

Académie royale
des
Sciences coloniales

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES
ET MÉDICALES

Mémoires in-8°. Nouvelle série.
Tome VII, fasc. 5.

Koninklijke Academie
voor
Koloniale Wetenschappen

KLASSE DER NATUUR- EN
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.
Boek VII, aflev. 5.

Les relations thermiques
de la germination chez diverses
espèces du genre *Gossypium* L.

(Cotonniers cultivés et sauvages)

PAR

J. FRANÇOIS

INGÉNIEUR AGRONOME DES RÉGIONS TROPICALES
(LABORATOIRES D'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE ET DE PHYTOECHEMISTRIE TROPICALE
DE L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN).



Rue de Livourne, 80A
BRUXELLES 5

Livornostraat, 80A
BRUSSEL 5

1958

PRIX : F 100
PRIJS:

Les relations thermiques
de la germination chez diverses
espèces du genre *Gossypium* L.

(Cotonniers cultivés et sauvages)

PAR

J. FRANÇOIS

INGÉNIEUR AGRONOME DES RÉGIONS TROPICALES
(LABORATOIRES D'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE ET DE PHYTOTECHNIE TROPICALE
DE L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN).

Mémoire présenté à la séance du 23 novembre 1957.
Rapporteurs: MM. J. OPSOMER et W. ROBIJNS.

Les relations thermiques de la germination chez diverses espèces du genre *Gossypium* L.

INTRODUCTION

§ 1. Portée et circonstances des recherches.

Les recherches dont la relation fait l'objet du présent mémoire, se situent dans un cadre plus général qui vise à l'étude de l'écologie comparative de la germination chez diverses espèces de cotonniers cultivés et sauvages. Son objectif est d'obtenir une meilleure connaissance de ces plantes, spécialement des types cultivés au Congo belge, par une contribution dans un domaine susceptible d'éclairer singulièrement leurs relations phyllétiques ou génétiques, de déceler leurs propriétés écologiques intrinsèques et de dégager des directives nouvelles quant à leur amélioration ou leur appropriation aux conditions si variées du milieu centre-africain.

Nous nous sommes intéressé, pour notre part, à l'imbibition de la graine, d'abord, et à l'action de la lumière et de la température du substrat sur la germination, ensuite. L'ampleur de nos données expérimentales, nous amène à borner actuellement notre exposé à ce dernier aspect de nos recherches.

Les expériences sur lesquelles repose notre information ont été réalisées au Laboratoire de Phytotechnie tropicale de l'Université de Louvain, dans le courant des années 1956 et 1957.

Nous sommes particulièrement reconnaissant au professeur J. OPSOMER, directeur du laboratoire, qui nous a autorisé à disposer très largement des ressources diverses

de ses installations : serres, chambres conditionnées, instrumentation variée... Nous lui devons aussi une bonne part des directives suivies au cours de nos travaux, et lui savons gré des conseils bienveillants qu'il nous a prodigués.

L'exécution matérielle de nos expériences nous a amené bien souvent à solliciter et à obtenir l'aide aussi précieuse que bénévole du personnel et d'autres travailleurs du laboratoire.

Certains de nos essais impliquaient le semis, graine par graine, en un laps de temps minimum, et avec le soin rigoureux qu'exigeait notre expérimentation, de 6.250 semences réparties en plus d'une centaine de récipients, et l'incision préalable du tégument de bon nombre d'entre elles. Nous n'aurions pu réaliser et mener à bonne fin semblables essais, avec les nombreuses manipulations et observations à heures fixes qu'ils requièrent, sans l'aimable coopération de tous. Que MM. G. PEETERS, J. DONCK, F. BRONCKERS, J.-P. FRANCK et L. BINARD veuillent trouver ici l'expression de notre reconnaissance.

* * *

Nos recherches ont été effectuées sous la direction du professeur J. LEBRUN qui nous en a suggéré le cadre et le développement, les a suivies régulièrement et a participé à la rédaction du présent mémoire. Nous ne saurions assez lui exprimer notre sincère et très vive reconnaissance.

§ 2. Nature et origine du matériel utilisé.

Les graines utilisées dans les divers essais relatés dans notre mémoire proviennent des Stations cotonnières de l'INÉAC au Congo belge.

Les semences d'un premier groupe d'espèces ont été

récoltées dans les serres mêmes du Laboratoire de Phyto-technie tropicale. Il s'agit des suivantes :

1. *G. hirsutum*, variété *Stoneville 5* (L. T. P. 159).

Cette variété culturale, du type *Upland*, est une « resélection » par la Station expérimentale de Bambesa de la variété bien connue aux États-Unis : « Stoneville ». Elle est actuellement cultivée en grand dans l'aire cotonnière nord du Congo belge.

La récolte a été effectuée le 13 mai 1955, au départ de semences provenant directement de Bambesa.

2. *G. hirsutum*, variété *B. 197* (L. T. P. 158).

Cette variété est une sélection de la Station de Bambesa. Son origine se situe dans un croisement entre deux types *Upland* : *Stoneville* (♀) × *Cleveland* (♂). Les graines utilisées dans nos essais provenaient de la récolte de 1956, issue directement de semences obtenues de Bambesa.

3. *G. arboreum*, variété « *africanum* » (*G. arboreum* n° 1 de Gandajika). Récolte du 20.4.1955. Origine des graines : Gandajika.

La dénomination de « *africanum* » n'est pas taxonomiquement valable ; il s'agit en quelque sorte d'un nom horticole utilisé dans les collections de la Station de Gandajika. Il s'agit, en réalité, d'un *G. arboreum* d'aspect primitif : fort vivace et monopodial. Il se rapproche du *G. arboreum*, var. *typicum* HUTCH. et GH. f. *soudanensis* HUTCH. et GH. (communication de M. W. WOUTERS).

4. *G. barbadense*, variété *Ishan* (L. T. P. 493). Origine Bambesa.

Les graines des autres types proviennent directement des Stations cotonnières :

5. *G. triple-hybride* [*G. (Thurberi* × *arboreum*) × *hirsutum*] ⁽¹⁾. (Lignée Bambesa 686-158) (L. T. P. 494). Récolte de 1956.

Cet hybride triple a été créé aux États-Unis, par croisement entre deux espèces diploïdes ; l'hybride simple a été traité à la colchicine pour être croisé efficacement avec le *G. hirsutum* (type *Upland* ; variété culturale *Coocker*). Il a subi, ensuite, plusieurs rétro-croisements avec le type *G. hirsutum*.

Tout le groupe suivant des espèces dites « sauvages » ont été étudiées par des graines obtenues directement de la Station de Gandajika :

6. *G. anomalum* (Gandajika n° 3) — récolte d'avril 1955 à juillet 1955.

7. *G. somalense* (Gandajika n° 5) — récolte de décembre 1954 à avril 1955.

8. *G. Sturtii* (Gandajika n° 7) — récolte de juillet 1955 à décembre 1955.

9. *G. Stocksii* (Gandajika n° 8) — récolte de décembre 1954 à avril 1955.

10. *G. Thurberi* (Gandajika n° 10) — récolte de décembre 1954 à avril 1955.

11. *G. Davidsonii* (Gandajika n° 12) — récolte de décembre 1954 à avril 1955.

Le pouvoir germinatif des graines de ce lot était supposé, d'après les indications fournies par la Station de Gandajika, devoir demeurer satisfaisant jusque dans le courant du 1^{er} trimestre de 1957.

Enfin, les graines de *G. herbaceum* provenaient également de la Station de Gandajika :

(¹) Que nous désignerons habituellement sous le vocable : « Triple-hybride ».

12. *G. herbaceum*, variété *Surat* (Gandajika) — récolte d'août 1955 à décembre 1955 ⁽¹⁾.

Nous tenons à remercier MM. les Directeurs des deux Stations cotonnières, de qui nous tenons notre matériel, et, tout spécialement M. W. WOUTERS, généticien de la Station expérimentale de Gandajika, grâce à qui nous avons pu nous procurer, en quantité exceptionnellement abondante, un matériel rare et fort précieux. L'intérêt de nos recherches eût été singulièrement réduit si nous n'avions pu disposer de lots suffisants de graines de ces espèces sauvages que l'on ne trouve rassemblées que dans un petit nombre de collections.

* * *

Touchant la systématique des espèces et variétés utilisées, nous nous sommes référé à l'ouvrage de W. WOUTERS (1948).

Dans le cadre de la classification admise par ce spécialiste, nos espèces se placent, de la manière suivante :

I. *Cotonniers diploïdes* ($2n = 26$) : ARCHYGOSSYPIUM.

A. *Asiatiques cultivés*

G. arboreum L., var. « *africanum* ».

G. herbaceum L., var. *typicum* HUTCH. et GH.
(var. culturale *Surat*).

B. *Asiatico-africains sauvages*.

G. anomalum WAV. et PEYR.

G. somalense (GURKE) HUTCH.

G. Stocksii M. MAST.

C. *Australiens sauvages*.

G. Sturtii F. v. MUELL.

⁽¹⁾ Des graines d'autres origines, d'époques de récoltes différentes, et de variétés culturales diverses ont été également utilisées au cours de nos expériences, mais pour des essais qui visaient des buts différents.

8 LES RELATIONS THERMIQUES DE LA GERMINATION, ETC...

D. *Américains sauvages*

G. Thurberi (A. GRAY) TOD.

G. Davidsonii KELLOG

II. *Cotonniers tétraploïdes* ($2n = 52$) : NEOGOSSYPIUM.

A. *Groupe méridional*

G. barbadense L., var. *barbadense* (L.) WOUTERS, subvar. *typicum* WOUTERS (var. culturale *Ishan*).

B. *Groupe septentrional*.

G. hirsutum MILL., var. *typicum* HUTCH. (nom culturel de la variété : *Upland* ; variétés culturales : *Stoneville* et *Bambesa* 197).

*Laboratoire d'Écologie végétale
de l'Université Catholique de Louvain.
(Professeur J. LEBRUN).*

Mai 1957.

CHAPITRE I.

Bibliographie du sujet.

Bien que la bibliographie relative à la germination du cotonnier soit copieuse, on est surpris de trouver relativement peu de renseignements précis sur les relations thermiques de cette première étape du développement. La discrimination des espèces semble, à ce point de vue, à peine ébauchée et l'on paraît manquer à peu près complètement d'études écologiques détaillées à ce sujet. Bien des données fournies par la littérature, surtout à caractère phytotechnique, sont vagues en ce sens qu'il est difficile d'attribuer à telle ou telle espèce ou groupe taxonomique inéquivoque, les propriétés ou réactions citées à l'échelle locale. Il semble que, pour chacun, « le cotonnier » soit l'espèce ou la variété généralement cultivée sur place sans qu'il apparaisse nécessaire de les préciser...

Nous nous efforcerons de résumer ci-après, en nous tenant aux rubriques qui ont surtout fait l'objet de nos recherches, les informations que nous avons pu réunir.

Les températures cardinales de la germination.

On trouve en général peu de données à ce sujet dans les traités classiques consacrés au « coton » et à la culture cotonnière. Citons néanmoins, les deux sources de renseignements que constituent les ouvrages de BROWN (1938) et de CHRISTIDIS et HARRISON (1955).

G. herbaceum a fait l'objet d'une étude très ancienne déjà de HABERLANDT (1875) ; d'après les données expérimentales de cet auteur, le minimum serait de 12°, l'optimum se situerait entre 20 et 25° et le maximum apparaîtrait comme voisin de 40°.

G. hirsutum est de loin l'espèce la plus étudiée au point de vue qui nous occupe et la plupart des renseignements disponibles sont d'ailleurs relatifs aux variétés du type UPLAND (*G. hirsutum*, var. *typicum*).

D'après BALLS, W. L. (1915), cité par BROWN (1938), la germination serait lente à 16-17° et très rapide à 33-35°, mais ces hautes températures finiraient par inhiber rapidement la croissance des jeunes plantules au bout de quelques jours. Mentionnons aussi que dès 1921, les « Rules for seed testing », en usage aux ÉTATS-UNIS, recommandent que les essais de germination du cotonnier s'effectuent entre 20 et 30°.

Les données de TOOLE et DRUMMOND (1924), LEHMAN (1925) et CAMP et WALKER (1927) concluent à une zone germinative comprise entre 14-15° et 40° ; l'optimum serait compris entre 33 et 34°.

LUDWIG (1932) a surtout envisagé le comportement des graines germant aux basses températures. D'après les tableaux publiés par cet auteur, la moyenne des germinations obtenues après 4 semaines, pour 16 variétés différentes d'Upland, a été de 17,4 % (de 0 à 69 %) à 12°, de 70,1 % (de 25,4 à 99 %) à 15°, et de 90 % (de 46 à 100 %) entre 25 et 30°. La température de 11° serait le minimum absolu pour la germination. Notre auteur met ainsi en évidence des comportements différents selon les *variétés* étudiées. Les graines les plus fraîches seraient celles qui germeraient le mieux aux basses températures.

Dans l'ensemble, pour ce qui concerne *G. hirsutum*, les

points cardinaux de la germination seraient donc : *m* : 11-12° ; *opt* : 33-35° ; *M* : 39-40°.

Touchant les autres espèces *cultivées* de cotonniers, les quelques informations publiées, sont surtout d'ordre comparatif vis-à-vis de *G. hirsutum*.

LUDWIG (1932) a également étudié quelques variétés appartenant à d'autres espèces ; pour *G. barbadense* (variétés Pima et Sea Island), il signale à la température de 12°, une germination de 66,2 % (de 39 à 93 %) après 4 semaines ; de 76,3 % (de 54 à 98 %) à 15° et de 82,2 % (de 66 à 98 %) entre 25 et 30°.

Pour *G. arboreum* (2 variétés de *G. Nanking*), il mentionne des pourcentages de germination de 88,4 (de 85 à 91) à 12° ; de 94,1 (de 91 à 97) à 15° et de 98 (de 97 à 100) entre 25 et 30°. Ces deux espèces germeraient donc mieux aux basses températures que *G. hirsutum*.

Cette même conclusion résulte d'une communication de ENILEEV (1948) touchant *G. barbadense* ; cet auteur met d'ailleurs en évidence des différences variétales. Ainsi, le type *Ghiza* serait plus exigeant que d'autres.

Nous n'avons trouvé aucun renseignement publié en ce qui concerne les « espèces sauvages » du genre *Gossypium*.

Vitesse de germination en fonction de la température.

Ce point de vue a été considéré par ARNDT (1932) au cours d'essais de germination sur *G. hirsutum*. Le temps nécessaire pour atteindre 80 % de germination est le suivant, à diverses températures :

18°.....	15	jours (60 % de germination seulement),
21°.....	8	jours,
24°.....	5	jours,
27°.....	4	jours,
30°.....	3,6	jours,
33°.....	3	jours.

En considérant également la vitesse de croissance relative des plantules au bout de 14 jours, l'auteur estime que l'optimum thermique se situe entre 30 et 33°.

D'après CHRISTIDIS et HARRISON (1955), la germination du *G. hirsutum* est deux fois plus rapide à 20-30° qu'à 15°, et le *G. barbadense* manifesterait une vitesse germinative particulièrement rapide : à 36°, elle serait de 24 h (On supposera qu'il s'agit ici de la sortie de la radicule).

Relations thermiques aux divers stades germinatifs.

ARNDT (1945) a étudié à ce point de vue un type Upland (variété « Farm Relief ») de *G. hirsutum*. Il a suivi, à l'abri de la lumière, les diverses phases germinatives et la croissance des plantules, mesurées par l'élongation hypocotylaïre, le gain en poids sec ou frais, etc. Il met ainsi en évidence des optima thermiques quelque peu *différents* selon les stades considérés et qui évoluent différemment dans le temps.

Ainsi, l'optimum pour la sortie radiculaire est de	33 — 36° ;
pour l'élongation de la radicule, il est de	33 — 36°,
pendant les 3 premiers jours, puis de	27° ensuite ;
pour l'allongement de l'hypocotyle, il se place à	33°,
pendant 4-5 jours, puis monte à	36° ;
pour la rapidité d'émergence des cotylédons, il se situe à	27 — 30° ;
pour le gain en poids frais au bout de 7 jours, il est de	30° ; etc...

L'auteur attire l'attention sur la divergence des optima pour la croissance radiculaire et pour l'allongement de l'hypocotyle, optima qui varient en sens opposés, tendant généralement vers 27° pour les racines et 36° pour l'hypocotyle. Il y voit un caractère adaptif de la plantule du cotonnier, la température du sol au début de la saison, époque normale de l'ensemencement,

étant relativement basse et la température de l'air, moyennement plus élevée.

Résistance et adaptation aux températures extrêmes.

De nombreuses études ont été réalisées et ont fait l'objet de publications diverses touchant la résistance des graines, *en état de repos*, à l'action de très hautes températures. Ces recherches se rapportent surtout à l'opportunité des méthodes de désinfection des semences par la chaleur, avant le semis.

En fait, cet aspect de la résistance des graines aux extrêmes thermiques ne concerne pas directement la germination.

Signalons ici que BERKLEY, D. et E. (1933) ont montré que les plantules de cotonnier (*G. hirsutum*, Upland) étaient rapidement tuées à la température de 42° ; ces jeunes semenceaux sont d'ailleurs moins résistants aux très hautes températures que des plants plus âgés.

CHRISTIDIS et HARRISON (1955) estiment que la capacité de germer aux basses températures est un caractère variétal. (Nous ajouterons : et surtout spécifique, d'après les exemples mêmes cités par ces auteurs).

LODEN et WILSON (1951) ont montré également des différences fort nettes selon les variétés. On consultera encore à ce sujet ENILEEV (1948), déjà cité.

A l'occasion des expériences déjà mentionnées ci-dessus, ARNDT (1945) montre qu'à partir de 39°, le développement des plantules en germination n'est plus normal. Les racines cessent de s'allonger, manifestent des nécroses et ne se ramifient plus ; la plupart des plantules montrent des altérations diverses ; les cotylédons portent des traces de brûlure après 5 jours. Toutefois des plantules soumises pendant 3 jours à la température de 39° se rétablissent dans la proportion de 30 %, si elles sont replacées en conditions thermiques plus nor-

males. A l'autre extrémité de l'échelle thermique, en dessous de la température de 18°, on n'observe plus de ramification de la radicule.

Dans le même ordre d'idées, GALLIGAR (1938) expérimentant sur des fragments de racines excisées de *G. barbadense*, montre que l'optimum thermique d'élongation est de l'ordre de 25°. A 10°, l'allongement est faible et les racines latérales ne se forment pas ; à 15°, on enregistre le début de la ramification radiculaire ; à partir de 35°, la rhizogenèse est inhibée.

Effet de thermopériodicité.

Cet aspect des relations thermiques n'a pas fait l'objet, au stade actuel, de nos investigations. En effet, tous nos essais ont été réalisés à température constante.

Signalons néanmoins, pour être complet, qu'un effet favorable des températures alternées est admis chez *G. hirsutum*.

TOOLE et DRUMMOND (1924), parmi d'autres, ont montré que les meilleurs résultats, pour l'épreuve du pouvoir germinatif des graines, étaient obtenus par une exposition en germe, de 6 heures à la température moyenne de 35° et de 18 heures à la température de 15°.

CHAPITRE II

Résultats relatifs à *G. hirsutum*, *G. barbadense*, *G. arboreum* et *G. (Thurberi × arboreum) × hirsutum*.

§ 1. Protocoles expérimentaux et mode d'expression des résultats.

La première partie de nos recherches a porté exclusivement sur *G. hirsutum* (variété Ston. 5 d'abord, et ensuite B. 197), sur les autres espèces cultivées (*G. barbadense*, *G. arboreum*) dont nous possédions des graines en quantité suffisante et sur une descendance tri-hybride *G. (Thurberi × arboreum) × hirsutum*, largement utilisée dans les jardins de sélection de la Station expérimentale de Bambesa. Quelques expériences comportaient également des lots relatifs à d'autres espèces, mais bien vite, eu égard à la germination particulièrement difficile des types « sauvages », et aux quantités assez limitées de semences imposant des précautions particulières, nous avons été amené à dissocier ces divers essais de germination.

1. PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX.

Les protocoles expérimentaux réalisés sont exposés succinctement ci-après.

- a) *Essai n° 6* ⁽¹⁾ — Du 26.IV.1956 au 5.V.1956.
Matériel : *G. hirsutum* (Ston. 5).

⁽¹⁾ La numérotation de nos essais fait partie d'une série continue où interviennent également des expériences sur d'autres aspects de l'écologie de la germination.

Traitements : 6 températures du substrat : 5°2
 (± 0°5) — 14°9 (± 0°4) — 24°3 (± 0°3) — 32°3
 (± 0°7) — 42°8 (± 2°5) — 53°2 (± 2°5).

Lot élémentaire : 50 graines, 2 répétitions.

Total des graines utilisées : 600 semences préalablement délintées à H₂SO₄ et enfouies normalement dans du sable pur, contenu dans des baquets placés dans les chambres à température constante à l'obscurité.

Substrat maintenu à saturation par arrosages fréquents.

b) *Essai n° 7* — Du 14.V.1956 au 21.V.1956.

Matériel : *G. hirsutum* (Ston. 5)

Traitements : 5 températures du substrat : 20°0
 (± 0°5) — 29°4 (± 0°9) — 33°4 (± 1°0) —
 37°5 (± 2°0) — 42°7 (± 2°5).

Lot élémentaire : 50 graines, 2 répétitions.

Total des graines utilisées : 500.

Autres conditions comme dans l'essai n° 6.

c) *Essai n° 9 A.* — Du 28.XI.1956 au 10.XII.1956.

Matériel : (1) *G. hirsutum* (Ston. 5)

(2) *G. hirsutum* (B. 197)

(3) *G. arboreum* (var. « africanum »)

(4) *G. barbadense* (Ishan)

(5) *G. triple-hybride*

Traitements : 10 températures du substrat : 6°8
 (± 2°4) — 11°1 (± 0°9) — 25°6 (± 0°6) — 30°4
 (± 1°1) — 35°1 (± 1°4) — 39°3 (± 0°7) — 43°4
 (± 2°6) — 48°5 (± 4°0) — 52°3 (± 3°4) — 58°0
 (± 5°0)

(N. B. Un traitement supplémentaire à 18°0 était prévu et fut mis effectivement en marche ; par suite d'un incident mécanique, la régulation thermique s'est détériorée et ce traitement a donc été exclu de l'essai).

Lot élémentaire : 50 graines pour (1), (2), (4) et (5)

25 graines pour (3).

2 répétitions pour (1) et (2).

Total des graines utilisées: 3.125.

Autres dispositions comme pour les essais précédents: les baquets de verre, contenaient, au fond, une couche de feutre, surmontée d'une épaisse couche de sable. Ce dispositif était essayé en vue d'assurer un parfait drainage du substrat expérimental.

d) *Essai n° 9 A^{bis}* — Du 8.XII.1956 au 21.XII.1956.

Les baquets expérimentaux, qui, dans l'*essai N° 9 A*, n'avaient manifesté aucun début de germination, aux très hautes et très basses températures (les traitements à 6°8 — 11°1 — 48°5 — 52°3 et 58°0), après 10 jours pleins, ont été retirés et placés en serre chaude. Durant la durée de cet essai complémentaire, la température du substrat a été en moyenne de 24°9.

e) *Essai n° 10 A* — Du 10.I.1957 au 26.I.1957.

Matériel : (1) *G. hirsutum* (Ston. 5)

(2) *G. hirsutum* (B. 197)

(3) *G. arboreum* (var. « *africanum* »)

(4) *G. barbadense* (Ishan)

(5) *G. triple-hybride*.

Traitements : 10 températures du substrat : 15°0 — 17°7 — 25°2 — 29°0 — 30°8 — 32°7 — 34°7 — 36°7 — 38°8 — 40°7.

Lot élémentaire : 50 graines pour (1), (2), (4) et (5)

20 graines pour (3).

Total des graines utilisées : 2.200.

Autres conditions comme dans l'*essai n° 6*.

f) *Essai n° 11* — Du 7.II.1957 au 19.II.1957.

Matériel : comme dans l'essai 10 A.

Traitements : 7 températures : 21°9 — 25°7 — 27°9 — 30°2 — 32°1 — 34°5 — 38°3.

[Les températures de l'air ont été régulièrement prises au cours de cet essai ; elles ont été en moyenne, et, dans l'ordre : 23°5 (+ 1°6 par rapport à la température du substrat) — 28°4 (+ 2°7) — 31°2 (+ 3°3) — 32°7 (+ 2°5) — 35°0 (+ 2°9) — 37°7 (+ 3°2) — 43°1 (+ 4°8)].

Lot élémentaire : comme dans l'essai 10 A.

Total des graines utilisées : 1.540.

Autres conditions comme dans l'essai 6.

2. MODE D'EXPRESSION DES RÉSULTATS.

Nous avons distingué 3 étapes dans la germination des cotonniers :

a) La sortie de la radicule (*Gr*). — Nous avons relativement peu utilisé ce critère, du fait que nos essais comportaient des lots de graines enfouies à profondeur normale (± 10 mm).

b) La sortie de terre de la graine, stade correspondant au début de l'élongation de l'hypocotyle (*Gl*) ou « levée ». Une graine est considérée comme levée, lorsque les cotylédons, encore entièrement enveloppés par le spermoderme, sont nettement dégagés du substrat (en pratique, 5 mm au-dessus de la surface du sol).

c) L'étalement des cotylédons, correspondant à la fin du processus germinatif et aboutissant à la formation d'une plantule autonome et parfaitement viable : germination globale (*Gg*).

Nos résultats ont donc été exprimés en *pourcentages*, éventuellement pour chacune des étapes observées. Nous

avons ainsi, en principe, trois types de pourcentage de germination :

(G_r) %, pourcentage de graines ayant manifesté la sortie de la radicule ;
 (G_l) %, » » » » » la levée de la graine ;
 (G_g) %, » » » » produit une plantule normale
 avec cotylédons étalés.

Ces pourcentages ont été traduits en courbes diverses, cumulées ou non.

Pour exprimer l'énergie germinative, dans le sens dynamique généralement conféré à cette notion, nous avons utilisé l'*Index de rapidité de germination* (I_g), proposé et utilisé récemment avec succès par MONTENEZ (1957). Cet index correspond à la sommation des pourcentages de germination enregistrés dans chaque unité de temps, pondérés par un facteur égal à l'inverse de la numérotation de l'unité de temps considérée, et prise dans une séquence complète. Dans notre cas, l'unité de temps retenue a été le *jour* ; le jour même de la germination étant tenu pour 0, et les observations s'effectuant, autant que possible, à des intervalles réguliers de 24 h, depuis J₀.

L'index de rapidité de germination pour un essai qui a duré 4 jours par exemple, s'établit donc de la manière suivante :

$$(I_g) = \frac{(G_1)}{1} + \frac{(G_2)}{2} + \frac{(G_3)}{3} + \frac{(G_4)}{4}$$

Cet index peut être utilisé pour suivre l'énergie germinative propre à chacun des stades de la germination, tels que nous les avons précisés ci-dessus. On obtient donc selon les cas :

Index de rapidité de la sortie de la radicule. — (I_g)_r.

Index de rapidité de la levée. — (I_g)_l.

Index de rapidité de la germination globale. — (I_g)_g.

§ 2. Présentation et commentaires des résultats (Tableaux I à V).

1. Les résultats expérimentaux font l'objet des Tableaux I à V et fournissent les valeurs moyennes des pourcentages ou les index de rapidité relatifs aux diverses étapes de la germination.

a) *G. hirsutum* (Ston. 5) (Tableau I).

(1) *Les températures cardinales.*

Les données obtenues déterminent, dans les conditions de nos essais, les points cardinaux suivants :

		Minimum	Optimum	Maximum
— Sortie de la radicule	(G _r)	14°9	25°7 — 42°8	43°4
— Levée	(G _l)	14°9	25°7 — 38°8	43°4
— Étalement des cotylédons	(G _e)	15°0	25°7 — 34°7	39°3
— Index de rapidité de la germination globale	(I _{gg})	15°0	29°0 — 34°7	39°3

La zone optimale étant définie par les températures entre lesquelles sont enregistrés des résultats égaux ou supérieurs à 95 % de la valeur la plus élevée, on constate que cette marge se rétrécit au fur et à mesure que l'on considère des étapes plus avancées de la germination. Ce rétrécissement progressif s'effectue aux dépens des hautes températures, qui apparaissent donc comme inhibitrices, à la longue, de l'efficacité réelle et globale de la germination.

L'index de rapidité de la germination globale, à son tour, qui associe les aspects « développement de la plante » et « rapidité du phénomène », définit une zone optimum plus précise encore qui va de 29°0 à 34°7.

On soulignera encore que l'optimum ainsi dégagé se situe en position excentrique et relativement proche du maximum (voir fig. 1).

La fig. 2 montre le décalage des optima relatifs aux diverses étapes morphologiques de la germination.

- (2) *Zones thermiques efficace, favorables et optimum. Évolution de ces zones en fonction du temps de germination.*

Les courbes de la *fig. 1* indiquent, en fonction de la température, les pourcentages de germination globale (G_g %) enregistrés après 4, 6, 8 jours et en fin d'essai (12-16 jours). Ces courbes ont été régularisées en réunissant par des segments de droite — entre les valeurs thermiques extrêmes — les zones de germination *assez favorables* (50 à 74 % du meilleur résultat), *favorables* (75 à 84 % du meilleur résultat), *très favorables* (85 à 94 % du meilleur résultat) et *optimales* (95 % et plus du meilleur résultat).

Voici, de plus, les valeurs assignées à ces différentes zones thermiques, en considérant, cette fois, l'index de rapidité de germination globale (I_g) :

après :	4 jours	6 jours	8 jours	10 jours	En fin d'essai
Zone efficace	25°6-39°3	21°9-39°3	20°0-39°3	17°7-39°3	15°0-39°3
Zone assez favorable	25°7-34°5	25°2-36°7	25°2-36°7	21°9-36°7	21°9-38°3
Zone favorable	27°9-34°5	25°2-36°7	25°2-36°7	25°2-36°7	25°2-36°7
Zone très favorable	27°9-34°5	29°0-36°7	27°9-36°7	27°9-36°7	27°9-36°7
Zone optimum	32°1-34°5	29°	29° -34°7	29°0-34°7	29°0-34°7

Au début, la germination globale apparaît dans une zone thermique relativement étroite, décalée dans la région des hautes températures depuis le maximum final et dessine une bande optima qui coïncide déjà à peu près avec ce que sera l'optimum définitif. Même si les pourcentages sont encore très faibles, *la courbe dessine précocement la région thermique la plus favorable à la germination, telle qu'elle apparaît en fin de compte, à l'issue d'épreuves prolongées dans le temps.*

Par après, les pourcentages augmentent et la courbe gagne de l'amplitude thermique, en *s'étendant exclusivement vers les basses températures.*

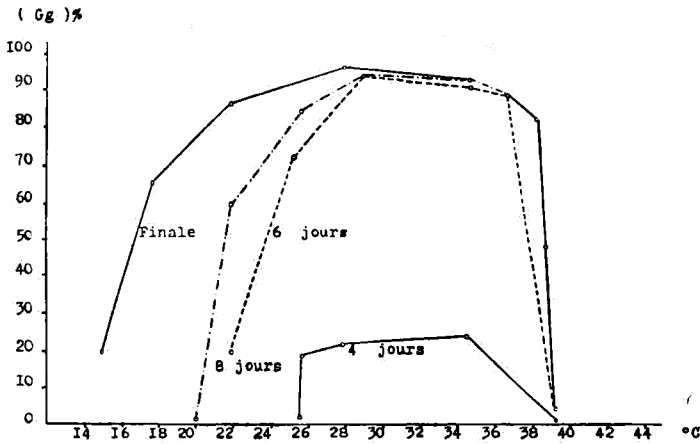


FIG. 1. — *G. hirsutum* (Ston. 5). — Courbes de germination (G_g) % après 4, 6, 8 jours et en fin d'essai.

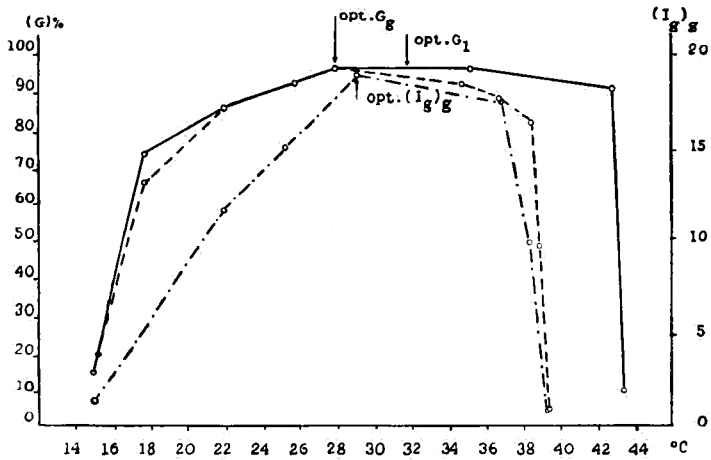


FIG. 2. — *G. hirsutum* (Ston. 5). — Courbes finales de germination en fonction de la température.

- : levée
- - - : germination globale.
- · · : index de rapidité de la germination.

Tableau II. — Résultats des essais de germination relatifs à *G. hirsutum* (B. 197).

(+) Essai 9, (=) Essai 10, (—) Essai 11.

Températures éprouvées	6°8 (+)	11°1 (+)	15°0 (=)	17°7 (=)	21°9 (—)	25°2 (=)	25°6 (+)	25°7 (—)	27°9 (—)	29°0 (=)	30°2 (—)	30°4 (+)	30°8 (=)	32°1 (—)	32°7 (=)	34°5 (—)	34°7 (=)	35°1 (+)	36°7 (=)	38°3 (—)	38°8 (=)	39°3 (+)	40°7 (=)	43°4 (+)	48°5 (+)	52°5 (+)	58°0 (+)
(G ₁)% (Levée)																											
après 2 jours	0	0	0	0	66	47	0	66	86	58	80	30	50	82	64	86	60	9	76	86	84	24	0	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	2	20	82	73	0	76	90	76	82	55	70	88	70	94	74	44	90	96	92	38	6	20	0	0	0
» 6 jours	0	0	14	36	86	81	5	80	90	84	84	66	78	90	90	96	84	62	98	98	96	46	12	27	0	0	0
» 8 jours	0	0	24	42	86	85	6	82	94	86	90	67	86	96	94	98	90	62	98	100	98	46	12	27	0	0	0
» 10 jours	0	0	36	48	86	89	22	86	96	92	90	70	92	96	100	98	94	62	98	100	98	46	12	27	0	0	0
en fin d'essai	0	0	50	50	86	93	59	86	96	92	90	78	96	96	100	98	94	75	98	100	98	55	12	87	0	0	0
(G ₂)% (Étalement des cotylédons)																											
après 2 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	0	0	0	6	0	20	30	4	32	10	6	30	14	34	12	1	4	10	2	1	0	0	0	0	0
» 6 jours	0	0	0	0	46	74	0	60	66	72	70	21	70	76	64	86	74	16	88	22	78	2	0	0	0	0	0
» 8 jours	0	0	0	14	76	84	0	74	90	82	82	36	80	88	82	96	86	43	98	28	84	3	0	0	0	0	0
» 10 jours	0	0	0	26	82	88	7	80	92	84	90	52	82	92	88	96	94	46	98	44	88	3	0	0	0	0	0
en fin d'essai	0	0	30	48	86	88	7	82	94	86	90	52	86	96	94	98	94	46	98	84	92	3	0	0	0	0	0
(G ₃)% (Sortie de la radicule en fin d'essai)	0	0	54	54	86	93	59	86	96	92	90	78	96	96	100	98	94	75	98	100	98	55	12	87	0	0	0
(I ₁) _v en fin d'essai	0	0	6,6	9,6	38,2	47,7	2,9	48,3	74,0	54,1	71,0	31,8	54,0	81,0	63,0	82,0	65,4	20,6	75,4	90,0	83,5	20,0	2,7	6,8	0	0	0
(I ₂) _v après 2 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	0	0	0	1,5	0	5,0	8,3	1,0	8,0	2,7	1,5	3,8	8,3	9,7	3,5	0,3	1,3	2,5	0,5	0,3	0	0	0	0	0
» 6 jours	0	0	0	0	8,2	14,7	0	12,3	15,0	14,4	15,3	4,8	13,9	13,8	17,3	19,9	15,8	3,3	16,5	4,8	13,6	0,4	0	0	0	0	0
» 8 jours	0	0	0	1,9	12,3	16,1	0	14,1	18,3	15,7	17,6	7,0	15,2	16,2	18,9	21,2	17,3	6,7	17,9	5,5	14,4	0,6	0	0	0	0	0
» 10 jours	0	0	0	3,2	13,0	16,5	0,7	14,8	18,5	15,9	17,9	8,7	15,4	16,8	19,3	21,2	18,2	7,0	18,3	7,3	14,4	0,6	0	0	0	0	0
en fin d'essai	0	0	1,9	8,8	13,3	16,5	0,7	15,0	18,7	16,0	17,9	8,7	15,7	17,3	19,7	21,4	18,2	7,0	18,3	11,3	14,7	0,6	0	0	0	0	0

Tableau III. — Résultats des essais de germination relatifs à *G. barbadense* (variété *Ishan*).

(+) Essai 9, (=) Essai 10, (—) Essai 11.

Températures éprouvées	6°8 (+)	11°1 (+)	15°0 (=)	17°7 (=)	21°9 (—)	25°2 (=)	25°6 (+)	25°7 (—)	27°9 (—)	29°0 (=)	30°2 (—)	30°4 (+)	30°8 (=)	32°1 (—)	32°7 (=)	34°5 (—)	34°7 (=)	35°1 (+)	36°7 (=)	38°3 (—)	38°8 (=)	39°3 (+)	40°7 (=)	43°4 (+)	48°5 (+)	52°3 (+)	58°0 (+)
(G ₁)% (Levée)																											
après 2 jours	0	0	0	0	36	44	4	74	28	58	74	50	72	84	84	80	84	54	84	80	92	72	40	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	0	14	90	84	30	86	86	90	86	90	90	86	90	84	88	80	86	82	92	84	32	28	0	0	0
» 6 jours	0	0	4	60	90	88	42	88	96	90	86	94	94	86	90	84	90	82	86	82	92	86	42	34	0	0	0
» 8 jours	0	0	12	68	90	88	42	88	96	90	86	94	94	86	90	84	90	82	86	82	92	86	42	34	0	0	0
» 10 jours	0	0	20	74	90	88	44	88	96	90	86	94	94	86	90	84	90	82	86	82	92	86	42	40	0	0	0
en fin d'essai	0	0	30	78	90	88	56	88	96	90	86	94	94	86	90	84	90	86	86	82	92	86	42	40	0	0	0
(G ₂)% (Étalement des cotylédons)																											
après 2 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 6 jours	0	0	0	0	14	70	4	22	14	66	12	6	26	10	24	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 8 jours	0	0	0	0	38	80	32	62	56	86	46	74	84	28	84	0	74	30	2	0	0	0	0	0	0	0	0
» 10 jours	0	0	0	18	82	84	36	84	86	90	78	82	88	70	86	22	82	36	18	0	10	0	0	0	0	0	0
en fin d'essai	0	0	2	74	90	84	36	88	96	90	86	82	90	86	86	84	82	36	24	16	12	0	0	0	0	0	0
(I ₁) _v en fin d'essai	0	0	3,2	14,0	34,8	36,0	12,9	40,3	46,2	41,3	44,0	40,6	36,9	61,5	60,0	64,2	71,7	39,9	76,7	69,7	87,0	44,0	26,7	9,3	0	0	0
(I ₂) _v après 2 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 6 jours	0	0	0	0	2,5	12,1	0,8	3,9	2,5	12,2	2,2	1,2	4,6	2,0	4,0	0	1,1	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 8 jours	0	0	0	0	5,8	13,4	9,2	9,3	7,9	14,9	6,8	11,1	12,2	4,3	11,7	0	9,8	3,9	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
» 10 jours	0	0	0	1,8	10,7	13,8	9,6	11,6	11,3	15,3	10,3	12,0	12,6	9,0	11,9	2,4	10,6	4,6	1,9	0	1,0	0	0	0	0	0	0
en fin d'essai	0	0	0,1	6,3	11,5	13,8	9,6	12,0	12,3	15,3	11,1	12,0	12,8	10,6	11,9	8,6	10,6	4,6	2,4	1,6	1,2	0	0	0	0	0	0

On notera, en même temps, avec l'excentricité des courbes, leur chute très brusque, de la zone optimum aux températures maxima.

b) *G. hirsutum* (B. 197) (Tableau II).

(1) *Les températures cardinales*

Nos essais fournissent, à ce point de vue, les résultats suivants :

		Minimum	Optimum	Maximum
— Sortie de la radicule	(G _r)	15°0	27°9 — 38°8	43°4
— Levée	(G _l)	15°0	27°9 — 38°8	43°4
— Étalement des cotylédons	(G _e)	15°0	27°9 — 36°7	39°3
— Index de rapidité de germination globale	(I _g) _g	15°0	32°7 — 34°5	39°3

Ces points cardinaux sont très semblables ou quasi-identiques à ceux que l'on a définis ci-dessus pour la variété Ston. 5. On notera toutefois un optimum plus resserré, mais en se souvenant que le nombre d'essais relatifs à cette variété — et donc de répétitions — a été moindre que pour la précédente. L'optimum final, défini par l'index de rapidité de germination, se situe entre 32°7 et 34°5 et probablement plus près encore de cette dernière valeur (*Fig. 3*). Le décalage de ce point ou de cette zone optimum vers le maximum thermique est particulièrement net.

(2) *Zones thermiques efficace, favorables et optimum. Évolution de ces zones dans le temps de germination.*

La *fig. 3* reproduit les courbes de l'index de rapidité de germination globale, après 4, 6, 8 et 12 jours, courbes construites et régularisées comme indiqué pour le pourcentage de germination globale à propos de la var. Ston. 5.

Les valeurs correspondant aux diverses zones thermiques, par considération de l'index (I_g)_g, se présentent comme suit :

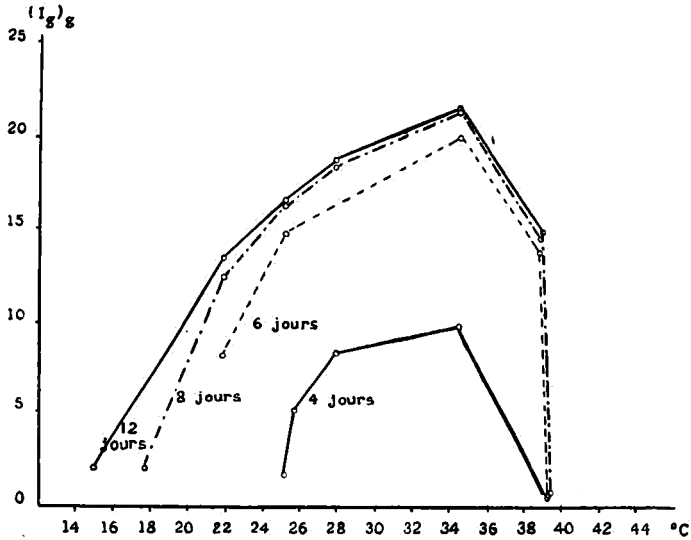


FIG. 3. — *G. hirsutum* (B. 197). — Courbes de rapidité de germination (I_g), après 4, 6, 8 et 12 jours.

— : levée.
 - - - : germination globale.
 ···· : index de rapidité de la germination.

après :	4 jours	6 jours	8 jours	10 jours	En fin d'essai
Zone efficace	25°2-39°3	21°9-39°3	17°7-39°3	17°7-39°3	15°0-39°3
Zone assez favorable	25°7-34°5	25°2-38°8	21°9-38°8	21°9-38°8	21°9-38°8
Zone favorable	27°9-34°5	27°9-36°7	25°2-36°7	25°2-36°7	25°2-36°7
Zone très favorable	27°9-34°5	32°7-34°5	27°9-34°5	27°9-36°7	27°9-36°7
Zone optimum	34°5	34°5	34°5	34°5	32°7-34°5

Ces données confirment entièrement les constatations déjà relevées pour *G. hirsutum* Ston. 5.

c) *G. barbadense* (variété *Ishan*) (Tableau III).

(1) *Les températures cardinales.*

Les résultats finaux, relatifs à cette espèce, indiquent les températures cardinales suivantes :

Tableau IV. — Résultats des essais de germination relatifs à *G. arboreum* (variété « *africanum* »).

(+) Essai 9, (=) Essai 10, (—) Essai 11.

Températures éprouvées	11°1 (+)	15°0 (=)	17°7 (=)	21°9 (—)	25°2 (=)	25°6 (+)	25°7 (—)	27°9 (—)	29°0 (=)	30°2 (—)	30°8 (=)	32°1 (—)	32°7 (=)	34°5 (—)	34°7 (=)	35°1 (+)	36°7 (=)	38°3 (—)	38°8 (=)	40°7 (=)	43°4 (+)	52°3 (+)	
(G ₁)% (Levée)																							
après 2 jours	0	0	0	8	70	40	53	93	80	75	95	83	95	88	85	80	90	65	90	0	0	0	
» 4 jours	0	0	25	73	85	96	93	95	85	80	100	88	100	91	85	96	90	90	90	55	0	0	
» 6 jours	0	0	55	80	85	96	95	95	85	83	100	90	100	93	85	96	90	90	90	60	0	0	
» 8 jours	0	0	60	80	95	96	95	95	85	83	100	90	100	93	85	96	90	90	90	70	0	0	
» 10 jours	0	0	70	80	85	96	95	95	85	83	100	90	100	93	85	96	90	90	90	70	0	0	
en fin d'essai	0	0	70	80	85	96	95	95	85	83	100	90	100	93	85	96	90	90	90	70	0	0	
(G ₂)% (Étalement des cotylédons)																							
après 2 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
» 4 jours	0	0	0	0	0	32	8	13	5	10	0	10	5	10	0	12	0	0	0	0	0	0	
» 6 jours	0	0	0	5	75	48	40	35	10	33	50	35	30	23	25	12	0	0	10	0	0	0	
» 8 jours	0	0	0	35	85	96	65	73	25	45	70	40	40	30	75	12	10	0	20	0	0	0	
» 10 jours	0	0	10	63	85	96	78	85	30	65	75	60	50	40	75	28	45	0	25	15	0	0	
en fin d'essai	0	0	45	80	85	96	95	95	50	83	75	85	70	90	75	28	65	30	25	20	0	0	
(I ₁) ₁ en fin d'essai	0	0	13,7	23,3	43,0	41,2	39,4	50,8	54,2	47,0	64,2	63,0	81,7	75,0	80,0	47,1	48,0	40,6	45,0	16,4	0	0	
(I ₂) ₂																							
après 2 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
» 4 jours	0	0	0	0	0	8,7	1,9	3,1	1,3	2,5	0	2,5	1,3	2,5	0	3,3	0	0	0	0	0	0	
» 6 jours	0	0	0	0,8	14,2	12,1	7,8	7,2	2,3	6,6	9,3	7,3	5,1	5,0	4,5	3,3	0	0	1,7	0	0	0	
» 8 jours	0	0	0	4,8	15,4	18,4	11,3	12,3	3,3	8,3	12,0	8,0	6,4	5,7	11,4	3,3	1,4	0	3,0	0	0	0	
» 10 jours	0	0	1,0	7,8	15,4	18,4	12,7	13,7	3,8	10,5	12,6	10,2	7,4	6,8	11,4	4,9	5,0	0	3,1	1,2	0	0	
en fin d'essai	0	0	3,6	9,6	15,4	18,4	14,4	14,8	6,5	12,2	12,6	12,8	10,1	11,8	11,4	4,9	6,7	2,8	3,5	2,0	0	0	

Tableau V. — Résultats des essais de germination relatifs à *G. (Thurberi × arboreum) × hirsutum*.

(+) Essai 9, (=) Essai 10, (—) Essai 11.

Températures éprouvées	6°8 (+)	11°1 (+)	15°0 (=)	17°7 (=)	21°9 (—)	25°2 (=)	25°6 (+)	25°7 (—)	27°9 (—)	29°0 (=)	30°2 (—)	30°4 (+)	30°8 (=)	33°1 (—)	32°7 (=)	34°5 (—)	34°7 (=)	35°1 (+)	36°7 (=)	38°3 (—)	38°8 (=)	39°3 (+)	40°7 (=)	43°4 (+)	48°5 (+)	52°3 (+)	58°0 (+)
(G ₁)% (Levée)																											
après 2 jours	0	0	0	0	22	10	78	56	54	70	52	80	62	54	54	48	54	64	38	34	46	82	12	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	0	2	42	20	82	64	66	78	56	96	68	62	60	48	58	80	48	38	54	88	12	0	0	0	0
» 6 jours	0	0	0	10	44	.	84	64	68	78	56	98	70	64	64	48	62	84	48	38	54	88	12	0	0	0	0
» 8 jours	0	0	0	10	46	.	84	64	68	80	56	98	70	64	64	48	64	86	48	38	54	88	12	0	0	0	0
» 10 jours	0	0	8	12	46	.	84	66	70	80	56	98	70	64	64	48	64	86	48	38	54	88	12	0	0	0	0
en fin d'essai	0	0	8	12	46	.	84	66	70	80	56	98	70	64	64	48	64	86	48	38	54	88	12	0	0	0	0
(G ₂) (Étalement des cotylédons)	0																										
après 2 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	0	0	0	2	0	8	14	4	12	2	2	18	2	22	8	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
» 6 jours	0	0	0	0	8	16	34	40	36	68	30	22	54	38	50	40	48	18	22	0	0	6	0	0	0	0	0
» 8 jours	0	0	0	0	30	.	72	46	52	74	46	52	68	52	60	44	60	34	32	4	2	6	0	0	0	0	0
» 10 jours	0	0	0	2	38	.	80	56	60	74	54	74	70	56	60	48	62	42	36	16	8	6	0	0	0	0	0
en fin d'essai	0	0	0	10	44	.	80	62	68	78	56	74	70	64	62	48	62	42	40	34	14	6	0	0	0	0	0
(I ₁) ₁ en fin d'essai	0	0	1,1	2,3	18,0	7,8	42,5	32,6	43,4	46,6	43,2	50,4	50,2	48,9	46,6	42,0	72,1	48,4	37,2	30,3	41,7	57,8	6,0	0	0	0	0
(I ₂) ₂ après 2 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 4 jours	0	0	0	0	0	0,5	0	2,0	3,5	1,0	3,2	0,5	0,7	5,2	0,5	6,0	2,2	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
» 6 jours	0	0	0	0	1,4	3,2	7,1	8,0	7,6	13,5	6,6	4,4	10,7	9,0	10,0	9,4	9,9	3,5	4,1	0	0	1,3	0	0	0	0	0
» 8 jours	0	0	0	0	4,4	.	12,5	8,8	9,8	14,2	8,7	8,1	10,9	10,8	11,2	10,0	11,4	5,7	5,5	0,5	0,3	1,3	0	0	0	0	0
» 10 jours	0	0	0	0,2	5,2	.	13,4	9,9	10,7	14,2	9,6	10,5	12,8	11,3	11,4	10,4	11,6	6,6	5,9	1,0	0,9	1,3	0	0	0	0	0
en fin d'essai	0	0	0	0,8	5,9	.	13,4	10,1	11,5	14,6	9,8	10,5	12,8	12,1	11,4	10,4	11,6	6,6	6,3	3,5	1,4	1,3	0	0	0	0	0

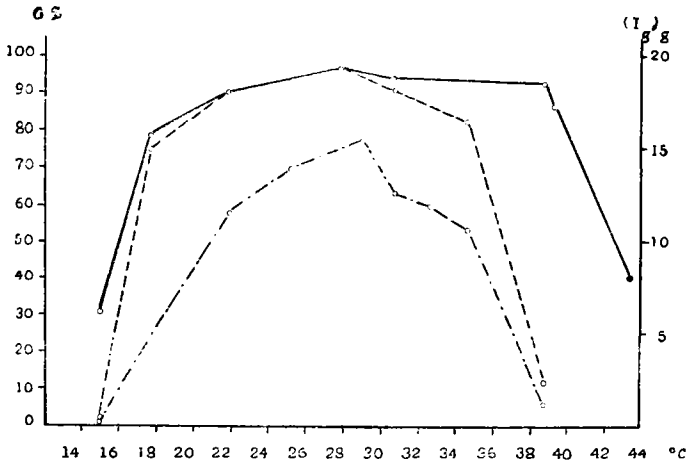


FIG. 4. — *G. barbadense*. — Courbes finales de germination en fonction de la température.

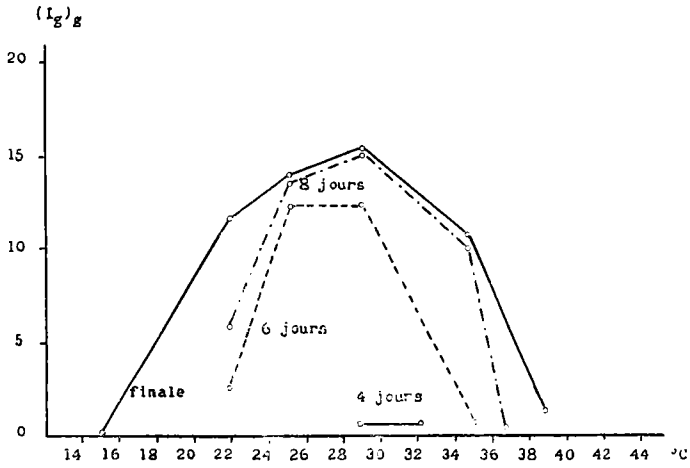


FIG. 5. — *G. barbadense*. — Courbes de rapidité de germination (I_g) après 4, 6, 8 et 12-16 jours (fin des essais).

- : levée.
- - - : germination globale.
- · - · - : index de rapidité de la germination.

		Minimum	Optimum	Maximum
— Levée	(G _l)	15°0	27°9 — 38°8	43°4
— Étalement des cotylédons	(G _g)	15°0	27°9	38°8
— Index de rapidité de germination globale	(I _g) _g	15°0	29°0	38°8

Les courbes correspondant à ces trois éléments sont reproduites à la *fig. 4* qui se compare avec la *fig. 2* relative à *G. hirsutum* (Ston. 5). Elles indiquent un resserrement plus accusé encore des courbes propres à chacun de ces stades germinatifs.

Ces données montrent également un caractère assez nettement différentiel : les optima, chez cette espèce, sont beaucoup plus éloignés du maximum ; pour la germination globale — (G_g) et (I_g)_g — *l'optimum occupe une position médiane ou submédiane* par rapport à l'amplitude thermique totale.

(2) *Zones thermiques efficace, favorables et optimum. Évolution de ces zones dans le temps de germination.*

Les courbes de l'index de rapidité de germination, à diverses périodes, font l'objet de la *fig. 5*.

Les zones thermiques se présentent comme suit :

après :	4 jours	6 jours	8 jours	10 jours	En fin d'essai
Zone efficace	29°0-32°7	21°9-31°5	21°9-36°7	17°7-38°8	15°0-38°8
Zone assez favorable	29°0-32°7	25°2-29°0	25°2-34°7	21°9-34°7	21°9-34°7
Zone favorable	29°0	25°2-29°0	25°2-32°7	25°2-32°7	21°9-32°7
Zone très favorable	29°0	25°2-29°0	25°2-29°0	25°2-29°0	25°2-30°8
Zone optimum	29°0	25°2-29°0	25°2-29°0	29°0	29°0

Graphique et chiffres indiquent ici des particularités fort nettes par rapport au *G. hirsutum*.

Si l'optimum se marque également dès le début, il est plus nettement indiqué, plus resserré et tend vers une valeur précise : 29°0.

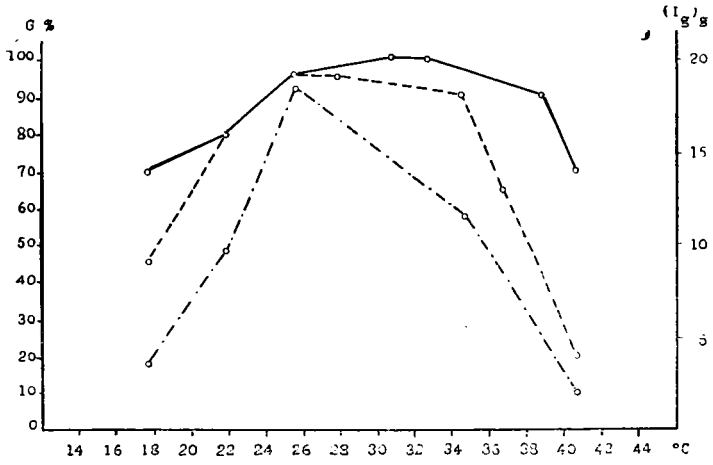


FIG. 6. — *G. arboreum*. — Courbes finales de germination en fonction de la température.

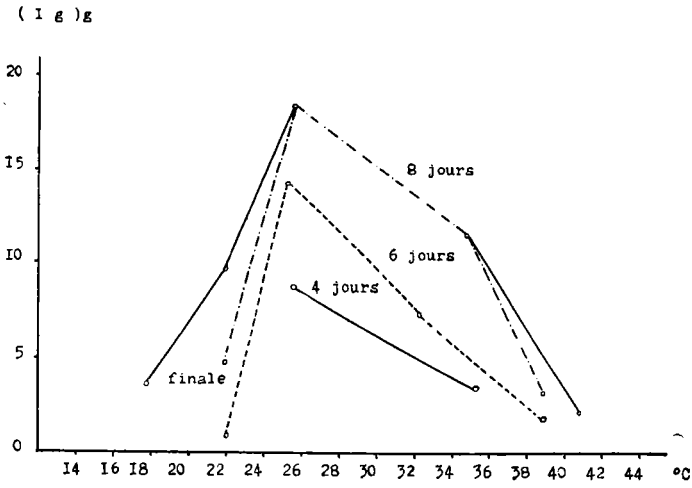


FIG. 7. — *G. arboreum*. — Courbes de rapidité de germination (I_g)_g après 4, 6, 8 et 12 jours (fin des essais).

- : levée.
- - - : germination globale.
- · - · : index de rapidité de la germination.

On remarquera surtout que l'étalement thermique, avec l'avancement de la germination, s'effectue à la fois vers les hautes et les basses températures. L'étalement progressif des courbes est régulier, contrairement à ce que nous avons constaté pour l'espèce précédente où il s'effectuait uniquement vers les basses températures.

d) *G. arboreum* (variété « *africanum* ») (Tableau IV).

(1) *Les températures cardinales.*

Les valeurs obtenues pour cette espèce se présentent de la manière suivante :

		Minimum	Optimum	Maximum
— Levée	(G _l)	17°7	25°6 — 35°1	40°7
— Étalement des cotylédons	(G _e)	17°7	25°6 — 27°9	40°7
— Index de rapidité de germination globale	(I _g) _g	17°7	25°6	40°7

La fig. 6 reproduit les courbes relatives à ces divers éléments (à comparer avec les fig. 2 et 4).

En comparant ces données avec les chiffres ou graphiques correspondant aux autres espèces déjà étudiées, on constate une nette diminution de l'amplitude thermique d'efficacité et surtout la position excentrique des optima, vers les basses températures. La situation de ces derniers, relativement proche des minima, dessine une courbe d'allure à peu près inverse de celle qui caractérise *G. hirsutum*.

Un optimum à 25°6 est particulièrement bien dessiné par la courbe des index de rapidité de germination globale.

(2) *Zones thermiques efficace, favorables et optimum. Évolution de ces zones dans le temps de germination.*

Les courbes relatives à l'index de rapidité de germination, à divers âges depuis la mise au germe, font l'objet de la fig. 7. En même temps, nous indiquons ci-dessous,

la position et l'amplitude de chaque zone thermique, pour ces divers âges de la plantule (index de rapidité de germination globale) :

après :	4 jours	6 jours	8 jours	10 jours	En fin d'essai
Zone efficace	25°6-35°1	21°9-38°8	21°9-38°8	17°7-40°7	17°7-40°7
Zone assez favorable	25°6	25°2-32°1	25°2-34°7	21°9-34°7	21°9-34°7
Zone favorable	25°6	25°2-25°6	25°2-25°6	25°2-27°9	25°2-27°9
Zone très favorable	25°6	25°2-25°6	25°2-25°6	25°2-25°6	25°2-25°6
Zone optimum	25°6	25°2	25°6	25°6	25°6

Ces renseignements mettent en évidence le caractère *très tranché et fort apparent de l'optimum*, bien dessiné entre 25°2 et 25°6 dès le début, *l'étalement assez régulier* des courbes thermiques, vers les hautes et basses températures, *mais assez restreint*, du fait d'ailleurs que dès le début, la germination s'effectue dans une zone relativement large. Ces courbes confirment encore le décalage de l'optimum vers les minima.

e) *G. (Thurberi × arboreum) × hirsutum* (« Triple-hybride ») (Tableau V).

(1) *Les températures cardinales.*

Le « Triple-hybride » se caractérise, dans nos essais, par les valeurs suivantes qui font également l'objet de la fig. 8 :

		Minimum	Optimum	Maximum
— Levée	(G ₁)	15°0	30°4	40°7
— Étalement des cotylédons	(G ₂)	17°7	25°6 — 29°0	39°3
— Index de rapidité de germination globale	(I _g) _g	17°7	25°6 — 29°0	39°3

L'amplitude de la zone d'efficacité thermique est relativement faible chez cet hybride.

L'optimum de la « levée » est légèrement décalé vers les hautes températures (caractère de *G. hirsutum*) ; les optima relatifs à G_g et I_g ont plutôt tendance, au

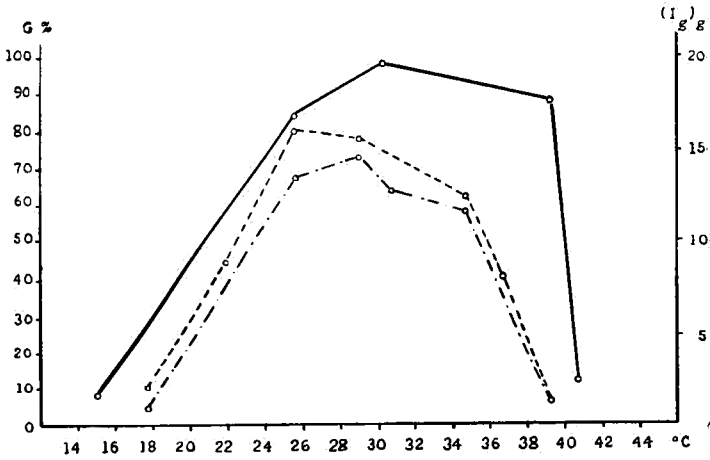


FIG. 8. — *G. (Thuyberi × arboreum) × hirsutum*. — Courbes finales de germination en fonction de la température.

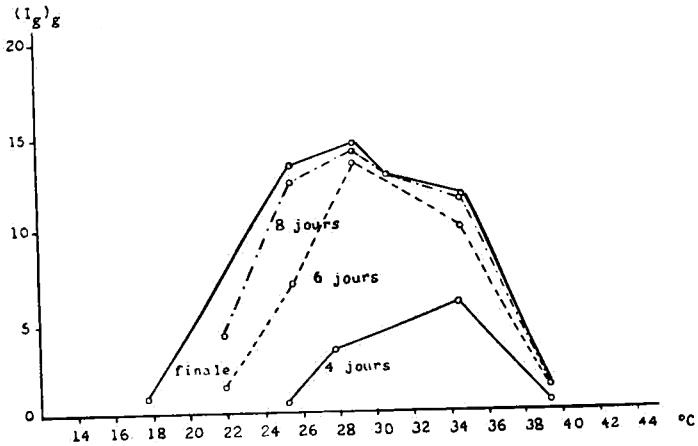


FIG. 9. — *G. (Thuyberi × arboreum) × hirsutum*. — Courbes de rapidité de germination (I_g) après 4, 6, 8 et 12 jours (fin des essais).

— : levée
 - - - : germination globale
 : index de rapidité de la germination.

contraire, à se déplacer vers les basses températures. Dans l'ensemble, la courbe montre des optima qui se rapprochent du type « submédian » (caractère du *G. Thurberi*).

(2) *Zones thermiques efficace, favorables et optimum. Évolution de ces zones dans le temps de germination.*

On se référera à la *fig. 9* qui fournit diverses courbes représentatives de la marche de la germination (I_0)_a. Les zones thermiques, basées sur l'index de rapidité de germination, se présentent de la manière suivante.

après :	4 jours	6 jours	8 jours	10 jours	En fin d'essai
Zone efficace	25°2-39°3	21°9-39°3	21°9-39°3	17°7-39°3	17°7-39°3
Zone assez favorable	27°9-34°5	25°6-34°7	25°6-34°7	25°6-35°1	25°6-34°7
Zone favorable	32°1-34°5	29°0-32°7	25°6-34°7	25°6-34°7	25°6-34°7
Zone très favorable	32°1-34°5	29°0	25°6-29°0	25°6-30°8	25°6-32°1
Zone optimum	34°5	29°0	29°0	25°6-29°0	25°6-29°0

L'étalement des courbes thermiques s'effectue régulièrement et uniquement dans le sens des basses températures (caractère du G. hirsutum).

L'optimum est d'abord bien marqué dans la zone élevée de 34°, puis se déplace nettement vers 29° et montre une tendance à reculer davantage vers 26°-29°.

§ 3. **Zones thermiques d'inhibition et de léthalité.**

Tous les essais réalisés en vue de rechercher les températures cardinales de la germination ont comporté le maintien des graines, durant un temps plus ou moins prolongé, dans un substrat à niveau thermique à peu près constant.

Aux températures élevées, de l'ordre de 40° et plus, même là où les phénomènes germinatifs apparaissent, on observe des altérations diverses : brunissement et

pourriture des racines, nécrose de l'hypocotyle et des cotylédons... On se souviendra, d'ailleurs, que la température de l'air, au-dessus des récipients expérimentaux, est toujours supérieure à celle du substrat, d'environ 2°5 à 4°.

Des altérations semblables ont été mentionnées déjà par ARNDT (1945) sur *G. hirsutum* notamment des brûlures sur les cotylédons, à partir du 5^e jour.

Vers 45° et plus, aucune manifestation proprement germinative n'est décelable, si ce n'est, parfois, sous l'effet de l'imbibition de la graine, une certaine déchirure du tégument et une « libération » purement mécanique de la radicule gonflée d'eau. Ce phénomène est bien connu des techniciens du contrôle des semences qui lui donnent le nom de « fausse germination ». En même temps, les matières colorantes du spermodermis diffusent dans le substrat et beaucoup de graines se décomposent plus ou moins rapidement.

Il était important, à notre point de vue, de rechercher si, entre les températures les plus élevées donnant lieu à manifestations germinatives et les paliers thermiques où les graines s'altéraient visiblement, se situait une zone thermique où les graines incapables de germer, maintenaient néanmoins leur faculté germinative. La même question se posait pour les températures inférieures, au delà des minima constatés à la fin de nos essais. Nous nous sommes donc proposé de rechercher, comme l'avait fait MONTENEZ (1957) pour *Arachis hypogaea*, s'il apparaissait, de part et d'autre des minima et maxima thermiques, une zone où la germination est simplement inhibée par les extrêmes de température, zone précédant les températures proprement et définitivement léthales, en ce sens qu'elles entraînent plus ou moins rapidement la mort même de l'embryon.

L'essai 9bis répondait à cette préoccupation. Tous les récipients expérimentaux où aucune manifestation germi-

native n'était apparue après 10 jours, ont été retirés des chambres isothermiques et placés en serre, où la température moyenne du substrat s'établit dès lors à 24°9.

Les résultats enregistrés après 13 jours (soit 23 jours après le semis) sont reportés ci-après.

Tableau VI. — Résultats germinatifs après 10 jours d'exposition, en chambres isothermiques, à des températures apparemment inhibitrices, puis 13 jours de maintien en serre, à la température de 24°9.

Espèces ou variétés	Températures réalisées dans les chambres à température constante, avant exposition à 24°9				
	6°8	11°1	48°5	52°3	58°0
<i>G. hirsutum</i> (Ston. 5) (G _θ)%	0	39	0	0	0
	(G _σ)%	0	35	0	0
<i>G. hirsutum</i> (B. 197) (G _θ)%	50	47	0	0	0
	(G _σ)%	27	41	0	0
<i>G. arboreum</i> (G _θ)%	0	4	0	0	0
	(G _σ)%	0	4	0	0
<i>G. barbadense</i> (G _θ)%	10	62	0	0	0
	(G _σ)%	10	54	0	0
<i>G. triple-hybride</i> (G _θ)%	0	6	0	0	0
	(G _σ)%	0	4	0	0

On constate, d'abord, qu'aucune germination ne se produit pour les graines soumises préalablement aux hautes températures. Ces graines sont, en fait, détruites et l'embryon a été tué. On en conclura donc que les maxima enregistrés par l'observation des processus morphologiques de la germination coïncident avec les valeurs thermiques entraînant la mort de l'embryon. Le maximum est donc bien, dans notre cas, le « zéro absolu » de la germination à haute température. En d'autres termes, *entre le maximum germinatif et les températures léthales, il n'y a pas de zone thermique d'inhibition.*

Cette affirmation doit être corrigée, toutefois, si l'on considère que, à certaines températures, on constate la croissance de la radicule et l'élongation de l'hypocotyle (levée), mais que les plantules ainsi formées sont incapables d'achever complètement leur germination, d'étaler leurs cotylédons et donc de former un semenceau capable de se suffire à lui-même. En fait, il existe donc une zone thermique où la germination est incomplète ; elle se marque bien dans les *tableaux I à V*, par le décalage entre les maxima enregistrés pour G_r ou G_b , d'une part, et G_g , ou germination complète, d'autre part. Rappelons, à cet égard, les résultats obtenus (1).

	Maxima pour G_g (germination complète avec étalement des cotylédons)	Maxima pour G_r ou G_b (sortie de la radicule ou levée)
<i>G. hirsutum</i> (Ston. 5)	39°3	43°4
<i>G. hirsutum</i> (B. 197)	39°3	43°4
<i>G. barbadense</i>	38°8	43°4
<i>G. arboreum</i>	40°7	40°7
<i>G. triple-hybride</i>	39°3	40°7

Sauf pour *G. arboreum*, où les deux maxima coïncident, et qui manifeste ainsi une résistance particulière aux températures élevées, un décalage assez net apparaît pour les autres espèces. On peut donc, pour celles-ci, considérer une zone thermique de hautes températures, inhibitrice de la *germination complète*.

(1) Il importe d'émettre ici deux réserves quant à la validité de nos conclusions à cet égard :

a) Les essais, dans les chambres à température constante, ont été réalisés à l'obscurité. Il n'est pas exclu que la lumière exerce une influence sur la croissance de l'hypocotyle et l'étalement des cotylédons. Des recherches ont d'ailleurs été poursuivies dans cette voie.

b) Notre but a été de maintenir la température du *substrat* aussi uniforme que possible ; dès lors, par les moyens expérimentaux dont nous disposions, la température de l'*air*, correspondant à l'ambiance propre à l'hypocotyle et aux cotylédons, a été constamment supérieure de 2°5 à 4° (Voir protocole de l'essai 11).

Par contre, toutes nos espèces ont manifesté un taux de germination, plus ou moins important, après exposition de la graine aux températures de 6°8 ou 11°1.

G. hirsutum (B. 197) et *G. barbadense* sont les seuls à avoir germé encore, dans les récipients soumis préalablement à la température moyenne de 6°8 ($\pm 2^{\circ}4$) ce qui, compte tenu de la variation assez forte à ce niveau thermique, implique une bonne résistance des graines imbibées à des températures temporaires de l'ordre de 4°4. Ce palier thermique paraît ainsi correspondre au minimum absolu de la germination, pour ces deux *Gossypium* au moins. On notera aussi le taux important de germination encore enregistré à 11°1 ($\pm 0^{\circ}9$) pour *G. barbadense*. Les variétés de cette espèce, étudiées par LUDWIG (1932), montraient également une faculté de germination bien plus grande à 12 et à 15° que *G. hirsutum*.

On conclura donc qu'il apparaît, pour les basses températures, *une zone d'inhibition thermique comprise entre les températures minima léthales et les minima expérimentaux*, zone vraisemblablement *variable selon les espèces et variétés* et aussi, selon la durée de l'essai de germination, puisque nous avons vu que chez beaucoup de *Gossypium*, les courbes d'efficacité germinative tendaient à gagner vers les basses températures en fonction du temps.

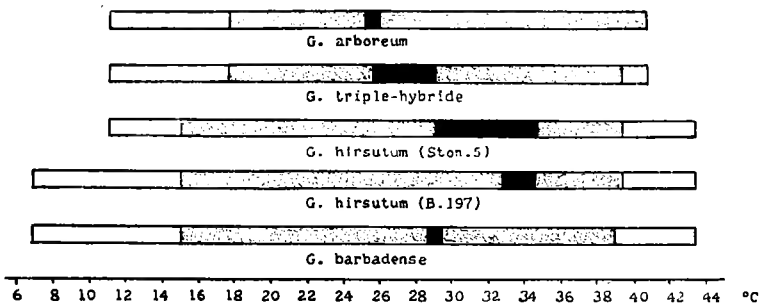
La *fig. 10* résume graphiquement les résultats obtenus ; elle indique également la position approximative des zones thermiques optima.

§ 4. Vitesse et « efficacité thermique » de la germination.

1. Le *tableau VII* fournit, pour chacune de nos espèces, hybride ou variétés, le nombre moyen de jours nécessaires à divers paliers thermiques, pour obtenir des taux de germination complète (G_0) de 10, 50 et 90 %.

Tableau VII. — Nombre moyen de jours nécessaires pour obtenir un taux de germination (G_g) de 10, 50 et 90 %.

Espèces ou variétés	Paliers thermiques.					
	15°-20°	20°-25°	25°-30°	30°-35°	35°-40°	40°-45°
<i>G. hirsutum</i> (Ston. 5) G_g 10%	9,8	4,9	4,2	3,9	4,8	—
	50%	11,5	7,6	6,8	5,7	8,8
	90%	—	—	10,0	9,4	—
<i>G. hirsutum</i> (B. 197) G_g 10%	10,0	4,5	3,4	3,3	4,5	—
	50%	—	7,0	5,5	5,5	8,2
	90%	—	—	11,0	9,9	10,4
<i>G. barbadense</i> G_g 10%	9,1	5,4	5,0	6,0	8,9	—
	50%	11,2	8,6	7,6	8,0	—
	90%	—	12,0	11,3	12,0	—
<i>G. arboreum</i> G_g 10%	10,0	6,4	4,1	4,2	6,9	9,4
	50%	—	9,1	8,2	8,5	11,6
	90%	—	—	10,8	12,0	—
<i>G. triple-hybride</i> G_g 10%	12,0	6,2	4,3	3,9	7,4	—
	50%	—	—	7,2	7,8	—
	90%	—	—	—	—	—



- Zone thermique d'inhibition (pour G_g aux hautes températures).
- Zone thermique efficace.
- Zone thermique optimum.

Fig. 10. — Éventail des zones thermiques d'efficacité et d'inhibition germinatives.

Ce tableau fait apparaître deux groupes : d'une part, les deux variétés de *G. hirsutum* pour lesquelles la vitesse de germination est maximum pour la zone thermique de 30 à 35°, et d'autre part, *G. barbadense* et *G. arboreum* pour lesquels les temps requis, pour atteindre les pourcentages de germination fixés, sont les moindres entre 25 et 30°. Le *G. triple-hybride* est intermédiaire, mais, en fait, les temps minima se situent très près de 30°, ce qui le fait se rapprocher davantage du premier groupe que du second.

Les données de ARNDT (1932) que nous avons reproduites précédemment, portent vraisemblablement sur la sortie de la radicule, d'où le temps plus court qu'indique cet auteur pour la germination de *G. hirsutum*. Nos données confirment ses résultats, en ce sens que l'optimum, à ce point de vue, apparaît également entre 30 et 35°.

2. Le temps nécessaire pour atteindre des taux de germination (G_g) de 10, 50 et 90 %, à la température la plus favorable, est le suivant pour chacun des types, les températures optima correspondantes figurant entre parenthèses :

	G_g : 10 %	G_g : 50 %	G_g : 90 %
<i>G. hirsutum</i> (B. 197)	2,5(27°9-34°5)	4,6(34°5)	6,6(36°7)
<i>G. hirsutum</i> (Ston. 5)	2,9(27°9-34°5)	5,2(30°8-34°5)	6,0(29°0-34°7)
<i>G. arboreum</i>	2,7(25°6)	5,4(25°2)	7,7(25°6)
<i>G. triple-hybride</i>	3,0(32°1-34°5)	5,4(29°0)	—
<i>G. barbadense</i>	4,3(25°2-29°0)	5,5(25°0-29°0)	10,0(29°0)

Bien qu'au total, les différences ne soient pas considérables, on constate que, en moyenne, le *G. hirsutum* montre la plus grande vitesse de germination et *G. barbadense*, la plus lente. Ce dernier résultat infirme d'ailleurs les données publiées par CHRISTIDIS et HARRISON (1955) touchant la vitesse de germination particulièrement rapide de cette espèce.

En même temps, on remarque que le niveau thermique où la vitesse est la plus grande tend à se resserrer ou à se déplacer vers les températures élevées, selon que l'on se réfère à des taux de germination de plus en plus élevés, pour *G. hirsutum*, *G. barbadense*, et, dans une mesure peut-être moins marquée, pour *G. triple-hybride*.

Par contre, la vitesse de germination de *G. arboreum* demeure la plus élevée, pour tous les niveaux germinatifs, dans la même zone thermique.

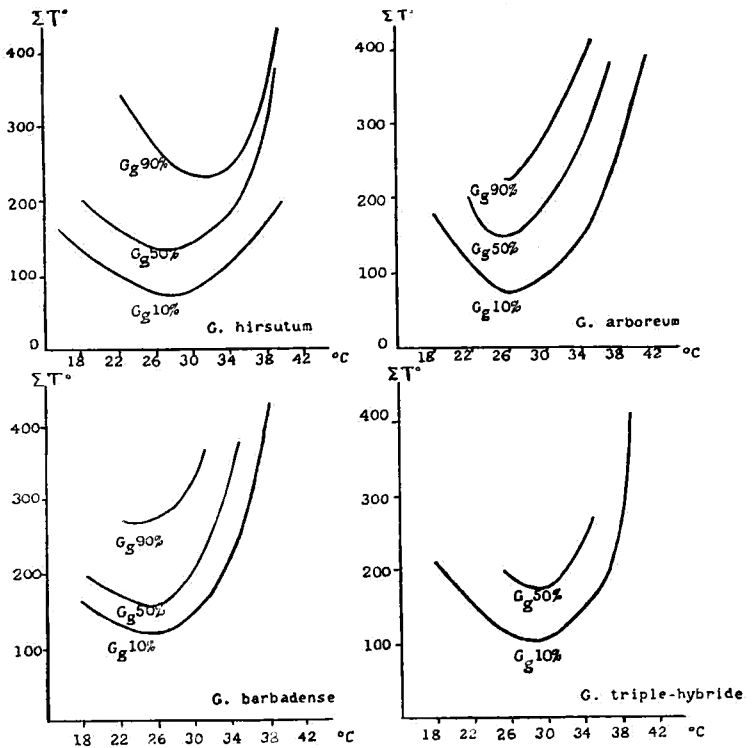


FIG. 11. — Sommes de température nécessaires, à divers niveaux thermiques, pour obtenir 10, 50 et 90 % de germination globale (G_g).

2. Nous avons également calculé les *sommes de températures* (ΣT°) c'est-à-dire le produit de la température moyenne du substrat par le nombre de jours nécessaires

pour obtenir des taux de germination (G_g) de 10, 50 et 90 %. Les résultats obtenus sont reproduits graphiquement à la fig. 11 où les courbes correspondantes ont été régularisées. Les écarts entre les deux variétés de *G. hirsutum* étant minimes, nous n'avons reproduit, pour cette espèce, qu'une courbe moyenne unique.

Ces courbes appellent les commentaires suivants, que nous émettons avec la prudence requise par l'insécurité relative de la notion de « sommes de températures ». On se souviendra, néanmoins, de la régularité thermique très satisfaisante du substrat et de l'uniformité des autres conditions du milieu pendant toute la durée des expériences.

a) L'efficacité thermique paraît dessiner, pour chaque espèce ou variété, une zone optimum qui correspond — pourrait-on dire — au « rendement » le plus favorable, c'est-à-dire à la « quantité de chaleur minimum » requise pour achever la germination.

Nos espèces se classent, à ce point de vue, de la manière suivante :

Tableau VIII. — Sommes de température nécessaires, dans les zones thermiques optima, pour atteindre divers taux de germination globale.

	G_g : 10 %	G_g : 50 %	G_g : 90 %
<i>G. hirsutum</i>	75 (27°)	140 (28°)	230 (31°)
<i>G. arboreum</i>	75 (25-26°)	145 (25°)	225 (26°)
<i>G. barbadense</i>	120 (25°)	155 (25°)	270 (24°-25°)
<i>G. triple-hybride</i>	105 (28°)	170 (29°)	—

b) Chez *G. hirsutum* au-moins, on remarque un certain décalage de ces zones thermiques les plus efficaces, selon que l'on considère des taux de germination de 10, 50 ou 90 %. Ce même fait avait été constaté par MONTENEZ (1957) pour *Arachis hypogaea*.

c) Enfin, pour passer de 10 à 50 % de germination, dans les zones thermiques les plus efficaces, *G. barbadense* requiert un coefficient d'augmentation des sommes de températures de 1,3, et de 2,2 pour passer de 10 à 90 % ; les chiffres correspondants sont de 1,6 pour *G. triple-hybride* (de 10 à 50 %), de 1,8 et 3,0 pour *G. hirsutum*, et de 1,9 et 3,0 pour *G. arboreum*.

3. Plusieurs auteurs se sont préoccupés du parallélisme entre la marche de la germination et la vitesse des réactions chimiques en fonction de la température croissante CAMP et WALKER (1927), par exemple, admettent un accroissement de la vitesse de germination de 2 à 3 pour des augmentations de température de 10°, entre 15° et 35°, pour *G. hirsutum*.

Nous avons déterminé la valeur moyenne du Q_{10} , entre 20 et 30°, et nos espèces, hybride et variétés se placent, à ce point de vue, dans l'ordre suivant :

<i>G. triple-hybride</i>	$Q_{10} = 3,2$
<i>G. arboreum</i>	$Q_{10} = 2,2$
<i>G. hirsutum</i> (Ston. 5)	$Q_{10} = 2,1$
<i>G. hirsutum</i> (B. 197)	$Q_{10} = 2,1$
<i>G. barbadense</i>	$Q_{10} = 1,8$

Ces chiffres traduisent la raideur des courbes de germination, dans leur partie montante, entre le minimum et la zone optimum.

§ 5. Observations morphologiques.

1. Nous avons mentionné, déjà, l'action nécosante des hautes températures sur les graines en germination maintenues pendant quelque temps dans ces conditions. A partir de 37°5, nous avons constaté sur les racines de *G. hirsutum*, l'apparition de plages brunes qui tendent à se réunir et entraînent finalement, surtout aux températures de l'ordre de 39° et plus, la nécrose totale du système

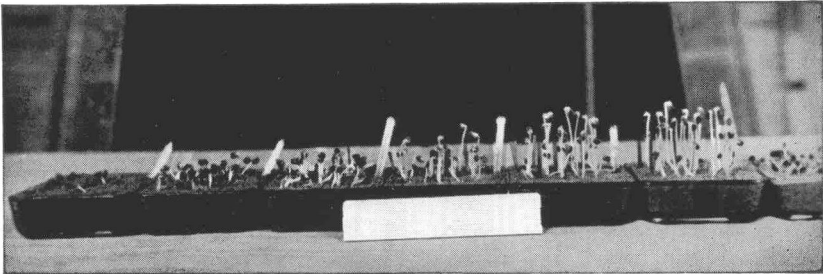
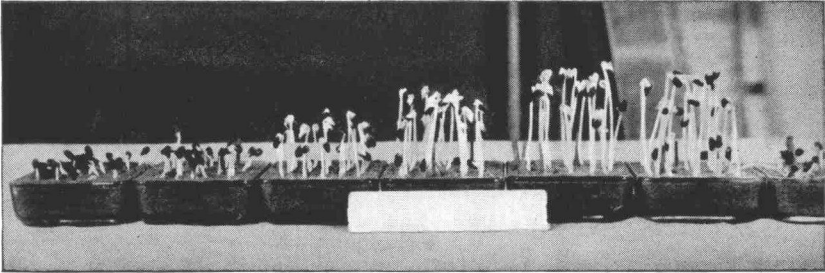


PHOTO — Action des diverses températures sur l'élongation de l'hypocotyle
— *En haut* : *G. hirsutum*, *Ston.* 5.
— *En bas* : *G. hirsutum*, B. 197 ;
Températures moyennes du substrat réalisées : 21°9 — 25°7 — 27°9 — 30°2 —
32°1 — 34°5 — 38°3.

radiculaire. Ces taches nécrosantes apparaissent, à la température de 39°3, à partir du 5^e jour, ce qui correspond exactement aux constatations déjà mentionnées de ARNDT (1945).

2. En même temps et pour la même espèce, nous avons constaté que la formation des racines secondaires était retardée pour les températures supérieures à 37°5 et totalement inhibée pour des températures de 40° et plus.

ARNDT (1945) avait montré antérieurement déjà que l'allongement radiculaire diminuait fortement à partir de 39°0 et que la ramification des racines était inhibée. On rappellera également les observations de GALLIGAR (1938) sur *G. barbadense*, d'après lesquelles, la formation de racines latérales cesse à partir de 35°.

3. L'essai 11 nous a donné l'occasion de suivre l'*élongation de l'hypocotyle* en fonction des diverses températures expérimentales. On se souviendra que nos essais ayant été réalisés à l'obscurité, entraînent un certain étiolement des jeunes plantules, lequel se traduit par un allongement parfois excessif des axes hypocotylaires. Il arrive même souvent que ceux-ci fléchissent et retombent (Voir *Photo*).

Néanmoins, nos essais montrent un effet différentiel assez net d'une température à l'autre et, toutes conditions étant égales, permettent une comparaison entre les types étudiés. Les résultats obtenus ne valent que dans les circonstances expérimentales décrites.

Par ailleurs, nous avons entamé une étude sur l'écologie de la croissance des jeunes plantules de *Gossypium*, où nous nous sommes efforcé de dissocier l'action de la lumière (présence ou absence) et de la température et que nous nous proposons de relater ultérieurement.

a) Les résultats moyens obtenus touchant l'allongement de l'hypocotyle se présentent comme suit (*Tableau IX*).

Tableau IX. — Élongation de l'hypocotyle en fonction de la température (en cm).

Espèces ou variétés	Températures							
	21°9	25°7	27°9	30°2	32°1	34°5	38°3	
<i>G. hirsutum</i> (Ston. 5)	3 jours	1,5	2,5	4,0	5,5	7,5	7,5	2,8
	5 jours	4,0	10,0	12,5	15,5	17,0	16,0	8,0
	7 jours	8,0	13,0	16,0	18,0	21,0	20,5	10,0
<i>G. hirsutum</i> (B. 197)	3 jours	1,5	3,7	5,5	6,0	7,7	8,0	4,0
	5 jours	5,0	11,0	15,0	17,0	17,0	18,0	9,0
	7 jours	9,0	17,0	18,0	17,0	17,0	18,0	13,0
<i>G. arboreum</i>	3 jours	1,0	1,5	2,5	3,0	5,0	4,0	1,5
	5 jours	2,0	6,0	7,0	8,0	10,0	9,0	4,0
	7 jours	5,7	7,0	9,0	9,5	11,0	10,5	6,0
<i>G. barbadense</i>	3 jours	1,0	1,5	2,0	3,3	5,5	5,5	1,0
	5 jours	2,3	9,0	13,0	15,0	15,0	14,0	4,3
	7 jours	9,0	16,5	18,0	20,0	22,0	19,0	8,0
<i>G. triple-hybride</i>	3 jours	0,5	1,5	3,5	4,0	5,0	7,5	1,7
	5 jours	3,5	9,0	10,5	13,0	13,5	15,0	8,0
	7 jours	7,0	14,0	14,0	14,0	16,0	17,0	10,0

Nos données expérimentales se comparent bien avec les résultats de ARNDT (1945), obtenus dans des conditions fort semblables, à l'obscurité notamment. La courbe tracée au départ des renseignements fournis par cet auteur, après 7 jours, est pratiquement semblable à celle que nous dégageons pour *G. hirsutum*, B. 197 (qui est un Upland résultant du croisement entre un *Stoneville* et un *Cleveland*). Pour le type « Farm Relief » utilisé par ARNDT, on retrouve même la légère dépression de la courbe vers 30° qu'indique notre variété.

b) La fig. 12 montre la marche de l'élongation hypocotyle à 30°2. L'allure très semblable des courbes observées pour les deux variétés de *G. hirsutum* nous permet de les confondre. Si l'allure générale sigmoïde des courbes est semblable, comme on pouvait s'y attendre pour une fonction de croissance, le potentiel d'allonge-

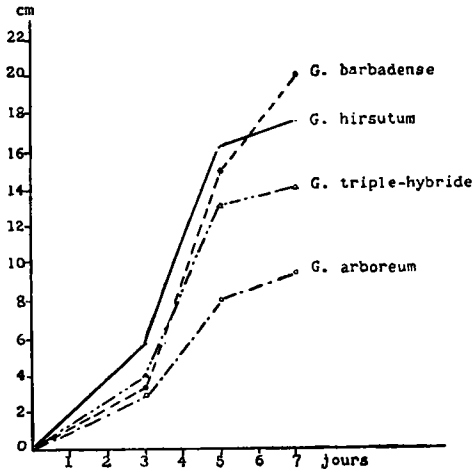


FIG. 12. — Marche de l'élongation de l'hypocotyle, à 30°2.

ment est nettement différent et amène une ségrégation spécifique très apparente.

c) La *fig. 13*, à son tour, reproduit les courbes d'allongement de l'hypocotyle, obtenues pour nos espèces, hybride ou variétés, aux divers niveaux thermiques, après 3 et 7 jours.

Ces courbes confirment, d'abord, les différences du potentiel d'élongation de nos divers types et montrent ensuite un ralentissement général de la croissance de l'hypocotyle vers les hautes et les basses températures. Il apparaît ainsi une zone thermique pour laquelle l'allongement est le plus marqué. Cet optimum, généralement compris entre 32 et 34°5, semble, d'après nos données, assez peu différent d'un type de cotonnier à l'autre. C'est donc surtout le potentiel d'élongation qui paraît significatif à ce point de vue.

§ 6. Comparaison des résultats.

1. Nous regrouperons, d'abord, dans le *tableau X*, quelques caractéristiques saillantes des divers types de *Gossypium* étudiés, telles que mises en évidence dans les paragraphes qui précèdent.

Tableau X. — Résumé des caractéristiques liées à la température

Caractéristiques	<i>G. hirsutum</i> (Ston. 5)
1. Températures cardinales de la courbe (I_g) _g	15°0-29°0-34°7-39°3
2. Amplitude thermique de la courbe (I_g) _g	24°3
3. Position de l'optimum sur l'éventail thermique (des minima vers les maxima)	6/10-8/10 « ad-maximale »
4. Variation de l'optimum durant la marche de la germination	presque fixe (très faible déplacement vers les minima)
5. Ouverture de l'éventail thermique au cours de la germination a) étalement total du 4 ^e jour à la fin de l'essai b) sens du déplacement	10°6 unilatéral vers les minima
6. Zones thermiques d'efficacité et d'inhibition de la germination a) zone d'inhibition vers les basses températures b) zone d'efficacité germinative c) zone d'inhibition vers les hautes températures (inhibition pour G_g) d) amplitude totale des zones d'inhibition et d'efficacité	11°1-15°0 15°0-39°3 39°3-43°4 32°3
7. « Sommes de températures » a) somme de température minimum requise pour atteindre 50% de germination (jours × température moyenne) b) zone thermique où le minimum de germination est obtenu avec la moindre « somme de température »	140 27°0-31°0
8. Valeur du Q_{10} (entre 20° et 30°)	2,1
9. Nombre de jours requis à la température optimum, pour atteindre 50% G_g	5,7
10. Élongation de l'hypocotyle a) Température d'élongation maximum de l'hypocotyle b) Élongation moyenne maximum de l'hypocotyle à la température la plus favorable (après 7 jours) (en cm)	32°1 21,0

de germination, des diverses espèces, hybride ou variétés étudiés.

Espèces ou variétés

<i>G. hirsutum</i> (B. 197)	<i>G. barbadense</i>	<i>G. arboreum</i>	<i>G. triple-hybride</i>
15°0-32°7-34°5-39°3	15°0-29°0-38°8	17°7-25°6-40°7	17°7-25°6-29°0-39°3
24°3	23°8	23°0	21°6
7/10-8/10 « ad-maximale »	5/10-6/10 « médiane »	3/10 « ad-minimale »	3/10-6/10 « submédiane »
fixe	fixe	fixe	déplacement progres- sif vers les minima
10°2 unilatéral vers les minima	20°7 bilatéral	13°5 bilatéral	7°6 unilatéral vers les minima
6°8-15°0 15°0-39°3 39°3-43°4	6°8-15°0 15°0-38°8 38°8-43°4	11°1-17°7 17°7-40°7 —	11°1-17°7 17°7-39°3 39°3-40°7
36°6	36°6	29°6	29°6
140	155	145	170
27°0-31°0	24°0-25°0	25°0-26°0	28°0-29°0
2,1	1,8	2,2	3,2
5,5	7,6	8,2	7,2
34°5	32°1	32°1	34°5
18,0	22,0	11,0	17,0

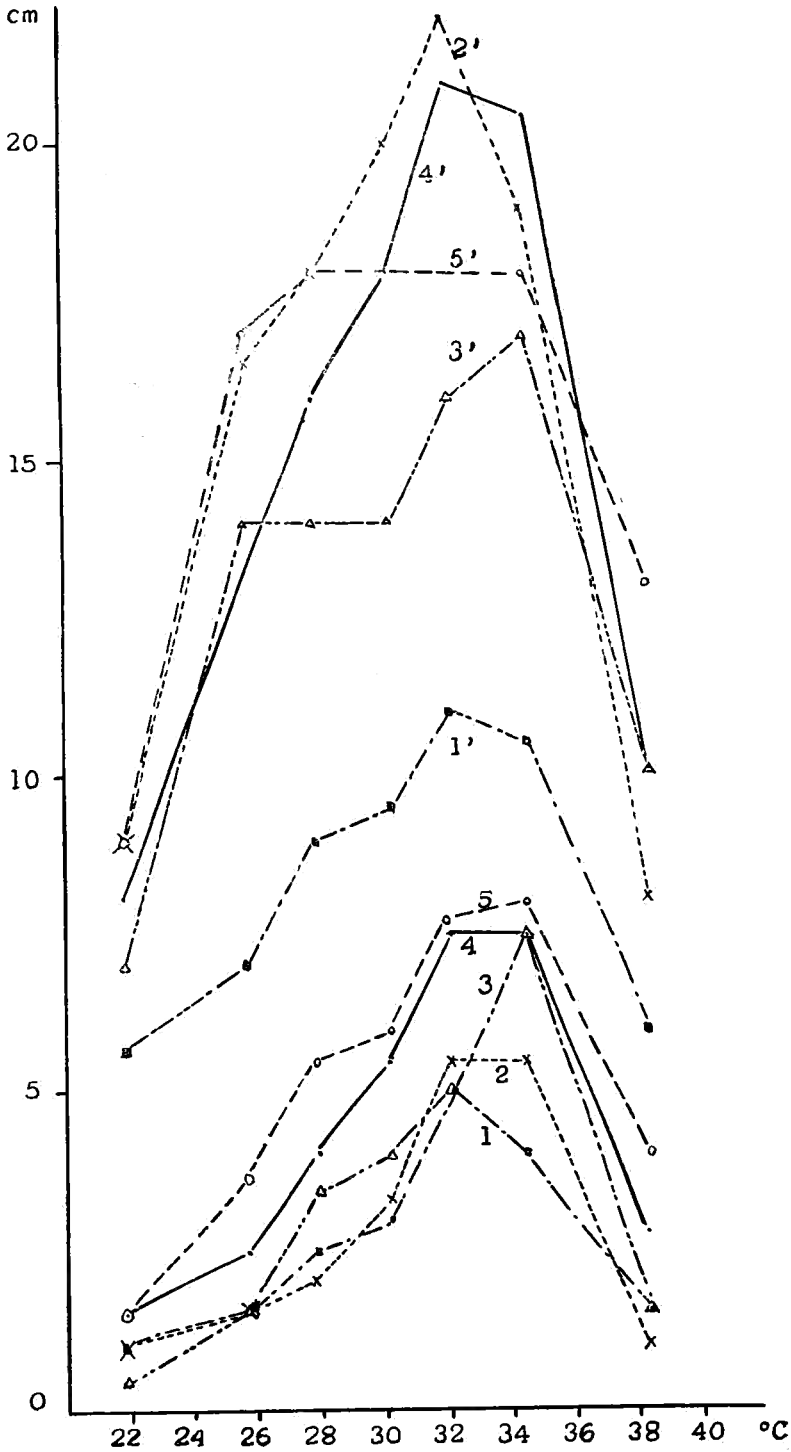


FIG. 13. — Élongation de l'hypocotyle en fonction de la température.

Bourdon : Légende des courbes

- G. arboreum*
 1 après 3 jours, 1' après 7 jours
 2 " " " 2' " " "
 3 " " " 3' " " "
 4 " " " 4' " " "
 5 " " " 5' " " "

- G. barbadense*
G. triple-hybride
G. hirsutum (Ston. 5)
G. hirsutum (B. 197)

Tableau XI. — Résultats des essais de germination relatifs au deuxième groupe d'espèces étudiées.

(+) Essai 9, (=) Essai 10.

Températures éprouvées	6°8 (+)	11°1 (+)	15°0 (=)	17°7 (=)	25°2 (=)	25°6 (+)	29°0 (=)	30°4 (+)	30°8 (=)	32°7 (=)	34°7 (=)	35°1 (+)	36°7 (=)	38°8 (=)	39°3 (+)	40°7 (=)	43°4 (+)	48°5 (+)	52°3 (+)	58°0 (+)
A. <i>G. anomalum</i>																				
(G _i)% en fin d'essai (12 jours)	—	—	0	30	80	0	80	0	90	90	90	4	90	100	0	70	0	0	0	0
(G _e)% en fin d'essai (12 jours)	—	—	0	0	80	(0)	80	(0)	90	90	80	(0)	30	20	(0)	0	(0)	(0)	(0)	(0)
(G _e)% (essai 10) après 4 jours	—	—	0	0	0	—	0	—	0	30	10	—	0	0	—	0	—	—	—	—
» 6 jours	—	—	0	0	50	—	70	—	90	30	30	—	10	0	—	0	—	—	—	—
» 8 jours	—	—	0	0	80	—	80	—	90	80	80	—	10	0	—	0	—	—	—	—
» 10 jours	—	—	0	0	80	—	80	—	90	90	80	—	20	0	—	0	—	—	—	—
en fin d'essai	—	—	0	0	80	—	80	—	90	90	80	—	30	20	—	0	—	—	—	—
B. <i>G. somalense</i>																				
(G _i)% en fin d'essai (12 jours)	—	—	0	0	20	—	60	—	50	20	20	4	20	50	—	10	—	—	—	—
(G _e)% (essai 10) après 4 jours	—	—	0	0	0	—	10	—	0	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	—
après 6 jours	—	—	0	0	10	—	30	—	10	0	0	—	0	10	—	0	—	—	—	—
» 8 jours	—	—	0	0	20	—	60	—	40	20	0	—	0	10	—	0	—	—	—	—
» 10 jours	—	—	0	0	20	—	60	—	50	20	0	—	0	10	—	0	—	—	—	—
en fin d'essai	—	—	0	0	20	—	60	—	50	20	0	—	0	10	—	0	—	—	—	—
C. <i>G. Davidsonii</i>																				
(G _i)% en fin d'essai (12 jours)	0	0	0	10	100	8	70	12	40	10	60	2	30	50	12	40	4	0	0	0
(G _e)% après 4 jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0
» 6 jours	0	0	0	0	90	0	70	0	40	10	60	0	20	50	0	0	0	0	0	0
» 8 jours	0	0	0	0	100	8	70	8	40	10	60	0	20	50	0	0	0	0	0	0
» 10 jours	0	0	0	0	100	8	70	12	40	10	60	0	20	50	0	0	0	0	0	0
en fin d'essai	0	0	0	0	100	8	70	12	40	10	60	0	20	50	0	0	0	0	0	0
D. <i>G. Sturtii</i>																				
(Essai 10)																				
(G _i)% en fin d'essai (12 jours)	—	—	0	0	40	—	40	—	50	10	40	—	10	10	—	0	—	—	—	—
(G _e)% après 4 jours	—	—	0	0	0	—	0	—	0	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	—
» 6 jours	—	—	0	0	0	—	20	—	20	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	—
» 8 jours	—	—	0	0	0	—	20	—	40	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	—
» 10 jours	—	—	0	0	0	—	30	—	40	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	—
en fin d'essai	—	—	0	0	0	—	40	—	40	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	—
E. <i>G. Stocksii</i>																				
(Essai 10)																				
(G _i)% en fin d'essai (12 jours)	—	—	0	20	30	—	50	—	80	20	50	—	30	40	—	0	—	—	—	—
(G _e)% après 4 jours	—	—	0	0	0	—	0	—	0	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	—
» 6 jours	—	—	0	0	0	—	10	—	30	10	30	—	20	0	—	0	—	—	—	—
» 8 jours	—	—	0	0	0	—	30	—	50	20	40	—	20	0	—	0	—	—	—	—
» 10 jours	—	—	0	0	0	—	50	—	70	20	40	—	30	0	—	0	—	—	—	—
en fin d'essai	—	—	0	0	0	—	50	—	70	20	40	—	30	0	—	0	—	—	—	—
F. <i>G. Thurberi</i>																				
(Essai 10)																				
(G _i)% en fin d'essai (12 jours)	—	—	0	30	80	—	90	—	100	80	80	—	100	90	—	80	—	—	—	—
(G _e)% après 4 jours	—	—	0	0	0	—	0	—	0	0	0	—	10	0	—	0	—	—	—	—
» 6 jours	—	—	0	0	80	—	80	—	80	10	50	—	90	20	—	0	—	—	—	—
» 8 jours	—	—	0	0	80	—	90	—	90	60	60	—	100	20	—	0	—	—	—	—
» 10 jours	—	—	0	0	80	—	90	—	90	70	60	—	100	30	—	0	—	—	—	—
en fin d'essai	—	—	0	10	80	—	90	—	90	70	60	—	100	30	—	0	—	—	—	—
G. <i>G. herbaceum</i>																				
(Essai 10)																				
(G _i)% en fin d'essai (14 jours)	—	—	0	10	100	—	70	—	60	10	10	—	40	0	—	0	—	—	—	—
(G _e)% après 4 jours	—	—	0	0	10	—	0	—	0	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	—
» 6 jours	—	—	0	0	100	—	60	—	60	10	0	—	30	0	—	0	—	—	—	—
» 8 jours	—	—	0	0	100	—	60	—	60	10	10	—	30	0	—	0	—	—	—	—
» 10 jours	—	—	0	0	100	—	70	—	60	10	10	—	30	0	—	0	—	—	—	—
en fin d'essai	—	—	0	10	100	—	70	—	60	10	10	—	40	0	—	0	—	—	—	—

2. Résumons ces données en les regroupant et les traduisant en quelques termes écologiques applicables à chacun de nos types de *Gossypium*.

— *G. hirsutum*. Les deux variétés comparées ne montrent guère de différences notables. Le seul point qui traduise un comportement assez dissemblable est la résistance des graines imbibées et mises en germination, aux basses températures du substrat. La variété B. 197 a manifesté, à cet égard, une capacité de résistance plus marquée. Nous n'oserions d'ailleurs insister beaucoup sur cet aspect des relations thermiques de nos variétés, puisque cette conclusion ne découle que d'une seule expérience. On se souviendra toutefois que LUDWIG (1932) a montré de nettes différences, parmi les diverses variétés culturales du type Upland, en ce qui concerne leur capacité de germer aux températures de 12 ou de 15°.

Dans l'ensemble, les caractéristiques globales de *G. hirsutum* témoignent que cette espèce se classe en premier lieu quant à sa mégathermie élevée (optima divers); elle manifeste encore une forte résistance aux hautes températures et une bonne adaptabilité aux basses températures. C'est donc une espèce à très forte plasticité thermique.

Ce cotonnier montre encore le « meilleur rendement énergétique » (ΣT°) — la valeur la plus faible pour la germination globale — et sa vitesse absolue de germination est la plus élevée.

— (*G. Thurberi* \times *arboreum*) \times *hirsutum* (triple-hybride) montre une mégathermie relativement moins marquée que l'espèce précédente; la résistance de ses graines imbibées aux hautes et basses températures est nettement moindre; la plasticité thermique de la germination est plus limitée. Les « sommes de températures » requises sont plus élevées; la germination est relativement moins rapide.

— *G. barbadense* se caractérise également par une mégathermie moins marquée que *G. hirsutum* ; la résistance de ses graines aux hautes températures est cependant semblable et certainement aussi bonne à l'égard des faibles températures. Dans l'ensemble, la plasticité thermique de la germination est également très forte. Les « sommes de température » nécessaires à la germination montrent une valeur intermédiaire entre celles qui caractérisent les deux types précédents. *La vitesse de germination* est nettement moindre que chez *G. hirsutum*.

— *G. arboreum* montre une mégathermie moins manifeste que *G. hirsutum* par son optimum thermique ; c'est, par contre, le cotonnier qui montre une germination efficace encore aux plus hautes températures : le maximum d'efficacité germinative se confond ici avec le maximum absolu. Inversement, sa résistance aux basses températures est relativement médiocre. Dans l'ensemble, la plasticité thermique de la germination, chez cette espèce, est à peine moindre ; « l'efficacité thermique » de la germination (ΣT^0) est sensiblement du même ordre que celle de *G. hirsutum* ; les phénomènes germinatifs sont toutefois les plus lents.

CHAPITRE III

Résultats relatifs à *G. anomalum*, *G. somalense*, *G. Davidsonii*, *G. Sturtii*, *G. Stocksii*, *G. Thurberi* et *G. herbaceum*.

§ 1. Protocoles expérimentaux.

Nous avons été amené à dissocier l'étude des espèces reprises sous l'intitulé de ce chapitre et des précédentes pour deux raisons. D'abord, nous ne disposons, malgré l'exceptionnelle abondance du matériel reçu, que de lots de semences assez limités, ne permettant pas l'organisation d'essais à échelle statistique satisfaisante, comme ce fut le cas pour les espèces ou hybride que nous avons déjà envisagés. C'est d'ailleurs la raison de l'inclusion, parmi ces « espèces sauvages » du *G. herbaceum* dont nous n'avons pu nous procurer des semences en quantité abondante que tardivement.

Ensuite, nous nous sommes rendu compte, et nous avons été prévenu du fait par le D^r WOUTERS lui-même, que nous avons affaire à des « graines dures » (à l'exception de celles du *G. herbaceum*) exigeant un traitement préalable comme l'ablation du tégument ou tout au moins son excision partielle. Cette exigence entraîne une manipulation fort délicate, et très assujettissante, — au demeurant fort longue si l'on désire expérimenter sur des lots de semences bien fournis —, car il faut veiller à ne provoquer aucune blessure à l'embryon lui-même.

Toutes nos graines sauvages ont donc été traitées

préalablement à l'acide sulfurique, puis incisées. Nonobstant ces traitements, les résultats germinatifs ne sont pas toujours très satisfaisants et demeurent irréguliers. Il en résulte donc que les données expérimentales et les commentaires qu'elles fondent, revêtent nécessairement un caractère provisoire ou orientatif.

Nous nous sommes préoccupé d'ailleurs d'améliorer les résultats germinatifs, en recherchant diverses techniques, parmi celles, entre autres, qui sont préconisées pour les semences « dures ». Divers essais à caractère méthodologique ont donc été réalisés à cet effet, en vue de comparer ces méthodes et d'en rechercher les modalités les plus favorables. Citons : le trempage préalable et plus ou moins prolongé dans l'acide sulfurique, le pré-trempage des graines dans l'eau à diverses températures et pendant des laps de temps variables, l'éclatement des téguments sur une plaque chauffante, l'usage de substances réputées favoriser la germination, comme certains acides organiques ou la thiurée... Ces divers essais en eux-mêmes, et les résultats partiels auxquels ils ont abouti, méritent vraisemblablement d'être complétés et relatés. Notre propos n'est toutefois pas d'encombrer le présent mémoire en y faisant place à un exposé en quelque sorte « latéral » et de nature plus technique que proprement expérimentale.

Aussi nous bornerons-nous ici à relater les données obtenues à l'issue des deux essais dont les protocoles figurent ci-après. Nous ne nous dissimulons aucunement le caractère très préliminaire de nos conclusions, fondées sur des résultats expérimentaux statistiquement insuffisants. Nous ne dégagerons donc que des *tendances* et le lecteur voudra bien nous corriger, si, emporté par notre souci d'exploiter et d'interpréter nos observations, nous négligeons parfois de souligner leur valeur purement *orientative*. Il nous a paru utile cependant de les exposer, puisque nous explorions un domaine pratique-

ment vierge et susceptible de fournir de nombreuses et utiles indications aux taxonomistes, génétistes et praticiens de la culture cotonnière.

a. *Essai N° 9 B* — Du 28.XI.1956 au 10.XII.1956.

Matériel : (1) *G. anomalum*

(2) *G. somalense*

(3) *G. Sturtii*

(4) *G. Stocksii*

(5) *G. Thurberi*

(6) *G. Davidsonii*

Traitements : 10 températures du substrat (voir essai 9 A, chapitre II).

Lot élémentaire : 50 graines.

(N. B. les espèces *G. anomalum* et *G. somalense*, n'ont été éprouvées qu'à 5 paliers thermiques seulement : 11°1 — 25°6 — 35°1 — 43°4 — 52°3).

Total des graines utilisées : 2.000

Toutes autres conditions comme dans l'*essai 9 A*.

b. *Essai N° 9 B. bis* — Du 8. XII. 1956 au 21.XII.1956.

Même protocole que l'*essai 9 A bis* (voir chapitre II), mais avec les espèces faisant l'objet de l'*essai 9 B*.

c. *Essai N° 10 B* — Du 10.1.1957 au 26.1.1957.

Matériel : (1) *G. anomalum*

(2) *G. somalense*

(3) *G. Sturtii*

(4) *G. Stocksii*

(5) *G. herbaceum* (variété « Surat »).

Traitements : 10 températures du substrat (voir essai 10 A, ch. II).

Lot élémentaire : 10 graines, chaque graine étant traitée préalablement et dûment vérifiée.

Total des graines utilisées : 700.

Toutes autres conditions comme dans l'*essai 10 A*.

§ 2. Présentation et commentaires des résultats.

Le *tableau XI* résume les résultats germinatifs et les valeurs moyennes obtenues pour ce second groupe d'espèces. Les données obtenues sont relativement peu nombreuses et sont donc affectées d'une certaine insécurité. C'est pourquoi nous nous bornerons à des commentaires prudents qu'il importe d'ailleurs de considérer comme préliminaires.

Dans la mesure du possible nous avons regroupé les résultats acquis, et par là, régularisé les courbes, en considérant :

- une zone thermique *efficace* entre les limites de laquelle des résultats positifs ont été obtenus ;
- une zone thermique *assez favorable*, limitée par l'éventail thermique où s'inscrivent les valeurs comprises entre 50 et 74 % du meilleur résultat germinatif ;
- une zone thermique *favorable*, avec des résultats allant de 75 à 84 % de la plus haute valeur germinative obtenue ;
- une zone thermique *très favorable*, avec des résultats germinatifs de 85 à 94 % du taux le plus élevé ;
- une zone thermique *optimum*, correspondant à 95 % et plus du meilleur résultat.

Cette façon de présenter nos données expérimentales offre l'inconvénient d'oblitérer les doubles optima qui pourraient se dessiner, mais ce défaut est de faible importance dans le cas présent, où nos buts sont purement indicatifs et ne visent pas à obtenir des courbes précises que ne permettraient pas le petit nombre de résultats germinatifs obtenus.

1. LES TEMPÉRATURES CARDINALES ET LES ZONES THERMIQUES.

a. *G. anomalum* (Tableau IX, A et fig. 14).

		Minimum	Optimum	Maximum
Levée	(G ₁)	17°7	30°8 – 32°7	40°7
Étalement des cotylédons	(G _g)	> 25°2	30°8 – 32°7	38°8
Rapidité de germination	(I _g) _g	> 25°2	30°8	38°8

Les résultats élevés enregistrés à 25°2 pour (G_g) et (I_g)_g montrent que le minimum est situé nettement plus bas, entre 17°7 et 25°2, et probablement, si l'on tient compte des chiffres relatifs à G_g, assez près de 18° (vraisemblablement entre 18° et 19°).

Par contre, la température de 38°8 est probablement très proche du maximum réel.

Si l'on considère la courbe obtenue en fin d'essai pour l'index de rapidité de germination (fig. 14) et le fait que le minimum est, selon toute vraisemblance, proche de 18°, l'optimum de 30°8 se trouve situé aux 6/10^e de l'échelle thermique ; il est donc en position *submédiane*.

En considérant l'évolution de ces courbes thermiques (I_g)_g, en fonction du temps, on reconnaîtra les diverses zones suivantes :

	Après 4 jours	Après 6 jours	Après 8 jours	Après 12 jours
Zone efficace	32°7-34°7	25°2-36°7	25°2-36°7	25°2-38°8
Zone assez favorable	—	25°2-34°7	25°2-34°7	25°2-34°7
Zone favorable	—	29°0-30°8	30°8-32°7	30°8-32°7
Zone optimum	32°7	30°8	30°8	30°8

On constate que l'optimum se déplace, au cours du temps, en reculant quelque peu vers les basses températures (de 32°7 à 30°8) ; en même temps, l'amplitude thermique totale se développe en gagnant à la fois vers les basses et les hautes températures.

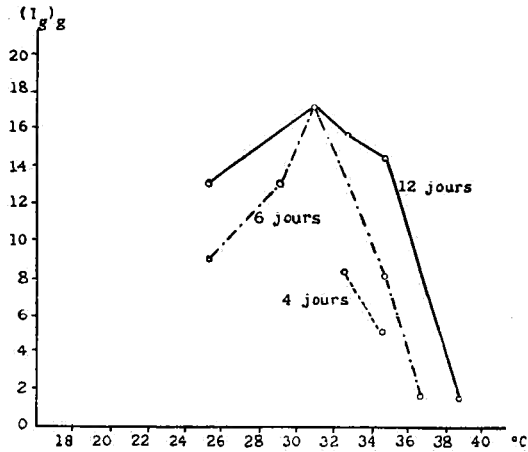


FIG. 14. — *G. anomalum*. — Courbes de rapidité de germination (I_g), après 4, 6 et 12 jours.

b. *G. somalense* (Tableau XI, B et fig. 15).

		Minimum	Optimum	Maximum
Levée	(G_i)	25°2	29°0	40°7
Étalement des cotylédons	(G_o)	25°2	29°0	38°8
Rapidité de germination	(I_g) _g	25°2	29°0	38°8

Les résultats acquis à 17°7 et à 25°2, pour tous les éléments considérés, indiquent que cette dernière température est vraisemblablement assez proche du minimum réel qui se situe probablement entre 22° et 24°. Le maximum de 38°8 est apparemment aussi très proche du maximum vrai.

La courbe obtenue en fin d'essai pour (I_g)_g (fig. 15) montre que l'optimum est nettement situé vers 29°0 (probablement vers 30°, plus exactement, si l'on tient compte en même temps du pourcentage de germination globale G_o) ; il se place (pour un minimum *conjecturé* vers 23°) entre les 3/10 et les 4/10 de l'échelle thermique en position nettement « ad-minimale ».

La définition des zones thermiques, en considérant la courbe de l'index de rapidité de germination, donne les résultats suivants :

	Après 4 jours	Après 6 jours	Après 8 jours	Après 12 jours
Zone efficace	29°0	25°2-38°8	25°2-38°8	25°2-38°8
Zone assez favorable	29°0	—	29°0-30°8	29°0-30°8
Zone optimum	29°0	29°0	29°0	29°0

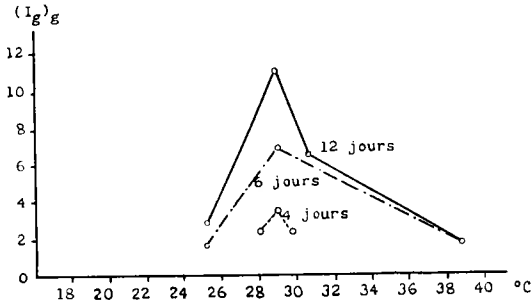


FIG. 15. — *G. somalense*. — Courbes de rapidité de germination (I_g)_g après 4, 6 et 12 jours.

L'optimum est nettement dessiné dès le début de la germination et s'accuse progressivement sans subir de déplacement au cours du temps. *L'étalement thermique se manifeste*, à la fois, vers les hautes et vers les basses températures.



FIG. 16. — *G. Davidsonii*. — Courbes de rapidité de germination (I_g)_g après 4, 6 et 12 jours.

c. *G. Davidsonii* (Tableau XI, C et fig. 16).

		Minimum	Optimum	Maximum
Levée	(G ₁)	17°7	25°2	43°4
Étalement des cotylédons	(G ₂)	> 25°2	25°2	< 38°8
Rapidité de germination	(I ₂) _g	> 25°2	25°2	< 38°8

Les résultats élevés obtenus à la température de 25°2, correspondant au minimum apparent en même temps qu'à l'optimum, en fin d'essai, montrent que le *minimum vrai* est certainement plus bas. Il est vraisemblablement compris entre 18 et 20°. De même, les valeurs enregistrées à 38°8 sont encore importantes et justifient de reculer quelque peu le maximum vrai. On constatera, d'autre part, que des levées ont été obtenues jusqu'à la température de 43°4, avec des taux notables à 40°7. Dès lors, on pourrait admettre à titre d'hypothèse valable en première approximation, un maximum absolu très proche de 40°.

En tout état de cause, l'optimum est *très nettement excentrique et situé vers les basses températures*. D'après la courbe de l'index de rapidité de germination, en prenant pour base un minimum probable de 19°0 et un maximum de 40°0, l'optimum se place entre les 3/10 et les 4/10 inférieurs de l'échelle thermique ; il est donc « ad-minimal ».

Les zones thermiques se situent comme suit, d'après les valeurs de (I₂)_g.

Zone efficace	32°7-36°7	25°2-38°8	25°2-38°8	25°2-38°8
Zone assez favorable	32°7-36°7	25°2-38°8	25°2-34°7	25°2-34°7
Zone favorable	—	25°2-34°7	25°2-29°0	25°2-29°0
Zone optimum	34°7	25°2	25°2	25°2

L'optimum se décale fortement au cours du temps et *glisse vers les basses températures* de 34°7 à 25°2. L'étalement se produit à la fois vers les hautes et les basses températures, mais surtout vers ces dernières.

d. *G. Sturtii* (Tableau XI, D et fig. 17).

Les résultats germinatifs ont été particulièrement médiocres avec cette espèce et ne permettent guère de conclusions, même hypothétiques.

Les données obtenues se présentent comme suit :

		Minimum	Optimum	Maximum
Levée	(G ₁)	25°2	30°8	38°8
Étalement des cotylédons	(G ₂)		29°0 – 30°8	
Rapidité de germination	(I ₂) _g		29°0 – 30°8	

Il semblerait, d'après ces données, que la courbe thermique soit particulièrement resserrée et comprise, pour la germination globale, entre 25°2 et 32°7. L'optimum placé vers la zone de 30° serait *submédian*. Une légère tendance se dessine en faveur de son *déplacement*, en cours de germination, vers les *températures plus élevées*. En corrélation avec la faible amplitude totale de la courbe, l'étalement thermique serait très faible en cours de germination.

On notera également la particulière lenteur de la germination.

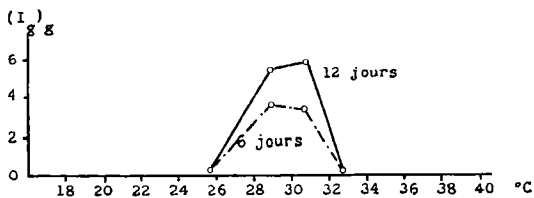


FIG. 17. — *G. Sturtii*. — Courbes de rapidité de germination (I₂)_g après 6 et 12 jours.

e. *G. Stocksii* (Tableau XI, E et fig. 18).

		Minimum	Optimum	Maximum
Levée	(G ₁)	17°7	30°8	38°8
Étalement des cotylédons	(G ₂)	> 29°0	30°8	< 36°7
Rapidité de germination	(I ₂) _g	> 29°0	30°8	< 36°7

Le minimum réel est certainement situé bien en dessous du minimum apparent ; la levée à 17° n'est pas négligeable et le pourcentage de germination globale, finalement enregistré à 29°, est de 50 %. Il en résulte que le *minimum vrai* doit être très près de 25° où nous obtenons 30 % de « levées ».

Le maximum enregistré à 36°7 avec 30 % de germination globale encore, nous permet de croire que le *maximum vrai* doit être quelque peu reculé encore, et qu'il est vraisemblablement proche de 38°. Il est donc probable que la *zone d'efficacité* réelle de la germination globale soit comprise entre 26°0 et 38°0. L'optimum se situe vers les 4/10 de la courbe, décalé vers les minima ; il est donc plutôt « *ad-minimal* ».

Les zones thermiques se situent comme suit, d'après les courbes de l'index de rapidité de germination :

	Après 6 jours	Après 8 jours	Après 12 jours
Zone efficace	29°0 – 36°7	29°0 – 36°7	29°0 – 36°7
Zone assez favorable	30°8 – 36°7	29°0 – 34°7	29°0 – 34°7
Zone optima	30°8 – 34°7	30°8	30°8

L'optimum se déplace nettement sur l'échelle thermique, en cours de germination, et se *rapproche de plus en plus* des *températures minimales*. Aucun *étalement thermique* ne s'est marqué au cours de la germination.

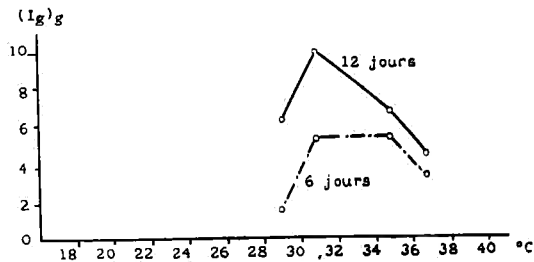


FIG. 18. — *G. Stocksii*. — Courbes de rapidité de germination (I_g), après 6 et 12 jours.

Cette espèce manifeste donc une *faible amplitude thermique* de germination et les phénomènes germinatifs eux-mêmes sont *lents*.

f. *G. Thurberi* (Tableau XI, F et fig. 19 et 20).

		Minimum	Optimum	Maximum
Levée	(G ₁)	17°7	30°8 – 36°7	40°7
Étalement des cotylédons	(G ₀)	17°7	36°7	38°8
Rapidité de germination	(I ₀) ₀	17°7	29°0 – 36°7	38°8

Le minimum obtenu est vraisemblablement très proche du minimum vrai ; le maximum réel est probablement un peu supérieur, vers 39°. Comme on le constate d'après les valeurs citées ci-dessus, l'optimum est assez indistinct, compris dans une bande thermique assez large, entre 29° et 36°7. Il s'étale entre les 5/10 et les 9/10 de l'échelle thermique, donc nettement décalé vers les hautes températures, en position «*ad-maximale*».

L'évolution des courbes de l'index (I₀)₀, en fonction du temps, permet de reconnaître les zones thermiques suivantes :

	Après 4 jours	Après 6 jours	Après 8 jours	Après 12 jours
Zone efficace	36°7	25°2 – 38°8	25°2 – 38°8	17°7 – 38°8
Zone optimum	36°7	29°0 – 36°7	29°0 – 36°7	29°0 – 36°7

L'optimum montre une *tendance à gagner vers les basses températures* en cours de germination ; l'amplitude thermique se développe en gagnant à la fois vers les hautes et les basses températures, mais considérablement plus vers ces dernières.

Il est curieux de mentionner que *G. Thurberi* est la seule espèce qui nous ait fourni une courbe indiquant un double optimum (du moins pour I₀). Nous reproduisons cette courbe à la fig. 20. Toutefois, eu égard au petit nombre de faits expérimentaux, et à l'absence de répétition, nous n'oserions appuyer sur cette constatation.

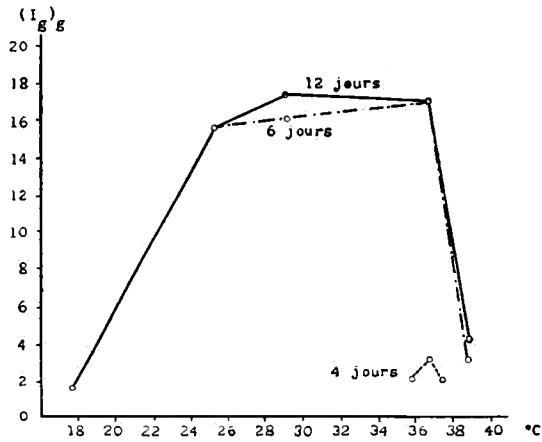


FIG. 19. — *G. Thurberi*. — Courbes de rapidité de germination $(I_g)_o$ après 4, 6 et 12 jours.

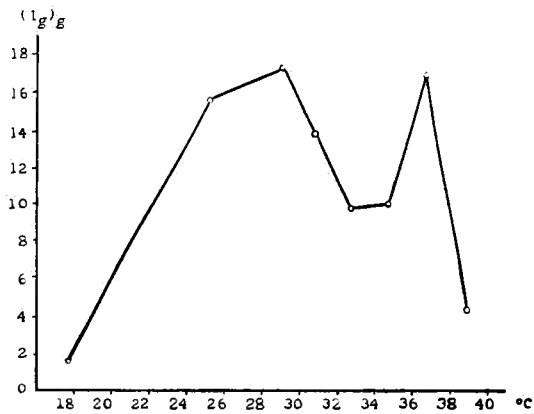


FIG. 20. — *G. Thurberi*. — Courbe détaillée des valeurs de l'Index $(I_g)_o$ après 12 jours.

g. *G. herbaceum* (Tableau XI, G et fig. 21).

		Minimum	Optimum	Maximum
Levée	(G_t)	17°7	25°2	36°7
Étalement des cotylédons	(G_o)	17°7	25°2	36°7
Rapidité de germination	$(I_o)_o$	17°7	25°2	36°7

Le minimum obtenu est certainement très proche et se confond pratiquement avec le minimum vrai ; le maximum enregistré à 36°7 donne encore des résultats germinatifs appréciables. Le maximum vrai est certainement un peu plus élevé, probablement vers 38°. L'optimum, à 25°2, se trouve entre les 3/10 et les 4/10 de l'échelle thermique, donc, en position décalée vers les basses températures : « *ad-minimale* ».

La variation des deux principales zones thermiques, au cours du temps, et d'après l'index $(I_g)_g$, se présente comme suit :

	Après 4 jours	Après 6 jours	Après 8 jours	Après 14 jours
Zone efficace	25°2	25°2 – 36°7	25°2 – 36°7	17°7 – 36°7
Zone optimum	25°2	25°2	25°2	25°2

L'optimum se dessine dès le début de la germination et maintient sa position : il est donc *fixe*. L'étalement thermique s'effectue surtout vers les hautes températures, et, tardivement et dans une mesure moindre, vers les basses températures.

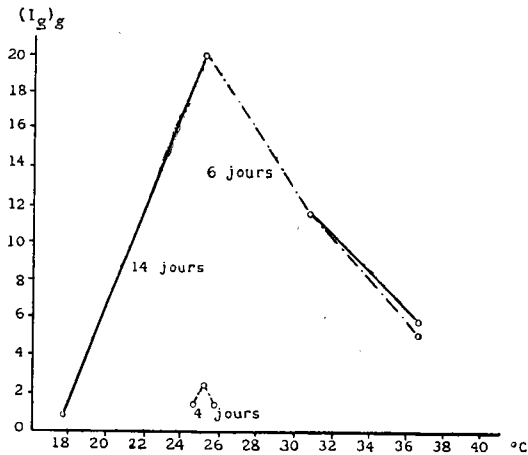


FIG. 21. — *G. herbaceum*. — Courbes de rapidité de germination $(I_g)_g$ après 4, 6 et 14 jours.

2. VITESSE ET « EFFICIENCE » GERMINATIVES.

Nous nous bornerons à considérer deux éléments : le temps nécessaire pour atteindre un pourcentage donné de germination et les « sommes de température » requises à cet effet.

a) Nous donnons ci-dessous, dans l'ordre, le nombre moyen de jours ou fractions de jours nécessaires pour obtenir, dans la zone thermique optimum du moment, des taux de germination globale (G_g) de 40 % (en vue de classer toutes les espèces) et de 50 %, valeur généralement utilisée pour une appréciation de la « vitesse » de germination

	G_g : 40 %	G_g : 50 %
1. <i>G. herbaceum</i>	4,6	4,8
2. <i>G. anomalum</i>	4,7	5,0
3. <i>G. Thurberi</i>	4,7	5,0
4. <i>G. Davidsonii</i>	4,8	5,1
5. <i>G. somalense</i>	6,7	7,3
6. <i>G. Stocksii</i>	7,0	8,0
7. <i>G. Sturtii</i>	8,0	—

A titre de comparaison, rappelons ci-après les chiffres correspondants pour les « espèces » du 1^{er} groupe :

1 a. <i>G. hirsutum</i>	4,4	4,9
2 a. <i>G. arboreum</i>	4,7	5,4
3 a. <i>G. barbadense</i>	5,3	5,5
4 a. <i>G. triple-hybride</i>	4,9	5,4

On voit donc apparaître deux groupes d'espèces : *rapides* (1, 2, 3, 4, 1a, 2a, 3a, 4a) et *lentes* (5, 6, 7).

b) Les « sommes de température » nécessaires pour atteindre ces pourcentages de 40 et 50 G_g sont les suivantes, dans l'ordre croissant :

1. <i>G. herbaceum</i>	116	120
2. <i>G. Davidsonii</i>	121	129
3. <i>G. anomalum</i>	145	154
4. <i>G. Thurberi</i>	173	184

5. <i>G. somalense</i>	194	212
6. <i>G. Stocksii</i>	216	246
7. <i>G. Sturtii</i>	246	—

Et les « espèces » du 1^{er} groupe, à leur tour :

1 a. <i>G. hirsutum</i>	125	140
2 a. <i>G. arboreum</i>	130	145
3 a. <i>G. barbadense</i>	145	155
4 a. <i>G. triple-hybride</i>	150	170

Le classement se présente ici à peu près dans le même ordre que le précédent. On reconnaîtra, — assez arbitrairement d'ailleurs, — une classe de types à germination « très efficiente » au point de vue thermique (1, 2, 1a) ; une classe à « efficience » intermédiaire (3, 2a, 3a, 4a) et une classe à « efficience » relativement médiocre (4, 5, 6, 7).

§ 3. Zones thermiques d'inhibition et de léthalité.

L'essai 9bis, dont nous avons déjà rapporté les résultats au chapitre précédent, comportait aussi des lots de graines des espèces du second groupe (sauf *G. herbaceum*).

Le tableau XII résume les résultats obtenus, après 10 jours en chambres à températures diverses et 13 jours, en serre, à la température de 24°9.

Deux constatations se dégagent : d'abord une certaine résistance des graines imbibées de *G. Sturtii* et *G. Davidsonii* aux basses températures, et d'autre part, l'extraordinaire résistance des semences de *G. Thurberi* aux températures élevées. Un lot appréciable de graines de cette espèce sont non seulement capables de « lever », mais encore de poursuivre la germination jusqu'à obtention de plantules normales à cotylédons épanouis après avoir subi une exposition prolongée à 48°5. Pour une température subie de 52°3 on enregistre encore des levées.

On se souviendra, pour apprécier la portée réelle de ces résultats, du taux très faible de la germination de ces espèces « sauvages », même aux températures normales.

Tableau XII. — Résultats germinatifs après 10 jours d'exposition à des températures apparemment inhibitrices.

Espèces	Températures réalisées dans les chambres à température constante, avant exposition à 24°				
	6°8	11°1	48°5	52°3	58°0
<i>G. anomalum</i> (G _e)%	0	2	0	0	0
(G _g)%	0	0	0	0	0
<i>G. somalense</i> (G _e)%	0	2	0	0	0
(G _g)%	0	0	0	0	0
<i>G. Sturtii</i> (G _e)%	4	2	0	0	0
(G _g)%	2	2	0	0	0
<i>G. Stocksii</i> (G _e)%	0	0	0	0	0
(G _g)%	0	0	0	0	0
<i>G. Thurberi</i> (G _e)%	0	0	14	4	0
(G _g)%	0	0	6	0	0
<i>G. Davidsonii</i> (G _e)%	4	0	0	0	0
(G _g)%	4	0	0	0	0

Mentionnons aussi que la régulation thermique ayant été moins efficace dans les chambres à hautes températures, la variation a été de $\pm 4^{\circ}$ pour la température moyenne de 48°5, et de $\pm 3^{\circ}4$ pour la température de 52°3 ; ceci revient donc à dire que des graines de *G. Thurberi* se sont révélées capables de résister et même de germer, partiellement au moins, malgré des températures atteintes temporairement de 52°5 à 55°7.

La Fig. 22 dessinée de la même manière que la Fig. 10 résume graphiquement les résultats obtenus.

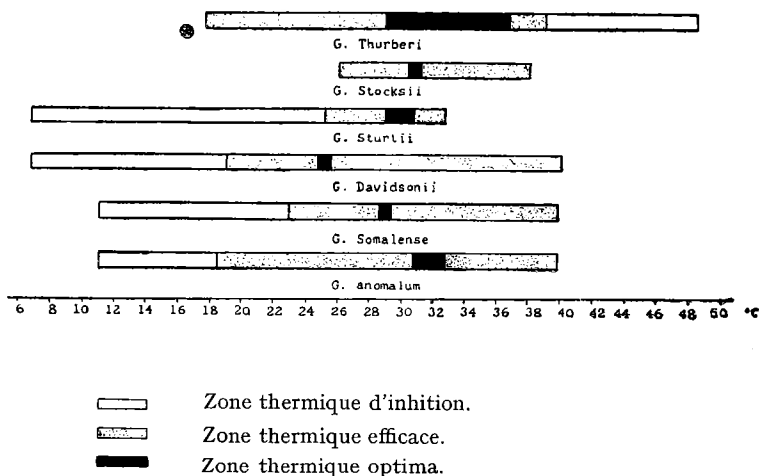


FIG. 22. — Éventail des zones thermiques d'efficacité et d'inhibition germinatives pour *G.*

§ 4. Comparaison des résultats spécifiques.

1. — Nous regrouperons d'abord, dans le *tableau XIII*, les résultats les plus saillants détaillés dans les paragraphes qui précèdent.

2. — Le *tableau XIV* résume ces diverses caractéristiques, les propriétés écologiques de nos espèces au point de vue germinatif étant globalement appréciées par quelques qualificatifs.

Tableau XIII. — Résumé des caractéristiques

Caractéristiques		
	<i>G. anomalum</i>	<i>G. somalense</i>
1. Températures cardinales de la courbe (I_g) _g	18°-19°-30°8-38°8	22°0-24°0-29°0-38°8
2. Amplitude thermique de la courbe (I_g) _g	20°3	15°8
3. Position de l'optimum sur l'éventail thermique (des minima vers les maxima)	6 / 10	3 / 10-4 / 10
4. Variation de l'optimum durant la marche de la germination	léger déplacement vers les minima	fixe
5. Ouverture de l'éventail thermique au cours de la germination	bilatéral	bilatéral
6. Zones thermiques <i>d'inhibition</i> de la germination (pour G_g)		
a) vers les basses températures	11°1-18°0	11°1-22°0
b) vers les hautes températures	—	—
c) amplitude totale des zones d'inhibition et d'efficacité	27°7	27°7
7. « Sommes de température » nécessaires pour atteindre 50% de germination (G_g)(jours × température moyenne)	154	212
8. Nombre de jours nécessaires, à la température optimum, pour atteindre 50% de germination globale (G_g)	5,0	7,3

Tableau XIV. — Quelques caractères écologiques des espèces

Caractères		
	<i>G. anomalum</i>	<i>G. somalense</i>
1. Mégathermie	élevée	moyenne à élevée
2. Adaptation et résistance aux hautes températures	élevée	élevée
3. Adaptation et résistance aux basses températures	bonne	bonne
4. Plasticité thermique	élevée	élevée à moyenne
5. « Efficience thermique »	moyenne	<i>médiocre</i>
6. Vitesse de la germination	rapide	<i>lente</i>

thermiques de la germination.

Espèces				
<i>G. Davidsonii</i>	<i>G. Sturtii</i>	<i>G. Stocksii</i>	<i>G. Thurberi</i>	<i>G. herbaceum</i>
18°0-20°0-25°2-40°0	25°2-29°0-30°8-32°7	26°0-30°8-38°0	17°7-29°0-36°7-39°0	17°7-25°2-38°0
21°0	7°5	12°0	21°3	20°3
3/10-4/10	submédiane	4/10	5/10-9/10	3/10-4/10
déplacement vers les minima	léger déplacement vers les maxima	déplacement vers les minima	déplacement vers les minima	fixe
bilatéral, mais surtout vers les minima	—	—	bilatéral, mais surtout vers les minima	bilatéral, surtout vers les minima
6°8-18°0	6°8-25°2	—	—	—
—	—	—	39°0-48°5	—
33°2	25°9	12°0	30°8	—
129	—	246	184	120
5,1	—	8,0	5,0	4,8

quant aux propriétés thermiques de la germination.

Espèces				
<i>G. Davidsonii</i>	<i>G. Sturtii</i>	<i>G. Stocksii</i>	<i>G. Thurberi</i>	<i>G. herbaceum</i>
<i>faible</i>	moyenne	moyenne à élevée	<i>très élevée</i>	<i>faible</i>
<i>élevée</i>	<i>faible</i>	moyenne	<i>exceptionnelle</i>	—
<i>très bonne</i>	<i>très bonne</i>	<i>faible</i>	moyenne	—
<i>très élevée</i>	faible	<i>très faible</i>	<i>élevée</i>	faible
<i>élevée</i>	<i>médiocre</i>	<i>médiocre</i>	<i>médiocre</i>	<i>élevée</i>
rapide	<i>lente</i>	<i>lente</i>	rapide	rapide

CHAPITRE IV

Synthèse et conclusions.

§ 1. Les courbes thermiques.

L'allure des courbes thermiques tracées selon divers critères germinatifs dans les chapitres qui précèdent, découle essentiellement des positions relatives du minimum et du maximum, d'une part, de l'optimum, plus ou moins bien accusé, d'autre part. Dans le but de comparer, à cet égard, les diverses espèces et hybride étudiés, nous avons reproduit, à la *fig. 23*, les courbes du pourcentage de germination globale (Gg) % telles qu'obtenues à la fin des essais.

Les minima et maxima *absolus* indiqués sur ces graphiques sont conjecturés ; l'écart avec les valeurs vraies est faible pour les espèces qui ont fait l'objet des nombreux essais et répétitions ; il peut être de l'ordre de plusieurs degrés pour les autres. En fait, la position exacte des points cardinaux de la germination, comme on le sait, est variable et peut se modifier, pour un même type de plante, selon des conditions intrinsèques (âge et modalités de conservation des graines ...) ou extrinsèques (interaction des facteurs mésologiques, durée de l'observation ...) (voir, à ce sujet, WENT, 1953 ; TOOLE et al., 1956). Il en résulte, par conséquent, que l'erreur éventuellement commise n'est pas de nature à oblitérer les conclusions surtout d'ordre comparatif que nous prétendons tirer de cet examen.

1. — On remarquera, en premier lieu, que les courbes reproduites se partagent assez aisément en 3 catégories, selon la position relative de l'optimum.

a) Dans un premier groupe (*G. arboreum*, *G. herba-ceum*, *G. Davidsonii*, *G. somalense* et *G. Stocksii*), l'optimum est nettement décalé vers les températures minima et occupe une position qui, sur l'axe des températures, varie entre les 3/10 et les 4/10 de l'échelle, en partant du minimum. C'est cette position que nous avons dénommée « ad-minimale » dans nos commentaires antérieurs. On notera, en même temps, que cette constatation, basée ici sur le seul examen des courbes finales G_g , confirme, à très peu de différences près, celles que nous avons dégagées d'autres expressions numériques ou graphiques, comme de l'index de rapidité de germination $(I_g)_g$ entre autres.

L'allure générale de l'aire « germination : température » tend donc vers la forme d'un triangle scalène, dont le plus grand côté, adjacent à la base, réunit le sommet-optimum à l'extrémité-maximum.

b) Un deuxième groupe (*G. Sturtii*, *G. triple-hybride*, *G. barbadense* et *G. anomalum*) réunit les espèces dont la courbe de germination montre un optimum en position « médiane ou sub-médiane » par rapport à l'échelle thermique de l'abscisse. Cet optimum occupe une position qui va des 54 aux 60/100^{èmes} à partir du minimum. L'allure générale tend donc ici vers un triangle isocèle et se rapproche le mieux d'une courbe « en cloche » typique.

c) Le troisième groupe comprend *G. hirsutum* (courbe moyenne correspondant aux deux variétés étudiées dessinant isolément des figures fort semblables d'ailleurs) et *G. Thurberi*. L'optimum est ici nettement décalé vers les températures maxima ; il occupe une position « ad-maximale », entre les 76 et 83/100^{èmes} de l'axe

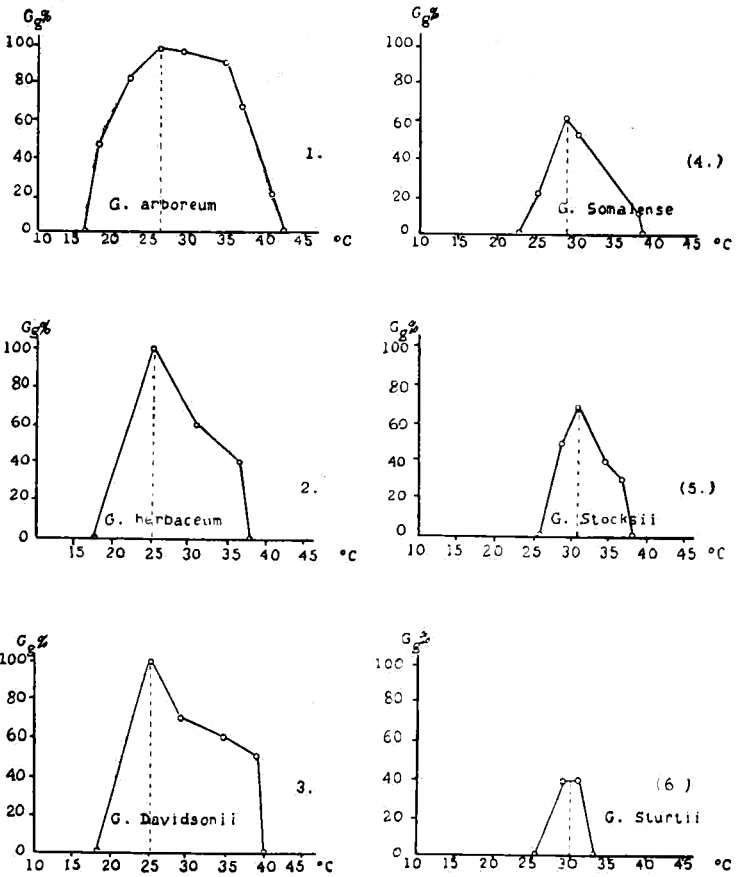


FIG. 23 a. — Courbes finales de pourcentage de germination ($G_g\%$), en fonction de la température, pour les divers types de *Gossypium* L., étudiés.

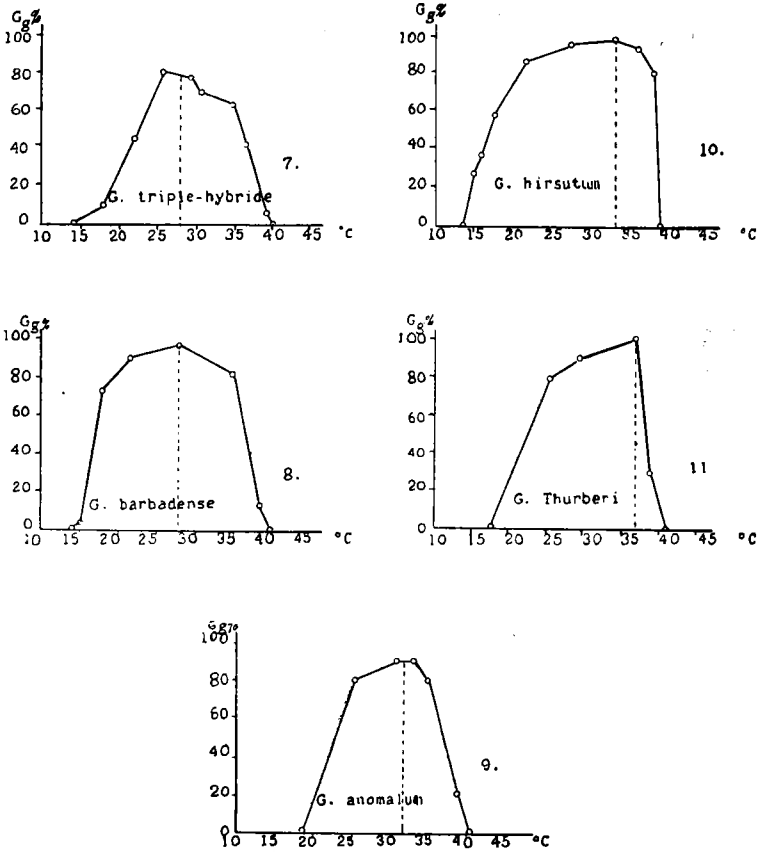


FIG. 23b. — Courbes finales de pourcentage de germination ($G_g\%$), en fonction de la température, pour les divers types de *Gossypium* L. étudiés.

thermique. L'image idéalisée de l'aire « germination : température » tend vers un triangle scalène dont le plus grand côté réunirait le sommet-optimum à l'extrémité-minimum.

2. — *a)* Parmi les espèces du premier groupe, les trois premières (*G. arboreum*, *G. herbaceum* et *G. Davidsonii*) manifestent un optimum compris entre 25° et 26°, les plus bas constatés parmi toutes les espèces étudiées. Les deux autres espèces (*G. somalense* et *G. Stocksii*) pour lesquelles les résultats germinatifs sont à la fois faibles et peu sûrs, montrent un optimum respectif vers 29° et 31°.

b) Les trois premières espèces du deuxième groupe (*G. Sturtii*, *G. triple-hybride* et *G. barbadense*) présentent un optimum compris entre 26° (— 27°) et 30° : *G. Anomalum* montre un optimum un peu plus élevé, vers 31°5. On remarquera, d'ailleurs, que cette espèce se rapproche déjà quelque peu de celles du 3^e groupe, et qu'elle est, en quelque sorte, intermédiaire.

c) Les deux espèces du 3^e groupe (*G. hirsutum* et *G. Thurberi*) se caractérisent, à leur tour, par un optimum thermique, respectivement vers (32°5 —) 33°5 (— 35°) et 36°5, c'est-à-dire les valeurs les plus élevées que nous ayons reconnues pour tous les *Gossypium* étudiés.

3. — La conclusion se dégage, par conséquent, qu'en première approximation au moins, les optima les plus faibles, en valeur absolue, sont liés à la forme de la courbe thermique caractéristique du 1^{er} groupe et les optima les plus élevés sont associés aux courbes thermiques de l'allure propre aux espèces du 3^e groupe.

Voici, d'ailleurs, les données qui résultent, d'une manière plus précise de l'analyse des graphiques de la *Fig. 23*.

Groupe I	—	température optima :	25°	—	26°	—	(30°5)
Groupe II		»	»	(26°)	—	28°	— 30. — (31°5)
Groupe III		»	»	32°5	—	36°5	

§ 2. Modifications des courbes thermiques dans le temps.

Les commentaires émis dans le paragraphe précédent reposent sur l'examen des courbes *finales*, obtenues à l'issue des essais de germination. Or, nous avons souligné déjà, dans les chapitres qui précèdent, que ces courbes, tracées au jour le jour après l'obtention des premiers résultats germinatifs, subissent des modifications parfois très appréciables. Si l'on observe une étape morphologique précise de la germination — et dans le cas présent nous nous intéressons au stade final : germination complète ou étalement des cotylédons (les conclusions sont d'ailleurs semblables si l'on examine la « levée » ou sortie de la graine du substrat, par exemple), les transformations progressives des courbes enregistrées portent surtout sur deux points :

- le déplacement possible de l'optimum sur l'axe thermique,
- l'amplitude éventuellement croissante de la zone thermique où des résultats positifs sont obtenus.

1. — L'examen des figures déjà produites plus avant, touchant les courbes de germination globale ou d'index de rapidité de germination, à des moments successifs en cours d'essai, montre que l'optimum thermique peut se dessiner d'une manière très apparente dès le début, pour se maintenir sensiblement à la même température jusqu'au bout ou, au contraire, se déplacer plus ou moins nettement et progressivement le long de l'échelle thermique.

Nos espèces se partagent, à ce point de vue, en deux catégories :

a) Dans un premier groupe, l'optimum thermique apparaît dès le début : les premiers résultats positifs sont enregistrés avec le maximum de fréquence, à la température (ou dans la zone de température) qui correspond à l'optimum définitif.

A ce groupe, que l'on peut dénommer « à optimum fixe », appartiennent les espèces suivantes :

- G. barbadense* (fig. 5)
- G. arboreum* (fig. 7)
- G. somalense* (fig. 15)
- G. herbaceum* (fig. 21)
- G. hirsutum* (fig. 1 et 3)

Cette dernière espèce (var. Ston. 5 au moins) manifeste cependant un début de déplacement thermique de la zone optimum qui recule quelque peu, mais dans une très faible mesure, vers des températures plus faibles, au cours du temps. On pourrait donc qualifier plus exactement l'optimum en l'indiquant, dans ce cas, comme « subfixe ».

b) Un deuxième groupe se caractérise par un *déplacement progressif* de l'optimum thermique, dont la valeur moyenne va en diminuant ; au cours du temps, l'optimum se déplace sur l'échelle thermique et gagne vers les basses températures. Ce déplacement est d'ailleurs variable et se manifeste, soit par un recul réel de l'optimum plus ou moins précis, soit par une extension plus ou moins accusée de la zone thermique où les meilleurs résultats sont enregistrés. Les espèces ci-après appartiennent à cette classe et sont énumérées dans l'ordre de l'importance moyenne du décalage thermique de l'optimum vers les températures minima :

<i>G. anomalum</i> (fig. 14)	décalage de l'optimum du 4 ^{me} (ou du 6 ^{me}) jour		
	à la fin de l'essai :		2°0
<i>G. Stocksii</i> (fig. 18)	»	»	3°5

<i>G. Thurberi</i> (fig. 19)	décalage de l'optimum du 4 ^{me} (ou du 6 ^{me}) jour		
	à la fin de l'essai :		7°7
<i>G. triple-hybride</i> (fig. 9)	»	»	8°3
<i>G. Davidsonii</i> (fig. 16)	»	»	9°5

c) Le *G. Sturtii* (fig. 17) semblerait appartenir à un 3^e groupe, caractérisé par un déplacement de l'optimum thermique, au cours du temps, vers les *hautes températures* (1°8 du 6^e au 12^e jour). Il serait toutefois très hasardeux d'insister sur cette constatation, vu les résultats germinatifs très médiocres et le peu de graines utilisées pour cette espèce.

2. — Un deuxième élément de la modification des courbes thermiques au cours du temps est relatif à l'amplitude, parfois très large dès le début, des températures où apparaissent des résultats germinatifs et à son extension éventuelle dans la suite.

A cet égard, nos espèces se classent en deux catégories :

a) Dans un premier groupe, des germinations complètes sont enregistrées dès le début jusque dans la zone thermique maximale ou submaximale ; des résultats ultérieurs s'observent dans une gamme de températures qui va progressivement en s'étendant vers les minima. Le déplacement de la zone d'efficacité thermique est, en quelque sorte « unilatéral » vers les basses températures. Les fig. 1 et 3 relatives au *G. hirsutum* illustrent bien ce comportement, où l'on voit, tant pour les critères (G_o) que (I_o), l'aire « germination : température » s'étendre régulièrement, au fil des jours, en empiétant davantage vers les basses températures. Le maximum, par contre, est nettement dessiné et demeure stable jusqu'à la fin.

G. hirsutum et *G. triple-hybride* appartiennent à cette catégorie.

b) Dans un second groupe, l'amplitude thermique de l'efficacité germinative progresse au cours du temps, en gagnant à la fois vers les hautes et les basses tempéra-

tures. Comme on peut le voir dans les *fig. 4* et *7*, par exemple, les germinations effectives apparaissent dès le début dans la zone thermique optimale et suboptimale, puis s'enregistrent par la suite dans des paliers de température qui progressent simultanément vers les minima et les maxima finals. Nous distinguerons ici deux sous-groupes, selon que le déplacement se fait surtout vers les basses températures ou que le déplacement est plus ample vers les hautes températures.

c) Les espèces appartenant au premier sous-groupe sont énumérées ci-après, dans l'ordre où le déplacement des extrémités de la courbe d'efficacité thermique empiète surtout sur les *basses températures* :

<i>G. Thurberi</i>	Rapport du déplacement thermique vers les hautes températures, au déplacement thermique vers les basses températures :			9,0
<i>G. Davidsonii</i>	»	»	»	3,6
<i>G. barbadense</i>	»	»	»	2,3
<i>G. anomalum</i>	»	»	»	1,8
<i>G. arboreum</i>	»	»	»	1,4

d) Dans le second sous-groupe, c'est l'inverse qui se produit et le gain total de la zone d'efficacité thermique de la germination globale se fait surtout en gagnant vers les *hautes températures*. Les espèces suivantes se classent ici :

<i>G. herbaceum</i>	Rapport hautes températures : basses températures :			0,7
<i>G. somalense</i>	»	»	»	0,4

e) Enfin, signalons encore les deux cas relatifs à *G. Sturtii* et *G. Stocksii* où la zone d'efficacité thermique ne subit aucune extension entre le 6^e et le 12^e jour (ni en fin d'essai, après 16 jours). Dès le début, des germinations sont enregistrées dans toute la gamme de températures qui dessinera, en fin de compte, le minimum et le maximum. Comme déjà indiqué plus haut, nous n'oserions cependant, sur le seul examen des résultats

assez incertains relatifs à ces deux espèces, fonder une catégorie distincte.

§ 3. Changements des relations thermiques selon les diverses phases de la germination.

Il est bien connu que les températures cardinales d'une fonction envisagée dans son ensemble, peuvent être, en fait, différentes d'un stade à l'autre, lorsque l'on analyse les diverses étapes de ladite fonction. Tel est bien le cas pour la germination et, en ce qui concerne les cotonniers eux-mêmes, ARNDT (1945) a montré pour *G. hirsutum* (variété du type Upland) que les optima étaient quelque peu différents pour la croissance racinaire, l'élongation de l'hypocotyle ou la rapidité d'émergence des cotylédons.

Les fig. 2, 4, 6 et 8, déjà commentées plus haut, indiquent elles-mêmes des modifications de ce genre.

Les changements susceptibles de se produire d'un stade germinatif à un autre peuvent notamment se manifester par une modification de l'optimum, ou par un resserrement ou un étalement de l'amplitude thermique, c'est-à-dire un déplacement des minima et maxima. Nous avons comparé nos résultats germinatifs sous ces deux aspects, en tenant compte, d'une part, du stade « sortie de terre » ou « levée » de la graine germinante (G_e) et, d'autre part, du stade final correspondant à l'étalement des cotylédons et à la formation d'une plantule capable de se suffire à elle-même (G_o).

Il nous était difficile de comparer d'autres manifestations, plus initiales, de la germination, comme la sortie de la radicule, par exemple, puisque nos graines étaient régulièrement enfouies à profondeur normale dans le substrat. Pour la seule espèce *G. hirsutum*, nous avons procédé à des dénombrements de sorties radiculaires. Les températures cardinales étaient approximativement

les mêmes, dans ce cas, pour la sortie de la radicule (G_r) et pour la levée (G_e) (voir *tableaux I et II*).

Afin de suivre de près l'importance et le sens de ces variations, nous avons tenu compte des valeurs moyennes des *zones optima*, telles que définies précédemment.

1. — Nous envisagerons d'abord la position de l'optimum thermique moyen, de l'étape « levée » (G_e) à l'étape « germination globale » (G_g). Nos espèces se partagent, à ce point de vue, en deux groupes.

a) Dans un premier groupe, l'optimum thermique moyen est plus bas pour G_g que pour G_e ; il se rapproche davantage, et dans une mesure d'ailleurs variable, des basses températures. Le besoin thermique à l'égard du *substrat* est donc moindre pour l'achèvement de la germination que pour les premières étapes germinatives ⁽¹⁾. Les espèces suivantes se classent ici :

<i>G. arboreum</i>	diminution moyenne de la température de l'optimum de G_i à G_g :	4°6
<i>G. barbadense</i>	»	4°3
<i>G. triple-hybride</i>	»	3°2
<i>G. hirsutum</i>	»	2°0
<i>G. anomalum</i>	»	0°9
<i>G. Sturtii</i>	»	0°9
<i>G. Thurberi</i>	»	0°9

Le recul de l'optimum enregistré pour *G. hirsutum* se compare bien avec les résultats indiqués par ARNDT (1945) qui cite une température optimum de 33°-36° pour la sortie radiculaire, et de 27°-30° pour la rapidité d'émergence des cotylédons, de 30° pour le gain en poids frais au 7^e jour, etc.

On voit donc ici une confirmation du recul de l'optimum thermique depuis les phases initiales jusqu'aux stades finals de la germination.

⁽¹⁾ Rappelons, à ce propos, que la température *de l'air*, dans les chambres à température constante, est, en moyenne, de 2° à 3° plus élevée que celle du substrat.

Les modifications enregistrées pour les trois dernières espèces sont très faibles. Ces résultats assurent pratiquement la transition avec ceux du second groupe spécifique.

b) Le second groupe comprend les espèces dont l'optimum thermique est pratiquement identique pour la levée et pour l'étalement cotylédonaire :

G. somalense
G. Davidsonii
G. Stocksii
G. herbaceum

2. — Touchant la variation de l'amplitude des températures efficaces pour la réalisation des deux étapes germinatives comparées, nous établissons les trois groupes suivants :

a) *Aucune modification* de l'amplitude thermique : minima et maxima sont donc les mêmes pour les deux stades de la germination.

Se classent dans ce premier groupe :

G. arboreum
G. herbaceum

b) L'amplitude thermique se modifie d'une phase à l'autre, mais *aux dépens seulement des hautes températures* ; en d'autres termes, les minima sont les mêmes, *seuls les maxima sont plus bas* pour G_e que pour G_o .

Se classent dans ce deuxième groupe, les espèces suivantes :

<i>G. Thurberi</i>	déplacement du maximum de G_o à G_e :	1°7
<i>G. somalense</i>	» » » »	: 1°9
<i>G. hirsutum</i>	» » » »	: 4°1
<i>G. barbadense</i>	» » » »	: 5°6

c) Le troisième groupe comprend, enfin, les espèces dont l'amplitude thermique se resserre du premier au second stade germinatif, à la fois vers les hautes et les basses températures. *Les maxima s'abaissent et les minima augmentent.*

Dans un premier sous-groupe, formant transition avec le groupe précédent, le décalage est le plus important pour les hautes températures.

<i>G. Davidsonii</i>	rapport entre les reculs dans les zones des hautes et des basses températures :	2,6
<i>G. anomalum</i>	»	2,4

Dans le second sous-groupe, le recul total affecte surtout les basses températures

<i>G. triple-hybride</i>	»	0,5
<i>G. Stocksii</i>	»	0,1

§ 4. Adaptation et résistance aux températures extrêmes — Plasticité thermique.

Ces divers points ont été commentés antérieurement. Il nous suffira de reprendre ici les données essentielles, en classant nos espèces selon les caractéristiques reconnues à cet égard.

1. — Nous considérerons, d'abord, *les points cardinaux de la courbe thermique*, pour la germination globale (G_g).

a) Au point de vue des *maxima*, nos espèces se classent dans l'ordre suivant, des valeurs les plus élevées aux plus faibles :

1. <i>G. arboreum</i>	(42°0)
2. <i>G. Thurberi</i>	(41°0)
3. <i>G. anomalum</i>	(40°5)
4. <i>G. triple-hybride</i>	(40°0)
<i>G. barbadense</i>	(»)
<i>G. Davidsonii</i>	(»)
5. <i>G. hirsutum</i>	(39°5)
6. <i>G. somalense</i>	(39°0)
7. <i>G. Stocksii</i>	(38°5)
8. <i>G. herbaceum</i>	(38°0)
9. <i>G. Sturtii</i>	(33°0) (?)

b) Les *optima* classent nos espèces de la manière suivante, dans l'ordre décroissant :

1. <i>G. Thurberi</i>	(36°5)
2. <i>G. hirsutum</i>	(33°5)
3. <i>G. anomalum</i>	(31°5)
4. <i>G. Stocksii</i>	(31°0)
5. <i>D. Sturtii</i>	(30°0)
6. <i>G. somalense</i>	(29°0)
7. <i>G. barbadense</i>	(28°0)
<i>G. triple-hybride</i>	(»)
8. <i>G. arboreum</i>	(26°0)
9. <i>G. herbaceum</i>	(25°0)
<i>G. Davidsonii</i>	(»)

c) Les *minima*, à leur tour, mènent au classement suivant :

1. <i>G. Stocksii</i>	(26°0)
2. <i>G. Sturtii</i>	(25°0)
3. <i>G. somalense</i>	(23°0)
4. <i>G. anomalum</i>	(18°5)
<i>G. Davidsonii</i>	(»)
5. <i>G. Thurberi</i>	(17°5)
<i>G. herbaceum</i>	(»)
6. <i>G. arboreum</i>	(16°0)
7. <i>G. triple-hybride</i>	(14°0)
<i>G. barbadense</i>	(»)
8. <i>G. hirsutum</i>	(13°5)

d) En considérant l'ordre de classement des espèces dans chacune de ces listes, et, à titre d'indice, la somme des températures (minimum + optimum + maximum), on reconnaît aisément 3 groupes d'espèces que l'on peut énumérer par ordre décroissant de mégathermie :

(1) *Groupe des espèces les plus mégathermes*

G. Thurberi
G. anomalum
G. Stocksii
G. somalense

(2) *Groupe des espèces à mégathermie intermédiaire*

G. Sturtii
G. hirsutum
G. arboreum
G. Davidsonii
G. triple-hybride
G. barbadense

(3) *Groupe le moins mégatherme*

G. herbaceum

2. Au point de vue de la *résistance aux températures extrêmes*, nous regroupons ci-dessous, les résultats enregistrés avec des graines mises en germination pendant 10 jours, donc *imbibées*, et normalement remises en état de vie active, à des températures anormalement hautes ou basses et remises ensuite en conditions favorables (voir *essai 9 bis*). Les espèces sont classées, par ordre de leur résistance aux hautes températures d'abord, pour finir par leur capacité de subir, sans altération totale, l'effet de basses températures. Nous indiquons également les pourcentages de germination globale (G_g) encore obtenue à ces paliers thermiques exceptionnels :

(1) <i>G. Thurberi</i>	(48°5 — 6 %)
(6) <i>G. triple-hybride</i>	(11°1 — 4 %)
(7) <i>G. arboreum</i>	(11°1 — 4 %)
(8) <i>G. Davidsonii</i>	(6°8 — 4 %)
(9) <i>G. Sturtii</i>	(6°8 — 4 %)
(10) <i>G. barbadense</i>	(6°8 — 10 %)
(11) <i>G. hirsutum</i>	(6°8 — jusque 27 %)

On se souviendra que si les 2 variétés de *G. hirsutum* mises à l'épreuve, ont fourni des résultats germinatifs à 11°1, une seule a donné des germinations complètes après exposition à cette température (B. 197).

Ces données confirment le caractère d'exceptionnelle résistance aux hautes températures de *G. Thurberi*, qui se surajoute à sa mégathermie élevée. On constatera,

en même temps, que les 4 espèces « cultivées » (*G. triple-hybride*, *G. arboreum*, *G. barbadense*, et *G. hirsutum*), manifestent, dans l'ordre, la meilleure capacité de résistance aux basses températures temporaires (1).

3. — Un des éléments essentiels de la *plasticité thermique de la germination*, est l'amplitude plus ou moins grande de la zone des températures efficaces. Nous regroupons ci-dessous les données spécifiques acquises à ce sujet. On se souviendra, pour apprécier ces renseignements, que les résultats expérimentaux relatifs aux espèces de *Gossypium* du second groupe (« espèces sauvages » et *G. herbaceum*) ne reposent que sur un nombre très réduit de cas. Néanmoins il est très probable que le sens général des conclusions qui s'en dégagent, restent valables :

(1) *Groupe des espèces à forte amplitude thermique.*

<i>G. arboreum</i>	(26°0)
<i>G. triple-hybride</i>	(26°0)
<i>G. barbadense</i>	(26°0)
<i>G. hirsutum</i>	(26°0)

(2) *Groupe des espèces à amplitude thermique moyenne.*

<i>G. Thurberi</i>	(23°5)
<i>G. anomalum</i>	(22°0)
<i>G. Davidsonii</i>	(21°5)
<i>G. herbaceum</i>	(20°5)

(3) *Groupe des espèces à faible amplitude thermique.*

<i>G. somalense</i>	(16°0)
<i>G. Stockii</i>	(12°5)
<i>G. Sturtii</i>	(8°0)

On constatera que les 4 espèces « cultivées », mentionnées ci-dessus comme particulièrement résistantes aux basses températures, sont également celles qui manifestent la plus forte amplitude thermique.

(1) *G. herbaceum* n'a pu être éprouvé dans cet essai.

§ 5. Conclusions

Nous nous bornerons, au stade actuel de nos recherches, aux conclusions générales propres aux relations thermiques de la germination. Des comparaisons d'ordre taxonomique, phytogéographique ou même phytotechnique s'imposeront, sans doute, lorsque nous disposerons également des résultats d'autres essais, sur l'imbibition de la graine notamment.

1. Parmi les espèces du genre *Gossypium*, il apparaît des différences plus ou moins tranchées, qui permettent de les classer en divers groupes selon les critères choisis parmi les relations thermiques de la germination. En général d'ailleurs, il n'apparaît pas d'hiatus considérables dans les valeurs obtenues selon les diverses échelles de classement adoptées. Mais entre les positions et les valeurs extrêmes, les différences sont généralement très notables. Il en résulte donc que chaque espèce peut, en quelque sorte, être définie par une « diagnose » des réactions thermiques de la germination. La comparaison de ces diagnostics fait ressortir des types plus ou moins affins ou éloignés.

2. Les principaux éléments différentiels de cette « diagnose » thermique sont les suivants :

a) Les températures cardinales, envisagées avec les précautions et les réserves qu'il faut attacher à cette ancienne notion ;

b) La forme de la *courbe* finale d'efficacité germinative en fonction de la température, définie surtout par la position de l'optimum (ou mieux de la zone optima) qui peut être plus ou moins rapprochée du minimum ou du maximum, ou se trouver sensiblement à égale distance entre ces deux paliers ;

c) L'évolution des points cardinaux en fonction du temps, selon que l'on considère le début ou la fin de la germination ;

d) Les variations des points cardinaux selon que l'on envisage des étapes distinctes de la germination : sortie de la radicule, levée, étalement des cotylédons...

e) La vitesse germinative (temps nécessaire pour atteindre tel stade germinatif) à la température optimum ;

f) L'« efficacité » germinative appréciée par le critère conventionnel des « sommes de température » (temps \times température moyenne) au palier thermique le plus favorable ;

g) L'existence de zones thermiques plus ou moins étendues, où la germination est « inhibée » sans que l'embryon de toutes les graines soit détruit, zones dont l'amplitude traduit la résistance des semences germantes à l'action temporaire des températures extrêmes.

3. Au sein d'une même espèce, peuvent apparaître des différences d'ordre variétal, comme nous l'avons mis en évidence pour deux « descendances » du *G. hirsutum* (appartenant l'une et l'autre, il est vrai, à une même « variété culturale »). Ces différences sont pour la plupart assez minimes ; ou, si elles sont tranchées, elles sont, en fait, peu nombreuses. De sorte que l'on peut dire que la « diagnose spécifique » n'en est guère modifiée. Il est vrai que notre information touchant cette variabilité variétale est assez médiocre — l'étude se situant, en fait, hors de notre propos. Mais cette manière de voir est confirmée par les données bibliographiques.

4. L'étude d'une descendance hybride *G. (Thurberi* \times *arboreum*) \times *hirsutum* montre clairement, à son tour,

que la diagnose thermique de la germination est influencée par des facteurs génétiques. En effet, notre triple-hybride montre, à tous points de vue, des propriétés intermédiaires par rapport à ses ascendants, caractères qui sont parfois plus ou moins influencés par l'un des géniteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- ARNDT, C. H., Effect of soil temperature on cotton seed germination and seedling growth (*45th Ann. Rep. South Carolina Agr. Exp. Station*, 1932, cité d'après BROWN, 1938).
- ARNDT, C. H., Temperature-growth relations of the roots and hypocotyls of cotton seedlings, (*Plant Physiol.*, 1945, XX pp. 200-220).
- BERKLEY, D. M. et BERKLEY, E. E., Super optimal and thermal death temperatures of the cotton plant as affected by variations in relative humidity (*Ann. Missouri Bot. Garden*, 1933, XX, p. 583-604).
- BROWN, H. B. Cotton, (New-York, 1938, Mc Graw-Hill Cy, 2^e éd., 592 pp.)
- CAMP, A. F. et WALKER, M. N., Soil temperature studies with cotton, II, The relation of soil temperature to the germination and growth of cotton, (*Florida Agr. Exp. Station, Bull.* 189, 1927, pp. 17-32).
- CHRISTIDIS, B. G. et HARRISON, G. J., Cotton growing problems, (New-York, 1955, Mc Graw-Hill Cy), 633 p.
- ENILEEV, H. H., Rate of swelling of cotton seed and temperature regime of germination, *Doklady Akad. Nauk. SSSRE*, LX, 1948, pp. 1069-1071 (en russe) (C. R. : *Field Crop Abstracts*, II p. 271, art. n° 1379, 1949).
- GALLIGAR, G. C., Temperature effects upon the growth of excised root tips (*Plant Physiol.*, XIII, 1938, pp. 835-844).
- HABERLANDT, F., Die untere und obere Temperaturgrenze für die Keimung der Samen einiger Culturpflanzen en warmerer Klimate, (*Mitt. aus dem Landwirthschaft. Laborat. Hochschule f. Bodencultur in Wien*, I, 1875, pp. 117-122).
- LEHMAN, S. G., Studies on treatment of cotton seed, (*North Carolina Agr. Exp. Station, Techn. Bull.* 26, 1925).
- LODEN, H. D. et WILSON, C. C., The effect of temperature upon the germination and subsequent growth of varieties of *Gossypium hirsutum*, (Proceedings Third Ann. Cotton Improvement. Conf., Memphis, (Tenn.), 1951, cité d'après CHRISTIDIS et HARRISON, 1955),
- LUDWIG, C. A., The germination of cottonseed at low temperatures, (*Journ. Agr. Res.*, XLIV, 1932, pp. 367-380).
- MONTENEZ, J., Recherches expérimentales sur l'écologie de la germination chez l'arachide, (Bruxelles, Ministère des Colonies, 1957, 130 pp.).
- TOOLE, E. H. et DRUMMOND, P. L., The germination of cottonseed, (*Journ. Agr. Res.*, XXVIII, 1924, pp. 285-292).
- TOOLE, E. H., HENDRICKS, S. B., BORTHWICK, H. A. et TOOLE, V. K.,

Physiology of seed germination (*Ann. Rev. Plant Physiol.*, VII, 1956, pp. 299-324).

WENT, F. W., The effect of temperature on plant growth (*Ann. Rev. Plant Physiol.*, IV, 1953, pp. 347-362).

WOUTERS, W., Contribution à l'étude taxonomique et caryologique du genre *Gossypium* (*Public. Inéac, Sér. Scient.*, n° 34, 1948, 403 pp.).

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYST OF NORTH AMERICA, Rules for seed testing, 1921.

TABLE DES FIGURES

1. <i>G. hirsutum</i> (Ston. 5). — Courbes de germination (G_g) % après 4, 6, 8 jours et en fin d'essai	21
2. <i>G. hirsutum</i> (Ston. 5). — Courbes finales de germination en fonction de la température	21
3. <i>G. hirsutum</i> (B. 197). — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 4, 6, 8 et 12 jours	24
4. <i>G. barbadense</i> . — Courbes finales de germination en fonction de la température	25
5. <i>G. barbadense</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) après 4, 6, 8 et 12-16 jours (fin des essais)	25
6. <i>G. arboreum</i> . — Courbes finales de germination en fonction de la température	27
7. <i>G. arboreum</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 4, 6, 8 et 12 jours (fin des essais)	27
8. <i>G. (Thurberi × arboreum) × hirsutum</i> . — Courbes finales de germination en fonction de la température	30
9. <i>G. (Thurberi × arboreum) × hirsutum</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 4, 6, 8 et 12 jours (fin des essais)	30
10. Éventail des zones thermiques d'efficacité et d'inhibition germinatives	36
11. Sommes de température nécessaires, à divers niveaux thermiques, pour obtenir 10, 50 et 90 % de germination globale (G_g)	38
12. Marche de l'élongation de l'hypocotyle, à 30°2	43
13. Élongation de l'hypocotyle en fonction de la température	44
14. <i>G. anomalum</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 4, 6 et 12 jours	54
15. <i>G. somalense</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 4, 6 et 12 jours	55
16. <i>G. Davidsonii</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 4, 6 et 12 jours	55
17. <i>G. Sturtii</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 6 et 12 jours	57

18. <i>G. Stocksii</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 6 et 12 jours	58
19. <i>G. Thurberi</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 4, 6 et 12 jours	60
20. <i>G. Thurberi</i> . — Courbe détaillée des valeurs de l'index (I_g) _g après 12 jours	60
21. <i>G. herbaceum</i> . — Courbes de rapidité de germination (I_g) _g après 4,6 et 14 jours	61
22. Éventail des zones thermiques d'efficacité et d'inhibition germinatives pour G_g	65
23. Courbes finales de pourcentage de germination (G_g %), en fonction de la température, pour les divers types de <i>Gos-</i> <i>sybium</i> étudiés	70 et 71
Photo. — Action des diverses températures sur l'élongation de l'hypocotyle	34

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	
§ 1. Portée et circonstances des recherches	3
§ 2. Nature et origine du matériel utilisé	4
Ch. I. Bibliographie du sujet	9
Ch. II. Résultats relatifs à <i>G. hirsutum</i> , <i>G. barbadense</i> , <i>G. arboreum</i> et <i>G. (Thurberi × arboreum) × hirsutum</i>	15
§ 1. Protocoles expérimentaux et modes d'expression des résultats	15
§ 2. Présentation et commentaires des résultats	20
§ 3. Zones thermiques d'inhibition et de léthalité	31
§ 4. Vitesse et efficacité thermique de la germination	35
§ 5. Observations morphologiques	40
§ 6. Comparaisons des résultats	43
Ch. III. Résultats relatifs à <i>G. anomalum</i> , <i>G. somalense</i> , <i>G. Davidsonii</i> , <i>G. Sturtii</i> , <i>G. Stocksii</i> , <i>G. Thurberi</i> et <i>G. herbaceum</i>	49
§ 1. Protocoles expérimentaux	49
§ 2. Présentation et commentaires des résultats	52
§ 3. Zones thermiques d'inhibition et de léthalité	63
§ 4. Comparaison des résultats	65
Ch. IV. Synthèse et conclusions	68
§ 1. Les courbes thermiques	68
§ 2. Modification des courbes thermiques dans le temps	73
§ 3. Changements des relations thermiques selon les diverses phases de la germination	77
§ 4. Adaptation et résistance aux températures extrêmes — Plasticité thermique	80
§ 5. Conclusions	84
BIBLIOGRAPHIE	87
TABLE DES FIGURES	89
TABLE DES MATIÈRES	91

