

Contribution à l'étude de l'influence de divers
facteurs météorologiques sur la production
et la qualité des fibres chez le cotonnier
Gossypium hirsutum L.

par

G. MERGEAI et J. DEMOL (*)

Résumé

Depuis plus de trente ans, l'Unité de Phytotechnie des Régions Chaudes de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux étudie l'influence des facteurs météorologiques sur la croissance, le développement et les caractéristiques technologiques des fibres du cotonnier, *Gossypium hirsutum* L. Entamées en Afrique centrale, ces recherches se sont poursuivies à Gembloux en enceintes climatisées. Elles ont permis de montrer que, dans les conditions d'un climat (Am)_N de KÖPPEN, l'insolation reçue par les cotonniers au début de leur développement végétatif influence directement le niveau de production final des plantes. Dans les mêmes conditions de culture, c'est le degré de sécheresse de l'air qui est le plus fortement corrélé avec la résistance mécanique de la fibre. Les recherches menées en enceintes climatisées à Gembloux ont permis, entre autres, de mettre en évidence l'influence positive d'un bas niveau de température nocturne sur la productivité du cotonnier.

1. Introduction

Depuis le début de notre siècle, de très nombreux chercheurs se sont intéressés à l'influence des facteurs climatiques sur la croissance, le développement et la production du cotonnier. Parmi ces facteurs, la température est celui qui a fait l'objet du plus grand nombre d'études. Aujourd'hui, grâce à l'utilisation d'enceintes climatisées permettant

(*) Unité de Phytotechnie des Régions Chaudes. Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 GEMBLoux (Belgique).

un contrôle extrêmement précis de l'environnement de culture, des modèles de simulation de la croissance et du développement du cotonnier ont été mis au point. Ces modèles encore imparfaits intègrent le fruit des recherches effectuées de par le monde concernant l'influence du climat sur les diverses variables caractéristiques de la croissance et du développement du cotonnier, *Gossypium hirsutum* L.

La contribution de l'Unité de Phytotechnie des Régions Chaudes de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux à ce type de recherches est loin d'avoir été négligeable. Entamées sur le terrain, en Afrique centrale, dès la fin des années 1950 [DEMOL, 1964, 1966, 1969], les études sur l'influence des divers facteurs météorologiques sur la production et la qualité des fibres du cotonnier se sont poursuivies en enceintes climatisées à Gembloux à partir de 1975 [DEMOL et VERSCHRAEGE, 1985 ; MERGEAI *et al.*, 1987 ; TONDEUR *et al.*, 1989].

2. Etudes réalisées en conditions normales de culture

Il est intéressant d'observer le comportement du cotonnier sous l'action des fluctuations du climat dans les conditions africaines. L'objectif à atteindre consiste à estimer avec le maximum de précision possible l'influence relative des différents facteurs météorologiques sur les variables caractéristiques de la croissance, du développement, de la production et de la résistance mécanique de la fibre du cotonnier.

Les observations ont été principalement réalisées à la Station INEAC (Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo), actuellement Station INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique) de Bambesa en climat (Am)_N de KÖPPEN. Cette station dispose de tous les équipements requis pour fournir des données météorologiques très précises. Les valeurs caractéristiques de la pluviométrie, de l'humidité de l'air, de la température et de l'inso-lation ont été mesurées quotidiennement.

2.1. INFLUENCE DES FACTEURS DU CLIMAT SUR LA PRODUCTIVITE DU COTONNIER

Les recherches menées pendant 6 années consécutives à la Station de Bambesa ont permis de mettre en évidence que la répartition des pluies lors de la germination des graines et de la maturation des capsules ainsi que la durée d'ensoleillement durant la phase de croissance végétative des plantes étaient les facteurs climatiques qui influençaient le plus la productivité du cotonnier dans la région [DEMOL, 1969].

2.1.1. Influence de la répartition des pluies pendant la phase de germination et de levée des plantules

Le tableau I reprend les pourcentages de poquets levés, le niveau des précipitations totales et le nombre de jours pluvieux pendant les 5 jours qui suivent le semis. L'analyse de ces données tend à montrer que le taux de germination est davantage influencé par la répartition des pluies que par la quantité globale d'eau tombée au cours de la période de semis. Une bonne germination est indispensable pour assurer une occupation convenable du terrain («stand») et pour obtenir un haut niveau de productivité.

Tableau I. — Relations entre le pourcentage de levée des plantules, le volume et la répartition des précipitations pendant les 5 jours qui suivent le semis.

ANNEE	POURCENTAGE DE LEVEE DES PLANTULES	VOLUME DES PRECIPITATIONS DE J.0 à J.5 (mm) (1)	NOMBRE DE JOURS DE PLUIE ENTRE J.0 et J.5
1954	91,1	72,0	4
1955	93,1	3,1	3
1956	97,3	24,2	4
1957	94,3	105,0	3
1958	92,0	9,9	3
1959	87,6	1,7	1

(1) J.0 = Jour du semis. J.5 = Cinquième jour après le semis.

2.1.2. Influence de l'ensoleillement pendant la phase de développement végétatif des plantes

De tous les facteurs météorologiques envisagés, l'insolation est celui qui présente la corrélation positive la plus forte avec la croissance des cotonniers au cours des premières semaines de végétation. Le coefficient de corrélation $r_{J.60}$ calculé entre la hauteur des plantes 60 jours après le semis et la durée d'ensoleillement mesurée au moyen de l'héliographe de CAMPBELL vaut 0,948. Dans le cas des radiations journalières, exprimées en cm^3 d'alcool par l'actinomètre de BELLANI, $r_{J.60}$ vaut 0,907. Comme le montrent les données reprises dans la figure 1, l'augmentation de l'insolation journalière se traduit par un meilleur développement des cotonniers.

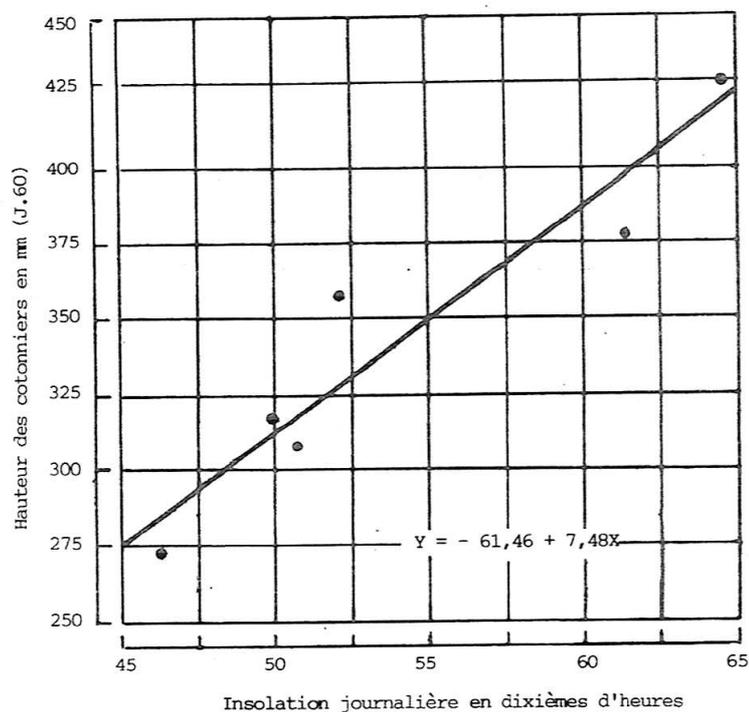


Figure 1. — Relation entre l'insolation journalière et la hauteur des cotonniers le soixantième jour après le semis.

Au cours des deux premiers mois de végétation, les quantités d'eau reçues par les cotonniers sont toujours suffisantes pour permettre une croissance normale des plantes. Dans la région, l'eau ne représente pas un facteur minimum dont il faut tenir compte.

Des corrélations positives mais relativement faibles existent entre la taille atteinte par les cotonniers 60 jours après le semis et les températures moyennes journalières ($r_{J.60} = 0,493$), ainsi que les températures minimales journalières ($r_{J.60} = 0,454$). Les températures maxi-

males journalières sont celles qui sont le plus fortement corrélées avec la croissance juvénile des cotonniers ($r_{J.60} = 0,609$).

Le degré d'humidité de l'air exerce une influence positive plus forte sur la croissance des cotonniers que celle des températures : $r_{J.60} = 0,857$ pour le déficit de saturation à 12 h, $r_{J.60} = 0,838$ pour l'évaporation journalière sous abri et $r_{J.60} = 0,749$ pour l'évaporation journalière extérieure.

A ce niveau, il est intéressant de constater qu'une augmentation de la durée d'ensoleillement se traduit automatiquement par des températures maximales légèrement plus fortes et des déficits de saturation plus élevés.

Une fois dépassé le soixantième jour après le semis, les facteurs météorologiques semblent exercer une influence beaucoup moins apparente sur la croissance des plantes. Contrairement à ce qui a été observé pour les premières semaines de végétation, les courbes de croissance établies entre le soixantième et le cent trentième jour après le semis ne sont pas significativement différentes.

Il semble donc que, dans le milieu considéré, le seul facteur limitant la croissance des plantes soit le manque d'insolation au cours du jeune âge. Ce facteur, en favorisant la précocité de la floraison, influence directement le niveau de productivité du cotonnier.

La floraison débute d'autant plus précocement que la croissance juvénile des plantes a été vigoureuse. Une plus grande précocité de la floraison permet le prolongement utile de celle-ci et par conséquent l'élévation du nombre total de fleurs épanouies. Comme le nombre de capsules qui se maintiennent par plante reste pratiquement proportionnel au nombre total de fleurs épanouies, on peut affirmer que la quantité de lumière reçue par la plante au cours de sa phase végétative conditionne le niveau de productivité du cotonnier.

2.1.3. *Influence de la répartition des pluies pendant la phase de maturation des capsules*

Les pourritures de capsules, d'origines diverses, réduisent chaque année dans des proportions variables la production finale. Ces pourritures se manifestent plus intensément au cours des périodes de récolte trop humides. Le tableau II reprend les pourcentages en poids de coton-graine souillé par des pourritures ainsi que les précipitations et le nombre de jours de pluie pendant la période de récolte. Les taux de pourriture des capsules semblent plus dépendants du nombre de jours de pluie enregistré au cours de la récolte que de la quantité totale de pluie tombée pendant cette période.

Tableau II. — Relations entre le pourcentage en poids de coton-graine souillé au moment de la récolte, les précipitations et le nombre de jours de pluie observé en décembre.

ANNEE	COTON-GRAINE SOUILLE (%)	PLUIES EN DECEMBRE	
		Total des précipitations (mm)	Nombre de jours de pluie
1954	10,4	2,6	4
1955	13,6	85,1	5
1956	17,5	52,1	9
1957	22,7	67,9	9
1958	17,0	111,2	9
1959	21,6	34,5	7

2.2. INFLUENCE DES FACTEURS DU CLIMAT SUR LA RESISTANCE MECANIQUE DE LA FIBRE

Chez le cotonnier, la floraison est fortement échelonnée dans le temps. Les fibres produites par une même plante subissent des influences climatiques variables suivant l'époque d'apparition des fleurs et de développement des fruits. Pour cette raison, les moyennes journalières des différents facteurs météorologiques ont été calculées sur une période de 50 jours précédant chaque récolte.

L'analyse des résultats enregistrés pendant trois années consécutives a permis de faire les constatations suivantes [DEMOL, 1964, 1966] :

- les pluies ne semblent pas exercer une influence directe sur les variations enregistrées dans la résistance de la fibre. Dans le milieu considéré, la connaissance des données pluviométriques ne présente pas d'intérêt dans le calcul des prévisions de la résistance de la fibre ;
- au niveau température, la corrélation positive la plus élevée est observée entre les maxima journaliers moyens et la résistance de la fibre ($r = 0,773$) ;
- la durée d'insolation présente également une corrélation positive élevée avec les résistances des fibres observées ($r = 0,794$) ;
- l'humidité de l'air agit directement sur la transpiration du végétal et exerce un effet marqué sur la résistance de la fibre. Plus l'air est sec et plus la résistance mécanique de la fibre est élevée. Ce sont les paramètres liés à la mesure de l'humidité relative de l'air qui présentent les relations les plus étroites avec la résistance de la fibre : $r = 0,919$ pour le déficit de saturation journalier maximum, $r = -0,944$ pour l'humidité relative minimale journalière.

De toutes les équations de régression linéaire calculées à partir de chacune des variables climatiques envisagées, ce sont celles obtenues en considérant les paramètres liés à l'humidité relative de l'air qui permettent l'estimation la plus précise de la résistance de la fibre. La précision de cette estimation est illustrée à la figure 2.

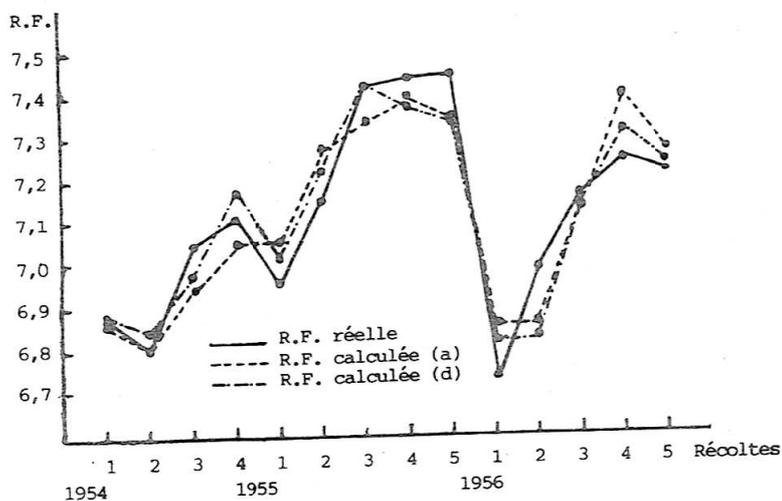


Figure 2. — Représentation graphique de la variation des valeurs réelles de la résistance de la fibre (R.F.) et des valeurs calculées en fonction de la moyenne des humidités journalières minimales (a) et des déficits maximaux (d) enregistrés au cours des 50 jours qui précèdent la récolte.

Ces travaux ont permis la subdivision de la zone cotonnière du Haut-Zaïre en fonction de la résistance de ses fibres.

3. Etudes effectuées à Gembloux en conditions contrôlées

De nombreux essais réalisés à Gembloux ont permis de préciser les relations existant entre un certain nombre de paramètres climatiques, la production et les qualités de fibres chez le cotonnier.

3.4. INFLUENCE DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR

Des cotonniers ont été cultivés dans des enceintes présentant trois humidités relatives de l'air différentes (30, 60 et 90 %) sous une température continue de 28°C de jour comme de nuit avec une durée d'illumination de 12 h/jour [DEMOL et VERSCHRAEGEN, 1985].

Les cotonniers présentent une croissance en hauteur d'autant plus grande que l'humidité de l'air est élevée. Cette tendance se manifeste également au niveau de la croissance pondérale du système végétatif mais les différences observées ne sont cependant pas significatives. Les cotonniers cultivés dans l'ambiance présentant la plus forte humidité relative de l'air produisent le plus de fleurs. Le déclenchement de la floraison est cependant nettement plus précoce pour l'humidité relative de l'air la plus basse (30 %). A ce niveau de l'humidité de l'air, la floraison est abondante et accompagnée d'un shedding minimum. Le poids moyen de coton-graine par capsule est favorablement influencé par les humidités relatives de l'air les plus basses (30 et 60 %). La production de coton-graine par plante est maximale pour une humidité de l'air de 60 % et minimale pour une humidité relative de 90 %. Cette production est fonction du nombre moyen de capsules par plante et du poids moyen de celles-ci. La production de cellulose (fibre et duvet) dépend du poids en coton-graine et du rendement en cellulose. Elle est maximale à 60 % et minimale à 90 %. Remarquons aussi que les rapports entre les différents types de fibres varient également en fonction des humidités relatives. C'est dans les conditions les plus sèches (30 %) que le pourcentage de fibres longues est le plus important (77 %) ; lorsque l'humidité est la plus élevée (60 %), ce pourcentage est le plus faible (73 %).

L'analyse technologique des fibres montre qu'une humidité intermédiaire (60 %) est favorable à des caractères de fibre tels que longueur et périmètre. D'autres paramètres tels que maturité, épaisseur des parois et résistance mécanique, sont au contraire favorisés par une humidité de l'air très réduite (30 %). Si cette dernière est très élevée, elle n'est jamais favorable aux caractéristiques technologiques de la fibre. Il faudrait donc à ce point de vue une humidité relative moyenne durant la période d'allongement des fibres et une humidité relative basse pendant la formation de la paroi secondaire de celle-ci.

3.2. INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

Quatre régimes de température continue (20, 24, 28 et 32°C) ont été testés à Gembloux. L'humidité relative au cours de ces traitements est

constante et égale à 60 %. La durée d'illumination journalière est de 12 h/jour [MERGEAI *et al.*, 1987].

Des températures continues très élevées (32°C) ou relativement basses (20°C) favorisent la croissance et le développement végétatif du cotonnier aux dépens de sa production générative. Cette tendance est beaucoup plus marquée à la température la plus élevée. Pour des températures continues intermédiaires (24 et 28°C), le poids moyen de coton-graine produit augmente avec la température alors que la croissance végétative suit une évolution en sens inverse. Le poids des graines n'est pas affecté par le niveau de température continue alors que le poids de fibres par graine ou par unité de surface de graine est d'autant plus faible que la température est élevée. L'augmentation de la surface des graines observée aux niveaux supérieurs de température n'arrive pas à compenser cette diminution de poids.

Si des températures continues extrêmes (20 ou 32°C) induisent des perturbations importantes dans le développement des graines et des fibres, il semble que dans le cas de températures intermédiaires, la graine possède un potentiel de production de cellulose donné, qu'elle répartit en un nombre plus ou moins élevé de fibres selon que les conditions du milieu sont favorables ou défavorables à l'expression du nombre de fibres formées par graine.

3.3. INFLUENCE DU REGIME THERMIQUE ET DE LA PHOTOPERIODE

TONDEUR *et al.* [1989] ont testé trois durées d'illumination par jour (12, 14 et 16 h) pour deux régimes thermiques différents (24°C le jour et 16°C la nuit — 24°C le jour et 12°C la nuit) sous une humidité relative de l'air constante et égale à 60 %.

La combinaison de régimes thermiques et de photopériodes différents exerce sur le cotonnier une influence marquée. La température nocturne a une action importante sur la plupart des paramètres analysés tant végétatifs que reproducteurs. De même, à chaque niveau de température, la durée d'éclaircissement interfère fortement sur la réaction de la plante. Pour les photopériodes les plus longues, une basse température nocturne rallonge la durée de la phase végétative, augmente la croissance du système végétatif et améliore fortement le niveau de production des plantes en coton-graine. Cette tendance est totalement inversée pour la photopériode la plus courte. Avec une durée d'insolation de 12 h/jour, c'est la température nocturne la plus haute qui est de loin plus bénéfique pour la croissance du système végétatif et la production en coton-graine des plantes. Au niveau de la structure

des fibres, seule la paroi primaire semble influencée par le régime thermique et la photopériode ; la paroi secondaire et les caractéristiques technologiques des fibres varient peu.

3.4. INFLUENCE DE L'INTENSITE LUMINEUSE

Nous avons testé récemment deux intensités lumineuses différentes : 390 et 690 micro Einstein/m².s pendant 12 h/jour, pour un régime thermique de 24-12°C, sous une humidité relative continue de 60 %.

Cette étude a permis de montrer que, dans le cas d'une basse température nocturne, une augmentation de l'intensité lumineuse raccourcit drastiquement la durée du cycle de production tout en améliorant fortement le niveau de productivité des plantes en coton-graine ainsi que la longueur et la résistance des fibres mesurées sur fibres individuelles.

4. Conclusion

Ces recherches ont eu le mérite de poser les bases d'un programme d'étude rationnel et méthodique des réactions du cotonnier aux facteurs météorologiques. De telles études sont indispensables à l'élaboration de modèles de simulation de la croissance et du développement du cotonnier qui, associés à des systèmes experts, interviendront de plus en plus pour optimiser la conduite de la culture cotonnière (détermination des dates et des niveaux d'irrigation et de fertilisation, détermination du moment optimal pour l'application des défolants pour procéder à la récolte mécanique, etc.).

Les résultats obtenus, notamment au niveau de l'évaluation de l'influence des basses températures nocturnes et diurnes ainsi que de l'intensité lumineuse sur le comportement du cotonnier, ouvrent des perspectives intéressantes au niveau des possibilités d'extension de la culture cotonnière à des zones de savanes tropicales d'altitude où, pour peu que la saison des pluies soit suffisamment longue et que ne se pose pas le problème des brumes matinales, la culture cotonnière devrait être non seulement possible, mais également plus productive qu'à des altitudes plus basses.

Jusqu'à nos jours, on a méconnu, sans doute à cause d'un intérêt uniquement focalisé sur l'action de l'abaissement de la température en fin de saison, l'effet d'un abaissement des températures pendant toute

la vie du cotonnier sur le développement végétatif et sur la productivité finale [ICAC, 1989].

Summary

Contribution to the study of the effect of various meteorological factors on the production and quality of fibres of the cotton plant Gossypium hirsutum L.

For more than 30 years, the Unit of Plant Production for Tropical and Mediterranean Areas of the Faculty of Agriculture at Gembloux in Belgium has been studying the influence of meteorological factors on growth development and technological characteristics of the fibres of the cotton plant *Gossypium hirsutum* L. Initiated in Central Africa, this research has been continued in Gembloux in climatic chambers, and shows that under KÖPPEN (Am)_N climatic conditions, the insolation received by the cotton plants at the start of their vegetative growth has a direct influence on their final level of production. Under similar cultural conditions, it is the degree of dryness of the air which is the most closely correlated to the mechanical resistance of the fibre. One of the aspects highlighted by the research conducted in climatic chambers in Gembloux, is the positive effect of low nocturnal temperatures on cotton plant productivity.

Bibliographie

- DEMOL J. [1964]. Contribution à l'étude de l'influence du régime hydrique sur différents facteurs de la productivité chez *Gossypium hirsutum* L. *Bull. Inf. INEAC XIII* (1-6), 41-75.
- DEMOL J. [1966]. Etude des variations de la résistance de la fibre chez *Gossypium hirsutum* L. Application à la zone cotonnière septentrionale du Congo. *Publ. INEAC, Sér. Sci.*, n° 109, 91 p.
- DEMOL J. [1969]. Sur les relations qui existent entre quelques facteurs climatiques, le développement et la productivité du cotonnier en région (Am)_N de KÖPPEN. *Publ. INEAC, Sér. Sci.*, n° 111, 48 p.
- DEMOL J. & VERSCHRAEGE L. [1985]. Contribution à l'étude de l'influence de divers facteurs climatiques sur la production et la qualité des fibres chez *Gossypium hirsutum* L. I. Humidité relative de l'air. *Coton Fibres Trop.* 40, 203-218.
- ICAC (International Cotton Advisory Committee) [1989]. Les effets des basses températures et de la longueur du jour sur la croissance : nouvelles recherches. *ICAC Rec.* VII (4), 19-20.

- MERGEAI G., VERSCHRAEGE L. & DEMOL J. [1987]. Contribution à l'étude de l'influence de divers facteurs climatiques sur la production et la qualité des fibres chez *Gossypium hirsutum* L. II. Température de l'air. *Coton Fibres Trop.* **42**, 23-39.
- TONDEUR R., VERSCHRAEGE L. & DEMOL J. [1989]. Contribution à l'étude de l'influence de divers facteurs climatiques sur la production et la qualité des fibres chez *Gossypium hirsutum* L. III. Régime thermique et photopériode. *Coton Fibres Trop.* **44**, 5-15.