l'eau de lavage, jusqu'à ce que celle-ci ne donnât plus de coloration rouge par addition de  $\text{Fe Cl}_3$ ; après avoir trituré les graines, j'y ajoutai 25 cent. cubes d'eau distillée. Lorsque toutes les particules solides se furent déposées au fond du vase, le liquide surnageant fut décanté. Une addition de 5 centim. cubes de  $\text{Fe Cl}_3$  (à 5 %) colora nettement le liquide en rouge. Il est donc prouvé que le sulfocyanate potassique ne se laisse pas éliminer de la graine par un simple lavage.

Ce résultat serait-il obtenu par un lavage prolongé pendant plus longtemps, en soumettant p. ex. les graines à l'action d'un courant d'eau pendant plusieurs heures?

Les tableaux XXVII et XXVIII nous donnent la réponse à cette question.

Tableau XXVII.

Essai sur des graines lavées à fond.

Graines trempées pendant 2 fois 24 heures dans une solution de KCNS à la concentration de 0,4 mol.-gr.; lavées ensuite pendant 5 heures dans un courant d'eau; puis soumises pendant 4 jours à l'action de la lumière (lampe de 100 bougies). Mises à germer, enfin, sur eau distillée.

Eclairage: lampe de 25 bougies.

Début de l'expérience: 26 janvier.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 9^{\circ}-19^{\circ} \text{ C.} \\ 10^{\circ}-18^{\circ} \text{ C.} \\ 11^{\circ}-20^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 20 janvier.

2<sup>e</sup> " 1 février.

3<sup>e</sup> " 3 "

Fin de l'expérience: 6 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Lavage.	Graines germées après:						Pourcent. moyen.
			4 j.		6 j.		8 j.		
192 1ab	eau dist.	simple	0	0	0	0	0	0	0
2ab	KCNS 0,4 m.-g.	"	43	35	61	62	62	66	64
3ab	"	pend. 5 heures	12	13	36	32	42	32	37

Le lavage prolongé a réduit le pourcentage des germinations; malgré cela, on voit que tout le sulfocyanate n'a pas diffusé vers l'extérieur: il en est resté suffisamment à l'intérieur des graines pour faire valoir son action stimulante sur la germination. Un lavage, prolongé pendant un laps de temps encore plus long, ne parvient pas davan-

tage à éliminer tout le sulfocyanate qui a pénétré dans les graines; c'est ce qu'indique le tableau XXVIII.

Tableau XXVIII.

Le même essai, sur des des graines lavées à fond.

Graines trempées pendant 2 fois 24 heures dans une solution de KCNS, à la concentration de 0,4 mol.-gr.; lavées ensuite, pendant 3 fois 24 heures dans un courant d'eau; puis soumises pendant 5 fois 24 heures à l'action de la lumière (lampe de 100 bougies); mises enfin à germer, comme d'habitude, sur eau distillée.

Eclairage; lampe de 25 bougies.

Début de l'expérience: 13 février.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 11^{\circ}-23^{\circ} \text{ C.} \\ 13^{\circ}-21^{\circ} \text{ C.} \\ 11^{\circ}-23^{\circ} \text{ C.} \\ 23^{\circ}-27^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 27 février.

2<sup>e</sup> " 19 "

3<sup>e</sup> " 22 "

4<sup>e</sup> " 27 "

Fin de l'expérience: 2 mars.

Numéro.	Graines trempées dans:	Lavage.	Graines germées, après								Pourcent moyen.
			4 j.		6 j.		9 j.		14 j.		
195 1ab	eau dist.	—	0	0	0	0	0	1	0	1	0,5
2ab	KCNS 0,4 m.-g.	simple	33	40	50	53	59	60	59	60	59,5
3ab	"	3×24 heures	10	9	26	29	28	34	30	35	32,5

Cette fois encore le lavage simple donne un pourcentage plus élevé que le lavage par l'eau courante; il n'en est pas moins vrai que le chiffre obtenu après un lavage, prolongé pendant 3 fois 24 heures, manifeste encore visiblement l'influence stimulante du KCNS sur la germination. Il est clair que le sulfocyanate existe encore dans les graines et qu'on ne peut l'en expulser; il faut donc bien

admettre qu'il a pénétré, non seulement, dans le spermoderme, mais jusque dans les tissus de l'embryon.

Cette hypothèse est confirmée par l'examen microscopique; des coupes opérées dans des graines traitées comme ci-dessus par KCNS, se colorent en rouge par  $\text{Fe Cl}_3$ . Comme l'embryon est rouge par lui-même, on ne peut vérifier la réaction dans cette partie de la coupe; la réaction se produit, par contre, dans le spermoderme et dans l'endosperme. L'enveloppe de la graine n'est donc pas absolument imperméable chez l'*Amarantus caudatus* et le sulfocyanate doit pénétrer jusque dans l'embryon. Il en est probablement de même pour les autres sels.

### Influence stimulante de l'acide nitrique sur la germination.

J'ai déclaré, dans mon introduction, que mes recherches relatives à l'action stimulante que peuvent exercer certaines substances sur la germination des graines de l'*Amarantus caudatus* ne s'étendraient pas aux acides, ces recherches n'intéressant, en principe, que les sels azotés.

J'ai voulu vérifier cependant, si  $\text{HNO}_3$  (qui est lui-même une combinaison azotée) a réellement une action stimulante, alors que  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et  $\text{HCl}$  n'ont aucune influence sur la germination. C'est pourquoi j'ai fait un essai sur ces trois acides minéraux.

### Tableau XXIX.

#### Expérience sur les acides.

Graines trempées, pendant 2 fois 24 heures dans  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ou  $\text{HCl}$ , à diverses concentrations; lavées ensuite pendant 4 fois 24 heures, puis soumises à l'action de la lumière (lampe de 100 bougies); mises enfin à germer sur eau distillée.

Eclairage: lampe de 25 bougies.

Début de l'expérience: 2 février.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 11^{\circ}-23^{\circ} \text{ C.} \\ 13^{\circ}-21^{\circ} \text{ C.} \\ 11^{\circ}-23^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 17 février.

2<sup>e</sup> " 19 "

3<sup>e</sup> " 22 "

Fin de l'expérience: 25 "

Numéro:	Graines trempées dans:	Graines germées après			Pourcent moyen.
		6 j.	8 j.	9 j.	
194 1ab	eau dist.	1 0	4 0	4 0	2
2ab	HNO <sub>3</sub> 0,1 norm.	0 0	0 0	0 0	0
3ab	" 0,05 "	2 1	2 1	3 1	0
4ab	" 0,01 "	15 16	24 24	29 27	28
5ab	" 0,005 "	0 0	0 0	1 0	0,5
198 2ab	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,1 "	2 3	5 6	6 8	7
3ab	" 0,05 "	2 1	3 4	7 2	4,5
4ab	" 0,01 "	0 1	2 1	2 1	1,5
5ab	HCl 0,1 "	5 3	6 8	8 10	9
6ab	" 0,05 "	4 3	7 11	7 12	9,5
7ab	" 0,01 "	0 1	2 0	3 0	1,5

Conformément à mon attente HNO<sub>3</sub> seul a eu une action stimulante appréciable, notamment en solution  $\frac{1}{100}$  normale (centinormale.)

Tableau XXX.

Le même essai, sur HNO<sub>3</sub>, répété.

Graines trempées, lavées et soumises à l'action de la lumière, comme ci-dessus.

Début de l'expérience: 22 février.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 13^{\circ}-23^{\circ} \text{ C.} \\ 13^{\circ}-27^{\circ} \text{ C.} \\ 23^{\circ}-23^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 26 février.  
 2<sup>e</sup> " 28 "  
 3<sup>e</sup> " 1 mars.  
 Fin de l'expérience: 4 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Graines germées, après			Pourcent moyen.
		4 j.	6 j.	8 j.	
197 1ab	eau dist.	5 0	5 0	5 0	2,5
2ab	HNO <sub>3</sub> 0,5 m.-g.	0 0	0 0	0 0	0
3ab	" 0,1 "	1 0	5 3	5 4	4,5
4ab	" 0,05 "	13 6	16 11	16 12	14
5ab	" 0,01 "	13 20	19 25	20 27	23,5

Cette répétition de l'expérience précédente confirme ses résultats: HNO<sub>3</sub> en solution centinormale stimule la germination, mais pas dans les mêmes proportions que KNO<sub>3</sub> ou KCNS.

### Influence des sels minéraux en solution concentrée.

Le tableau XI enrégistre les résultats négatifs obtenus en utilisant comme substratum un sulfate et des chlorures. Ces sels n'exerceraient-ils pas, eux aussi, une influence stimulante sur la germination, si on les faisait agir en solution concentrée sur les graines, préalablement à la germination? Dans la négative, l'embryon est-il, oui ou non, tué par son séjour dans ces solutions?

J'ai fait des essais comparatifs sur ces sels, et sur un phosphate (Tabl. XXXI). Les graines ont été mises à la lumière; les deux premiers dénombrements des graines qui avaient germé dans ces conditions répondent ainsi à la première des deux questions ci-dessus: y a-t-il, oui ou non, une action stimulante? Je transportai alors les graines

à l'obscurité, afin de démontrer, par un 3<sup>e</sup> dénombrement, la toxicité éventuelle des solutions salines concentrées.

Tableau XXXI.

Essai sur les sels minéraux. Complément du tableau XI.  
Graines trempées pendant 2 fois 24 heures, dans  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$   
NaCl  
KCl

lavées ensuite; exposées après cela à la lumière pendant 6 fois 24 heures (lampe de 100 bougies); mises à germer, à la manière habituelle, sur eau distillée, d'abord à la lumière (lampe de 25 bougies), puis à l'obscurité. *In duplo*.

Début de l'expérience: 21 janvier.

1<sup>er</sup> dénombrement: 24 "  
2<sup>e</sup> " 26 "  
3<sup>e</sup> " 27 "  
Fin de l'expérience: 29 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Graines germées, après					
		3 j.		4 j.			
		à la lumière.			à l'obscurité.		
				Pourc. moyen.			Pourc. moyen.
185 1ab	eau dist.	3 0	3 0	1,5	61	75	68
2ab	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 m.-g.	0 0	0 0	0	58	70	64
3ab	" 0,5 "	0 4	0 4	2	76	71	73,5
4ab	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ 0,1 "	4 1	3 1	2	38	53	45,5
5ab	" 0,05 "	3 2	5 2	3,5	73	59	66
6ab	NaCl 1 "	1 0	2 1	1,5	61	52	56,5
7ab	" 0,05 "	0 0	0 0	0	57	66	61,5
8ab	KCl 0,05 "	1 0	1 0	0,5	50	45	47,5

Il ressort de ce tableau qu'un traitement préalable des graines par des solutions salines concentrées n'agit pas plus comme stimulant que l'emploi des solutions faibles.

L'embryon, cependant, n'a pas été tué; les chiffres fournis par le 3e dénombrement des graines germées à l'ombre indiquent un pourcentage normal, élevé.

Ce tableau permet, en outre, de constater une fois de plus, que les concentrations fortes ont une action inhibitrice sur la germination et peuvent même devenir nocives; cette toxicité relative s'observe principalement pour la solution de  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  à la concentration de 0,05 mol.-gr. et pour KCl. Les sels ont donc dû pénétrer jusque dans les tissus de l'embryon, comme nous l'avions constaté déjà dans notre essai sur KCNS.

### Résultats négatifs obtenus pour les alcaloïdes et d'autres substances organiques.

Quoique mes essais sur les substances organiques n'aient révélé aucune influence stimulante de ces substances sur la germination (sauf pour KCNS), je veux les mentionner encore ici, afin d'être complet.

L'urée, même en solution concentrée, et utilisée en traitement préalable des graines, ne manifesta aucune action stimulante sur la germination. J'ai voulu vérifier si l'embryon n'était pas tué par cette substance; après avoir constaté que la germination à la lumière ne donnait rien, j'ai, dans ce but, placé mes graines à l'obscurité.

### Tableau XXXII.

#### Essai sur l'urée.

Afin d'éviter une décomposition de l'urée, avec dégagement de  $\text{NH}_3$ , j'ai fait bouillir préalablement l'eau que je voulais utiliser pour préparer ma solution et les graines ne furent

maintenues dans cette solution que pendant 7 heures. Graines lavées ensuite; puis exposées, pendant 4 jours à la lumière (lampe de 100 bougies); mises enfin à germer sur eau distillée.

Eclairage: lampe de 25 bougies; plus tard obscurité.

Début de l'expérience: 24 novembre.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 13^{\circ}\text{--}21^{\circ} \text{ C.} \\ 13^{\circ}\text{--}21^{\circ} \text{ C.} \\ 14^{\circ}\text{--}22^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

Temp. const.:  $27^{\circ}$  (en thermostat).

1<sup>er</sup> dénombrement: 26 novembre.

2<sup>e</sup> " 29 "

3<sup>e</sup> " 1 décembre.

4<sup>e</sup> " 3 "

Fin de l'expérience: 5 "

Numéro.	Graines trempées dans:	Graines germées, après					
		2 j.		5 j.		7 j.	
		à la lumière.			à l'obscurité.		
					% moy.		% moy.
171 1ab	eau dist.	00	00	00	0	75 60	62,5
2ab	Urée 1 m.-g.	00	10	11	1	55 64	59,5
3ab	" 0,1 "	00	10	12	1,5	60 63	61,5

L'embryon n'a donc pas été tué.

J'ai repris ensuite cette même expérience sur des alcaloïdes et d'autres combinaisons organiques.

### Tableau XXXIII.

Essai sur le sulfate d'asparagine.

" de quinoline.

chlorhydrate d'aniline.

sulfocyanate ammonique.

Graines trempées, pendant 2 fois 24 heures, dans les solutions de ces substances; puis lavées; exposées ensuite à l'action de la lumière (lampe de 100 bougies); mises enfin à germer sur eau distillée. *In triplo.*

Eclairage: lampe de 25 bougies.

Début de l'expérience: 6 novembre.

Température  $\left\{ \begin{array}{l} 17^{\circ}-21^{\circ} \text{ C.} \\ 17^{\circ}-21^{\circ} \text{ C.} \\ 16^{\circ}-22^{\circ} \text{ C.} \end{array} \right.$

1<sup>er</sup> dénombrement: 8 novembre.

2<sup>e</sup> " 9 "

3<sup>e</sup> " 11 "

Fin de l'expérience: 14 "

Numéro.	Graines trempées, dans:	Graines germées, après			Pourcent. moyen.
		2 j.	3 j.	6 j.	
164 1abc	eau dist.	0 0 0	0 5 0	2 7 0	3
2abc	Sulfate d'asp. 0,1	0 0 0	0 0 0	1 2 0	1
3abc	" " 0,05	0 0 0	0 0 0	0 0 4	1,3
4abc	Sulfate de quin. 0,1	2 1 1	3 2 3	9 7 11	9
5abc	" " 0,05	2 3 1	2 6 2	7 8 5	7
6abc	Chlorhydrate d'aniline 0,1	0 0 0	0 0 0	3 2 4	3
7abc	(NH <sub>4</sub> )CHS 0,1	0 0 0	0 1 0	4 6 5	5

On constate donc, comme précédemment, l'absence d'influence stimulante sur la germination, pour toutes ces substances.

L'ensemble des résultats obtenus se trouve résumé dans le tableau suivant.

Tableau XXXIV.

Résumé des résultats des tableaux XIX, XXXII et XXXIII; le présent tableau donne les coefficients de germination définitifs, constatés après le 4<sup>e</sup> et le 5<sup>e</sup> jour, et qui expriment la germination maxima observée.

Numéro.	Graines trempées, dans:	Graines germées après 4 jours.	Pourcent. moyen.
152 2ab	Chlorh. de pipéridine 0,1	5 5	5
153 2ab	"	0 0	0
152 5ab	Urotropine 0,1	0 0	0
153 5ab	"	0 0	0
153 3ab	Asparagine 0,1	6 3	4,5
164 2abc	Sulfate d'aspar. 0,1	1 2 0	1
152 6ab	Caféine 0,05	0 0	0
153 5ab	"	0 3	1,5
164 4abc	Sulfate de quinoline 0,1	9 7 11	9
164 6abc	Chlorhydr. d'aniline 0,1	0 0 0	0
164 7abc	Sulfocyanate ammon. 0,1	4 6 5	5
168 2ab	Eth. diamine	2 0	1

Ce résultat négatif est-il dû à l'action inhibitrice de la lumière? Ou bien l'embryon a-t-il été tué? Un essai de germination à l'obscurité peut seul résoudre ces questions; j'ai donc, pour y répondre, institué l'expérience suivante.

#### Tableau XXXV.

Germination en présence de bases.

Essai de germination à l'obscurité, en thermostat réglé à la température de 27°: c'est ce procédé opératoire qui donne régulièrement le plus haut pourcentage de graines germées.

Graines trempées, pendant 2 fois 24 heures, dans les solutions à étudier; lavées ensuite; puis mises à germer sur eau distillée.

Numéro.	Graines trempées dans:	Graines germées dans:	Pourcent. moyen.
184 1ab	eau dist.	82 78	80
2ab	Chlorh. de pipéridine 0,1	73 69	71
3ab	Urotropine 0,1	81 76	78,5
4ab	Caféine 0,05	80 82	81
5ab	Ethyl. diamine 0,1	79 85	83
6ab	Sulfate d'asp. 0,1	60 70	65
7ab	Asparagine 0,1	65 81	73
8ab	Sulfate de quinoline 0,1	80 78	79
9ab	Sulfocyanate amm. 0,1	70 82	76
10ab	Chlorhydrate d'aniline 0,1	2 3	2,5

L'embryon n'a pas été tué par le séjour des graines dans ces solutions, à l'exception toutefois du chlorhydrate d'aniline. Ce dernier fait démontre, au surplus, que les solutions pénètrent jusque dans l'intérieur de la graine; j'étais donc fondé à affirmer, plus haut, que le spermodermis d'*Amarantus caudatus*, non seulement absorbe certaines substances, mais encore se laisser traverser par elles.

Les sels n'agissent par uniquement sur l'enveloppe de la graine, mais également sur l'embryon: dans le cas du chlorhydrate d'aniline, l'effet produit est l'intoxication et la mort de l'embryon; pour le sulfocyanate potassique, c'est une stimulation de la germination.

### Récapitulation.

Je puis, en terminant, résumer l'ensemble de mes expériences dans les conclusions suivantes.

I. A la température de 15°—20° C., les graines d'*Amarantus caudatus* germent seulement à l'obscurité; au fur et à mesure que la température s'élève, le nombre

de graines qui germent à la lumière augmente, de sorte qu'à partir d'une certaine température, les graines germent aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière.

Pour des températures très voisines de la limite extrême ( $43^{\circ}$ — $45^{\circ}$  C.), l'*Amarantus caudatus* germe exclusivement à la lumière: il est „photophile”; mais les plantules qui naissent dans ces conditions n'atteignent jamais leur complet développement.

II. La lumière a une influence inhibitrice sur la germination; outre cette influence, on peut observer encore les effets d'une action retardée de la lumière, d'une action qui ne se manifeste qu'après coup (post-action); ces effets se traduisent par un ralentissement (retard) de la germination.

III. L'action inhibitrice de la lumière peut être annihilée, non seulement par divers nitrates, mais aussi par le sulfocyanate potassique, à condition de ne pas dépasser la limite de toxicité.

IV. Une fois que le sulfocyanate a pénétré dans la graine, il n'est plus possible de l'en faire sortir complètement; la réaction que donnent les sels de fer démontre, au surplus, que la solution de sulfocyanate a diffusé à travers le spermoderme jusque dans l'intérieur de la graine; il faut en conclure que, chez *Amarantus caudatus*, l'accélération de la germination est due à l'action du sulfocyanate sur l'embryon lui-même.

V. L'action stimulante maxima du sulfocyanate sur la germination d'*Amarantus caudatus* s'obtient en faisant tremper les graines, pendant 2 fois 24 heures, dans une solution de ce sel, à la concentration de 0,4 mol.-gr.

VI. Ni l'asparagine ni l'urée n'exercent d'action stimulante sur la germination des graines d'*Amarantus caudatus*; ni l'une ni l'autre de ces deux substances n'est nuisible, cependant, si on les utilise à des concentrations faibles.

VII. Parmi les acides minéraux que j'ai expérimentés,

l'acide nitrique est le seul qui ait une action stimulante sur la germination; cette particularité provient de ce que cet acide est en même temps une combinaison azotée.

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

---