

INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LA CROISSANCE ET LE DÉVELOPPEMENT D'UNE ARACHIDE HÂTIVE

J. GAUTREAU

Chef de la Section I. R. H. O., C. N. R. A. de Bambey, Sénégal

1. INTRODUCTION

Le comportement des cultures de plein champ est conditionné principalement par les facteurs édapho-climatiques. A sol identique et pour une espèce donnée, les facteurs du climat ont une influence prédominante sur la croissance et le développement des plantes.

L'arachide au Sénégal est largement influencée par les facteurs atmosphériques et sa végétation est très différente selon qu'elle se place en saison des pluies (hivernage) ou en saison sèche (contre-saison) avec irrigation.

Il est souvent nécessaire d'expérimenter soit simultanément, par exemple en serre et en phytotron, soit successivement à deux époques différentes de l'année. Mais il est alors important de connaître avec assez de précision les variations de comportement induites par des environnements expérimentaux divers : des résultats acquis dans des circonstances climatiques différentes peuvent être ainsi valablement comparés.

Le but du présent article est d'inventorier les modifications de tout ordre provoquées par les principaux facteurs du climat et de préciser, autant que possible, leur importance relative sur l'arachide cultivée en vases de végétation jusqu'à la récolte. Cette légumineuse étant non photopériodique, au moins dans le climat sahélo-soudanien de l'Afrique tropicale sèche, le facteur longueur de jour ne provoque en principe pas de modifications. Dans les expériences relatées ci-dessous, la variable pluviométrie a été éliminée en apportant suffisamment d'eau aux plantes pour qu'elles soient toujours dans des conditions hydriques satisfaisantes.

On a étudié l'influence d'un groupe restreint de 3 facteurs qu'on ne peut pas toujours dissocier : le rayonnement global, la température, l'hygrométrie.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Trois expériences en pots de polyéthylène ont été conduites successivement en enceinte climatique (A), puis en serre (B et C). Les pots de 170 mm de diamètre contenaient 4 kg de sol sableux type « dior » dont la teneur en eau à la capacité au champ est d'environ 9 p. 100 (humidité pondérale) et de 2 p. 100 au point de flétrissement permanent ($pF = 4,2$).

La variété d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) utilisée était la 55-437, de type Spanish : cycle court (90 jours), non dormance des graines.

Les 3 tests ont duré 3 mois chacun et comptaient 48 pots à raison d'une plante par pot. Les plantes ont

reçu une fumure à dominante potassique 15 à 20 jours après le semis.

Tous les 10 jours à partir du 20^e, 6 plantes étaient récoltées sur lesquelles diverses mensurations étaient faites systématiquement. On disposait ainsi d'une série de 8 mesures permettant de suivre l'évolution d'un paramètre donné au cours du cycle.

2.1. Alimentation en eau.

La quantité d'eau apportée journalièrement a été calculée pour assurer une croissance normale, le facteur eau ne devant être ni limitant ni discriminatoire : arrosages 2 fois par jour et parfois 3 (cas de C) jusqu'à teneur voisine de la capacité de rétention (8,2 p. 100 pour A, 9 à 9,5 p. 100 pour B et C). Les pertes en eau maximales entre 2 arrosages consécutifs ont été relativement importantes mais les teneurs minimales correspondantes ont toujours été très supérieures à celle du point de flétrissement (Tabl. I). Les déficits hydriques de saturation moyens (DHS) mesurés vers 10-11 h n'ont pas dépassé 10 p. 100, valeur très faible pour l'arachide.

TABLEAU I

Pertes en eau et état hydrique des plantes

Expérience	Perte en eau maximale après le 20 ^e j.	Humidité pondérale correspondante	DHS p. 100 vers 10 h
A	53,7 p 100	3,9 p 100	8,0
B	48,5 p 100	4,9 p. 100	10,3
C	60,6 p 100	3,7 p 100	8,9

2.2. Facteurs climatiques.

L'expérience A a été réalisée dans une enceinte climatique (microphytotron) MPC type GV avec 2 programmes diurnes simulant la montée de température au cours de la journée et la baisse correspondante d'hygrométrie (25° de 7 à 11 h avec $H = 80$ p. 100, 33° et 31° ensuite avec $H = 60$ p. 100). Le fonctionnement était interrompu pendant les 12 h de nuit, ce qui reproduisait assez fidèlement les conditions climatiques nocturnes extérieures (baisse lente de température jusqu'à 22°-24°, augmentation rapide de l'hygrométrie jusqu'à 90 p. 100 ; éclairage assuré par des tubes fluorescents « GroLux » de 215 W, légèrement insuffisants pour produire une intensité lumineuse optimale pour l'arachide (1 340 W/m², 10 000 lux, 0,2 cal/cm²/mn).

Les expériences B et C ont été réalisées en serre à 2 époques climatiques très différentes dans l'année : B en saison sèche (7/3/72-8/6/72), C en saison de culture normale ou hivernage (21/7/72-23/10/72).

Un évaporomètre Piche, un thermo-hygrographe Richard et 2 thermomètres placés sous abri en serre permettaient de suivre les variables climatiques principales. Leurs valeurs moyennes sont résumées pour les 3 expériences dans le tableau II ci-dessous :

TABLEAU II. — Moyennes climatologiques observées au cours des 3 expériences A, B, C

Expérience	Température maximale (1)	Température minimale (2)	Somme des températures (2)	Evaporation Piche (mm)
A	33°-31° (3)	23°	2 445	3,6
B	39°-8	19°-8	2 689	6,5
C	40°-5	23°-2	2 882	4,3

(1) : moyennes des températures journalières pendant 90 jours,
 (2) : jusqu'à 90 jours,
 (3) : température programmée abaissée de 33° à 31° à partir du 16^e jour.

Les températures maximales sont très voisines dans les 2 expériences en serre en raison de la sécheresse exceptionnelle de l'hivernage 72, les minima sont plus bas en saison sèche. Les sommes de température vont en croissant de A vers C sans que les différences soient très sensibles. C'est d'ailleurs surtout le niveau moyen des maxima et des minima qui importe.

L'évaporation Piche de saison sèche est 50 p. 100 plus élevée qu'en hivernage. Notons qu'à l'extérieur de la serre l'écart saisonnier est beaucoup plus grand, le Piche atteignant souvent 15 mm en période sèche. La valeur relativement modérée observée en serre provient d'une ventilation insuffisante.

Enfin l'hygrométrie moyenne est bien plus faible en conditions B : toujours inférieure à 20 p. 100 durant l'après-midi. A l'extérieur, l'hygrométrie moyenne journalière a été de 48 ; 4 p. 100 en mars-avril-mai 72 et de 73, 4 p. 100 en août-septembre-octobre. Les conditions de culture en hivernage sont évidemment meilleures qu'en saison sèche.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

La diversité des « climats » propres à chaque expérience conduit à des modifications sensibles du comportement des plantes dans tous les domaines : morphologie (ontogenèse), floraison, fructification, production de matière sèche, vitesse de croissance, physiologie.

Une interprétation statistique a été faite lorsque c'était possible. Les résultats sont regroupés en fin d'exposé (§ 3-6).

Les observations et mesures étaient faites au moment des récoltes notées dans l'exposé R1, R2, ... R8, ce qui correspond au 20^e, 30^e, ... 90^e jour après le semis.

3.1. Morphologie des plantes.

On a observé de nettes différences d'aspect

entre les plantes A, B, C, surtout en début de cycle. Les plantes C représentent le type « normal » ; les plantes A et B des types dérivés par rapport à la normale. Cette disparité d'aspect s'amenuise avec l'âge des plantes.

3.1.1. Ramification.

Au cours des 3 tests, seuls des rameaux d'ordre $n + 1$ (cotylédonaire et secondaires) sont apparus. Leur nombre est restreint et varie selon les circonstances. Le tableau III indique les dates d'apparition des différents rameaux et leur nombre final moyen.

TABLEAU III
Chronologie et intensité de la ramification

	A	B	C
Date d'apparition des rameaux cotylédonaire (RC)	R2	R1	R1
Date d'apparition des rameaux secondaires (RS) ..	R4	R2	R1
Date de stabilisation du nombre de rameaux $n + 1$	R4	R3	R3
Nombre moyen de rameaux secondaires (RS)	1,6	2,0	4,0

La culture en enceinte climatique provoque un retard net de l'apparition des rameaux d'ordre $n + 1$, de 10 jours pour les RC et de 20 à 30 jours pour les RS. Les plantes cultivées en hivernage (C) développent leurs rameaux le plus vite. Les plantes B se placent entre A et C selon ce critère.

On observe également des différences importantes dans le nombre de rameaux secondaires émis : les plantes A n'en développent en moyenne que 1,6 tandis que les plantes C en comptent plus du double dès le 40^e jour. A partir de cette date, les plantes de serre n'émettent plus de rameaux nouveaux, il en va de même après le 50^e jour pour les plantes cultivées en enceinte climatique.

3.1.2. Longueur des rameaux.

La figure 1 retrace l'évolution de la longueur des

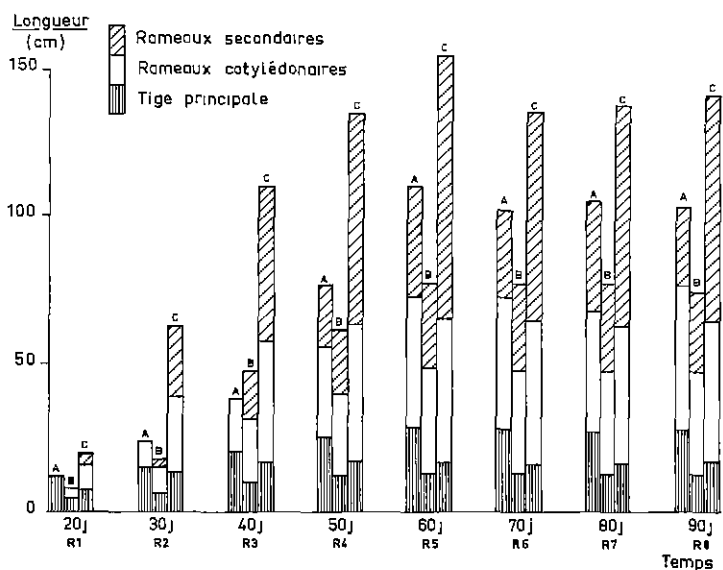


FIG. 1. — Croissance en longueur des plantes A, B, C.

TABLEAU IV. — Longueur des entre-nœuds à différents stades

Epoque	A				B				C			
	TP	RC	RS	Moy.	TP	RC	RS	Moy.	TP	RC	RS	Moy.
R1	1,8	—	—	1,8	0,7	0,8	—	0,8	1,3	1,2	1,0	1,2
R2	1,2	1,3	—	1,3	0,7	1,0	1,3	0,9	1,3	2,3	2,3	2,0
R3	1,1	1,8	—	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
R3-R8	—	—	—	—	1,1	1,9	1,9	1,7	1,5	2,5	2,9	2,5
R4-R8	1,5	2,0	2,1	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—

divers types de rameaux : tige principale (TP), rameaux d'ordre $n + 1$ (RC) et (RS).

La tige principale des plantes A est nettement plus haute que celle des plantes B et C : elle se stabilise à partir de R5 (60^e jour) en atteignant 28 cm. La croissance de la TP des plantes C est achevée vers le 40^e jour à un niveau inférieur : 16-17 cm. Les plantes B présentent en début de cycle l'aspect typique de la culture de saison sèche : raccourcissement de la TP qui ne dépasse pas 10 cm au 40^e jour et plafonne à 12-13 cm par la suite.

Parallèlement au « flage » de la TP en conditions A, on note une réduction sensible de la longueur des RC, ceux-ci n'atteignant que la moitié de la TP jusqu'au 50^e jour et donnant aux plantes un aspect caractéristique plus proche du type Valencia que du type Spanish. Cette tendance s'estompe ensuite. En fin de culture, les RC des plantes A sont légèrement plus courts que la TP tandis qu'ils la dépassent quelque peu chez les plantes B et C.

Cette allure atypique des plantes A provient essentiellement d'un déficit d'énergie lumineuse dans l'enceinte climatique : la croissance rapide de la TP est réalisée au détriment des rameaux d'ordre $n + 1$. Une fois la TP stabilisée, la croissance se reporte sur ces rameaux. A partir du 50^e jour (R4), la longueur totale des rameaux est voisine de celle des plantes B.

3.1.3. Longueur des entre-nœuds.

On a distingué les entre-nœuds sur la TP, les RC, les RS et moyens. Les longueurs moyennes sont notées dans le tableau IV (cm).

En début de cycle (R1), les entre-nœuds des plantes C peuvent être considérés comme normaux, ceux des plantes A comme longs, ceux des plantes B comme courts. Ensuite, l'évolution est différente selon les objets : les longueurs d'entre-nœuds des plantes A sont stables ou diminuent, celles des plantes B et C augmentent sensiblement (du simple au double) à partir de R3. On aboutit finalement à une longueur moyenne de 2,5 cm pour C, 1,8 cm pour A et 1,7 cm pour B. Comme précédemment, le caractère atypique des plantes A dû à une insuffisance de lumière, disparaît ou s'estompe après le 50^e jour de culture.

3.1.4. Nombre de feuilles et surface foliaire.

Le nombre moyen final de feuilles par plante est voisin dans les 3 expériences : de 50 à 60 (Fig. 2). Il se stabilise à partir du 60^e jour (R5) et est plus réduit chez les plantes B (saison sèche) que chez les plantes A et C.

L'évolution de la surface foliaire totale est similaire (Fig. 2). La surface augmente rapidement jusqu'à R5, se maintient ou régresse ensuite. Les plantes C cultivées

en hivernage ont la plus grande surface (1 420 cm²). Elles sont suivies par les plantes A cultivées en phytotron dont la surface finale est voisine des précédentes.

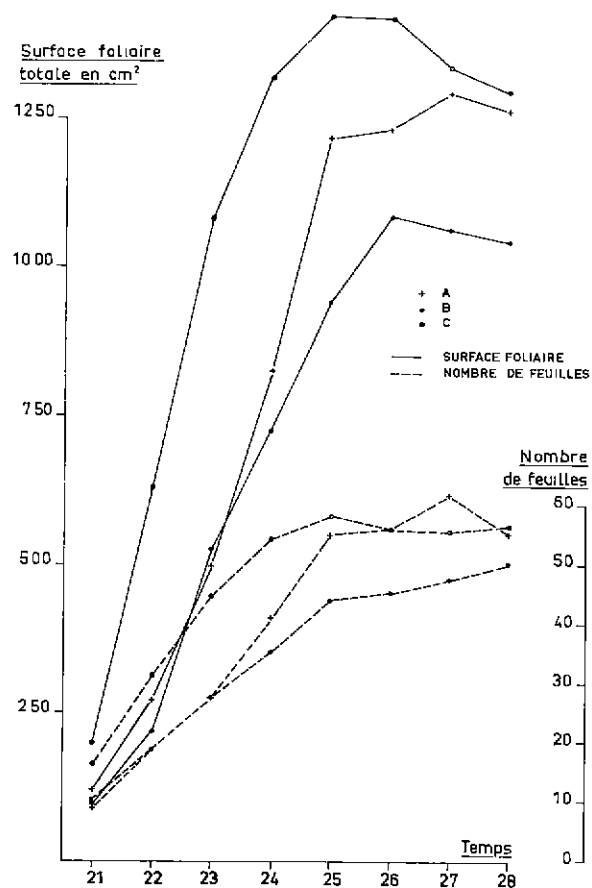


FIG. 2. — Nombre de feuilles et surface foliaire totale des plantes A, B, C.

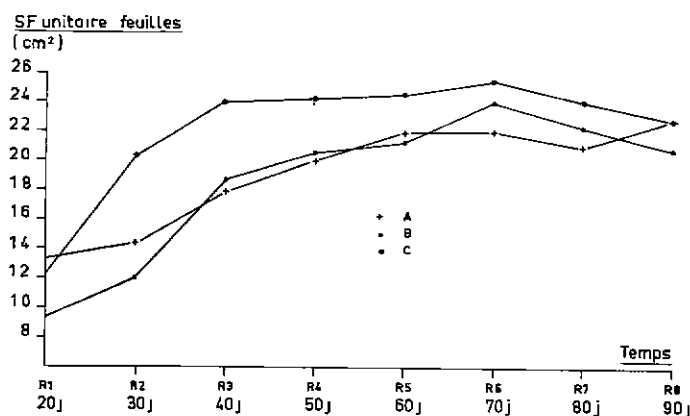


FIG. 3. — Evolution de la surface unitaire des feuilles au cours des 3 expériences A, B, C.

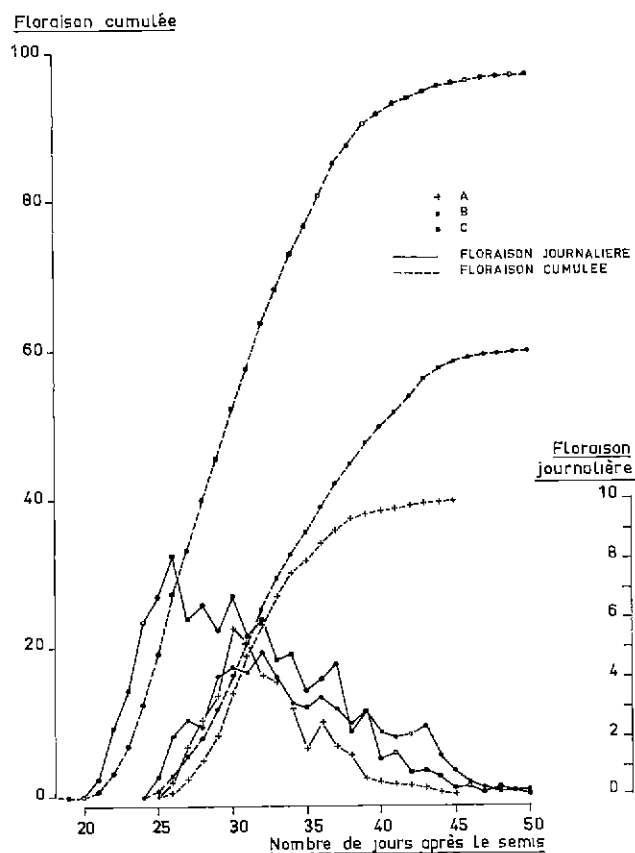


Fig. 4. — Floraisons journalière et cumulée des plantes A, B, C.

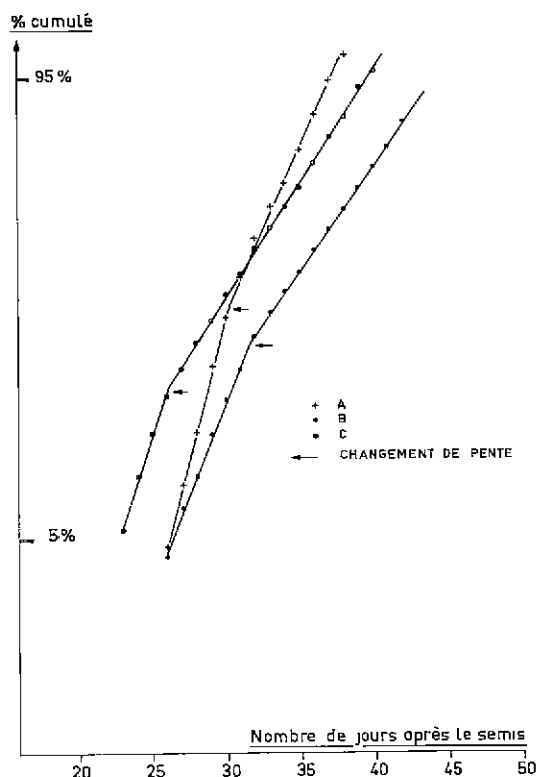


Fig. 5. — Transformation des courbes de floraison cumulée des plantes A, B, C.

Les plantes B ont une surface nettement moindre (1 100 cm²).

La surface moyenne par feuille (s. unitaire) varie au

cours du cycle comme le montre la figure 3. Les plantes C cultivées dans les meilleures conditions présentent une surface unitaire toujours supérieure à celle des plantes A et B : de 24 à 26 cm² au lieu de 20 à 22 cm². C'est un indice de plus grande vigueur des plantes. L'évolution de cette surface est différente selon les traitements : la taille ne s'accroît pratiquement plus à partir du 40^e jour chez les plantes C tandis qu'elle continue de croître jusqu'au 70^e jour chez les plantes A et B. Après ce moment, elle a tendance à régresser chez les plantes cultivées en serre (B et C).

Les résultats précédents sont assez voisins de ceux qu'on a obtenus au champ avec une densité de 160 000 pieds/ha.

3.2. Floraison et fructification.

La floraison individuelle a été notée chaque jour. Les gynophores et les gousses ont été comptés à l'occasion des récoltes décadaires.

3.2.1. Floraison.

Les floraisons journalières et cumulées des plantes A, B, C apparaissent dans la figure 4 (fleurs aériennes seulement). La floraison commence au 25^e jour pour A et B et au 20^e pour C. Elle est terminée 50 jours après le semis ce qui laisse théoriquement le temps suffisant aux gousses pour assurer leur maturation.

Les plantes C ont une floraison beaucoup plus abondante que les plantes A et B. Cette supériorité provient essentiellement de la plus grande précocité et d'une floraison maximale journalière plus intense. Compte tenu du retard de floraison des plantes A et B, les diagrammes de mise à fleur journalière sont très semblables : montée très rapide, le maximum étant atteint 5 à 7 jours après l'apparition de la première fleur, puis descente lente pendant les 35 jours suivants. Ces diagrammes sont typiques de la variété étudiée.

Le total de fleurs émises est très variable selon les traitements : 40 pour les plantes A, 60 pour les plantes B et 97 pour les plantes C. Les facteurs climatiques jouent donc un rôle essentiel dans l'ampleur de la production florale mais non dans son allure. Il est difficile de séparer l'action de la lumière, de la température, de l'hygrométrie. On peut cependant attribuer en grande partie la supériorité de floraison des plantes C par rapport aux plantes B à une hygrométrie plus favorable en hivernage et à un ensoleillement moins intense. D'autre part, l'écart plus important de température entre la nuit et le jour en saison sèche (B) freine certainement l'émission florale, mais elle ne l'inhibe pas. La floraison inférieure des plantes A est due surtout à l'insuffisance de lumière.

L'utilisation des pourcentages cumulatifs dans les limites 5-95 p. 100 et de l'échelle de probabilité normale (probits) permet de transformer les courbes de floraison en droites (Fig. 5). On constate qu'il y a rupture de pente commune aux 3 situations étudiées et qui a lieu 7 jours après le début de la floraison, c'est-à-dire immédiatement après la phase ascendante d'émission journalière. Ce changement de pente est dû au caractère dissymétrique de cette floraison. On remarque aussi que les pentes de floraison des plantes B et C sont égales, tandis que celle des plantes A est légèrement plus forte : le retard initial est partiellement compensé par une vitesse de mise à fleur accrue en liaison avec l'évolution morphologique des rameaux.

TABLEAU V. — Taux d'utilisation des fleurs et de fructification

		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Moyennes (1)
A	X	—	0	0	0,38	0,52	0,54	0,64	0,58	0,57
	Y	—	—	0	0,24	0,36	0,40	0,50	0,51	0,44
	Z	—	—	—	0,62	0,71	0,73	0,79	0,88	0,78
B	X	—	0	0,24	0,31	0,29	0,34	0,35	0,44	0,35
	Y	—	0	0,12	0,25	0,25	0,34	0,34	0,40	0,32
	Z	—	—	0,50	0,81	0,88	1,00	0,98	0,91	0,92
C	X	0	0,15	0,25	0,24	0,26	0,24	0,28	0,32	0,27
	Y	0	0,02	0,22	0,22	0,25	0,21	0,28	0,31	0,25
	Z	—	0,11	0,88	0,93	0,98	0,87	1,00	0,97	0,94

(1) Moyenne sur R5-R8 pour A, R4-R8 pour B, R3-R8 pour C.

3.2.2. Fructification.

Les variations des nombres de gynophores et de gousses apparaissent dans la figure 6. L'ordre d'apparition de ces organes est le même que pour les rameaux $n + 1$: on observe des gynophores et des gousses en formation dès R2 (30^e jour) chez les plantes C, à partir de R3 (40^e jour) chez les plantes B, à partir de R4 (50^e jour) chez les plantes A.

Le nombre final de gynophores est d'une trentaine pour C et de l'ordre de 25 pour A et B. On remarque surtout que le nombre de gousses suit de très près celui des gynophores à une date donnée, particulièrement au cours des tests en serre. Cette situation est précisée dans le tableau V où figurent les 3 rapports X, Y, Z : X = nombre de gynophores/nombre de fleurs, Y = nombre de gousses/nombre de fleurs et Z = X/Y calculés à chaque récolte.

Les rapports X, Y et Z sont très élevés pour les 3 tests, c'est-à-dire que les coefficients d'utilisation des fleurs sont particulièrement favorables, bien supérieurs à ceux des plantes poussées en conditions naturelles de plein champ. Les plantes A offrent le meilleur rapport X : 57 gynophores pour 100 fleurs émises. Les plantes B viennent assez loin derrière, suivies des plantes C. C'est probablement l'hygrométrie qui intervient ici comme facteur principal.

Les rapports Y sont un peu plus faibles, mais restent cependant très élevés. On vérifie que le coefficient d'utilisation des fleurs varie en sens inverse de la floraison totale.

Les valeurs des rapports Z sont voisines de l'unité pour les plantes B et C, ce qui signifie que presque tous les gynophores émis ont donné naissance à un fruit. Ce rapport est sensiblement plus bas chez les plantes A ; la progression régulière observée dans ce cas de R4 à R8 laisse penser que le cycle physiologique de celles-ci n'est pas terminé à 90 jours (R8).

3.3. Production de matière sèche.

A chaque récolte, on a déterminé séparément les poids secs des différentes parties constitutives des plantes après passage en étuve à 85°-90°. Dans ce qui suit, on considère successivement la partie végétative d'une part, les gousses et la plante entière d'autre part.

3.3.1. Partie aérienne et système racinaire.

Les poids secs (PS) de la partie aérienne (avec gynophores mais sans gousses) s'accroissent rapidement jusqu'à R4 puis plus lentement (Fig. 7). Les

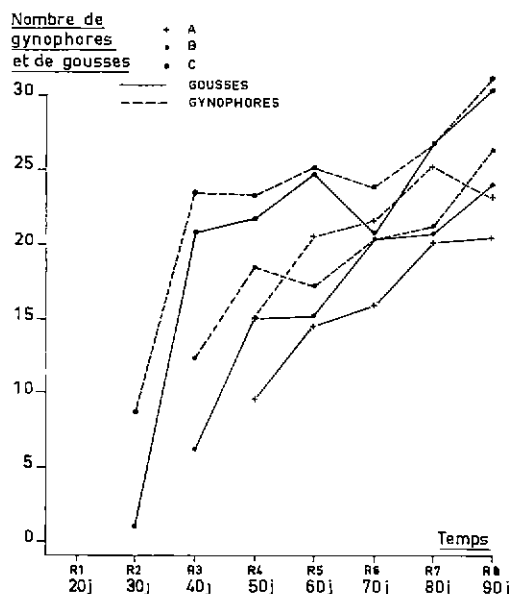


FIG. 6. — Evolution des nombres de gynophores et de gousses des plantes A, B, C.

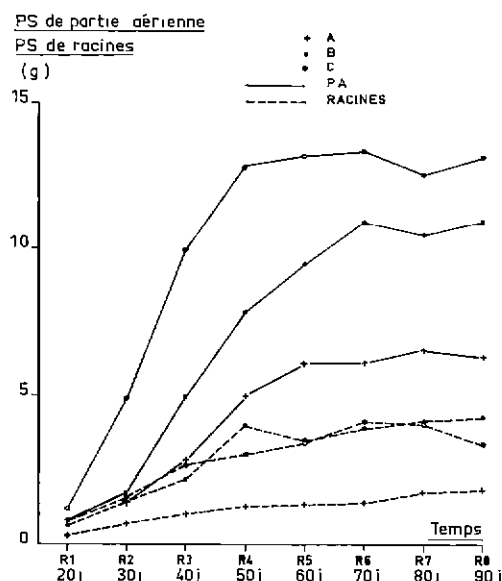


FIG. 7. — Poids secs de partie aérienne et de racines au cours des expériences A, B, C.

plantes B et C poussées en serre ont un PS de partie aérienne (PA) très supérieur à celui des plantes A dès le 30^e jour après le semis : les poids moyens calculés sur R4-R8 sont de 13 g pour les plantes C, de 10,4 g pour les plantes B et de 7 g seulement pour les plantes A.

Les PS de racines B et C sont voisins et atteignent 3,7-3,8 g en moyenne à partir de R4-R5. Il n'en va pas de même pour les plantes A dont la courbe de PS est constamment très en dessous de celles relatives aux plantes B et C ; leur poids de racines n'évolue pratiquement plus après le 50^e jour et reste limité à 1,5 g.

Une telle divergence se retrouve au niveau des rapports partie aérienne/racines (PA/SR). Les valeurs PA/SR des plantes A sont toujours très élevées avec minimum à 2,1 et maximum supérieur à 5 (Tabl. VI).

TABLEAU VI

Relations entre poids secs de partie aérienne de système racinaire et de gousses

		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
PA/SR	A	2,13	2,10	2,61	3,74	5,00	5,04	4,38	4,06
	B	1,20	1,19	2,22	1,95	2,70	2,78	2,53	2,52
	C	1,55	3,02	3,67	4,25	3,80	3,24	3,09	3,93
PG PA + SR	A	0	0	0	0,05	0,18	0,48	0,59	0,83
	B	0	0	0,01	0,18	0,41	0,56	0,82	0,94
	C	0	0	0,16	0,48	0,73	0,93	1,19	1,25

Ce faible développement des racines par rapport à l'appareil aérien reflète les bonnes conditions d'alimentation hydrique des plantes A : les pertes d'eau à l'unité de temps sont constantes pour chaque programme ; une croissance racinaire modérée suffit aux besoins (PA/SR moyen sur R5-R8 = 4,62). Inversement, les plantes B ont été soumises à des ETP instantanées très élevées et à de fortes différences journalières de températures : la proportion de racines s'accroît pour faire face aux « pointes » de consommation d'eau de PA (PA/SR moyen sur R5-R8 = 2,63). Les plantes C ont une position intermédiaire parce que l'« agressivité » climatique est moindre que dans le cas B et supérieure au cas A (PA/SR moyen sur R3-R8 = 3,66).

3.3.2. Gousses et plantes entières.

Les poids secs de gousses relatifs aux plantes A, B, C augmentent assez régulièrement au cours du cycle (Fig. 8). On retrouve le classement précédent : les plantes C produisent 20,6 g/pied, les plantes B 14,3 g et les plantes A 7,6 g. Les différences importantes constatées à propos des parties végétatives sont amplifiées au niveau des fruits. Le rapport PS de gousses/PS de PA + SR permet de chiffrer cet écart (Tabl. VI) : On constate qu'en fin de culture, le PS de gousses des plantes C est supérieur d'un quart à celui de la partie végétative, il est légèrement inférieur chez les plantes B. Pour les plantes A, le rapport atteint seulement 0,83. Là encore, l'aspect des courbes suggère que le cycle des plantes A n'est pas terminé en R8 et que le rapport précédent aurait été amélioré en prolongeant la culture de 10 ou 20 jours. Ainsi les diagrammes de PS des plantes entières (Fig. 8) se rapprochent d'une sigmoïde interrompue dans sa

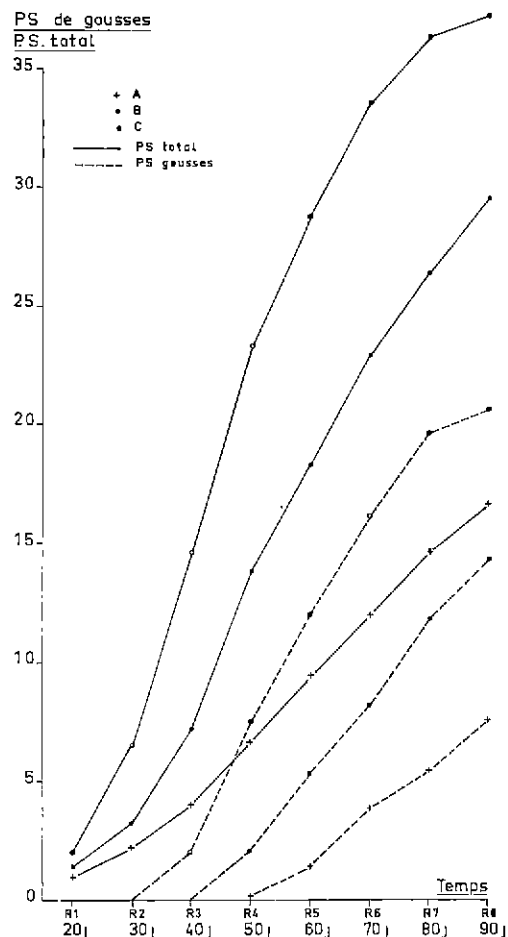


FIG. 8. — Evolution des poids secs de plante entière et de gousses.

partie finale chez les plantes A et B : leur développement n'est pas totalement achevé en R8.

3.4. Critères de croissance et de rendement photosynthétique.

Il est intéressant de calculer les vitesses de croissance des différents organes des plantes au cours des 3 expériences A, B, C. En effet, celles-ci donnent une idée plus exacte de la croissance et permettent des comparaisons rigoureuses entre les objets puisqu'elles tiennent compte des données initiales.

La vitesse de croissance relative (VCR) d'un organisme se déduit de la formule de Blackman ($q = 1/P \cdot dP/dt$). Si dans l'intervalle de temps n , le poids passe de P_0 à P_n , la VCR devient :

$$q = \left(\frac{P_n}{P_0} \right)^{1/n} - 1$$

Pour le calcul, on met cette expression sous forme logarithmique (relative growth rate = RGR de Watson) :

$$\log(1 + q) = \frac{\log P_n - \log P_0}{n}$$

Cette formule est valable à condition que le temps soit suffisamment petit pour qu'on puisse considérer la VCR comme constante (Blackman). Dans les expériences A, B, C, on a pris $t = 10$ jours pour la commodité des manipulations, un intervalle de 5 jours aurait été plus rigoureux.

De la même façon, il est utile de comparer les rende-

ments photosynthétiques des divers objets à différents instants du cycle. Il suffit de calculer le « taux d'assimilation nette » de Gregory (NAR en Anglais), équivalent du « rendement de l'appareil foliaire » [Ochs-Wormer] qui est le taux d'accroissement de poids sec par unité de surface foliaire.

Soit P_n, S_n, P_0, S_0 les poids secs et les surfaces aux temps 0 et n , et s la VCR de la surface foliaire pendant l'intervalle, on obtient :

$$TAN = \left(\frac{P_n - P_0}{S_n - S_0} \right) \cdot s \quad \text{avec } s = \left(\frac{S_n}{S_0} \right)^{1/n} - 1$$

Pour les calculs, on utilise la formule logarithmique de Gregory :

$$TAN = \frac{(P_n - P_0) \cdot (\log_e S_n - \log_e S_0)}{n(S_n - S_0)}$$

3.4.1. Vitesses de croissance relative.

Les VCR de la partie aérienne (PA), des racines (SR) et de la surface foliaire (SF) figurent dans le tableau VII. Les VCR en poids sont exprimées en mg/g/j, la VCR de surface est donnée en mm²/cm²/j.

Les valeurs négatives du tableau proviennent d'une diminution de poids sec ou de surface foliaire entre 2 récoltes consécutives. Cette tendance de fin de cycle s'explique par la variabilité des plantes prélevées à un moment où les VCR s'annulent, la migration des réserves et la défoliation.

Les VCR de plante entière : PA + SR et PA + SR + gousses apparaissent dans la figure 9.

Les valeurs partent d'un maximum en R2 puis décroissent rapidement jusqu'à R5-R6, époque à laquelle elles sont voisines de zéro pour les organes végétatifs. Les VCR (PA + SR + gousses) sont évidemment plus élevées et elles ne baissent que lentement à partir de R5 en raison de la production de gousses.

Cette diminution continue des VCR est une caractéristique assez générale de la croissance. On n'a pas déterminé les valeurs de VCR antérieures à la période 20-30 jours mais on sait que le taux de croissance relative est négligeable pendant les premiers jours après le semis, la plantule se développant à partir des réserves de la graine. Après le 10^e jour environ, se place une courte période de croissance accélérée avec une VCR très élevée. On constate sur la figure 9 que cette phase est déjà dépassée au moment R1-R2.

Les VCR de PA et de SF sont beaucoup plus élevées entre le 20^e et le 40^e jour chez les plantes C que chez les plantes A et B. On observe ensuite la tendance

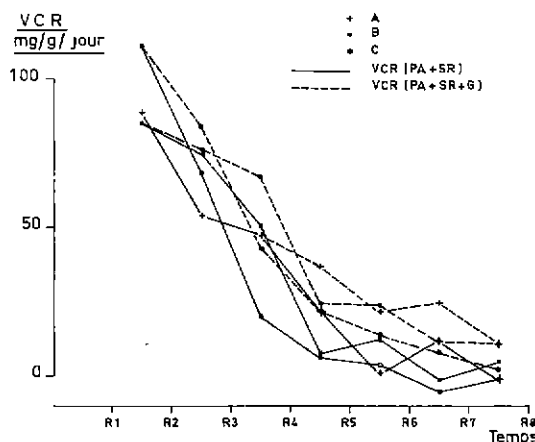


FIG. 9. — Vitesse de croissance relative des parties végétaives et des plantes entières.

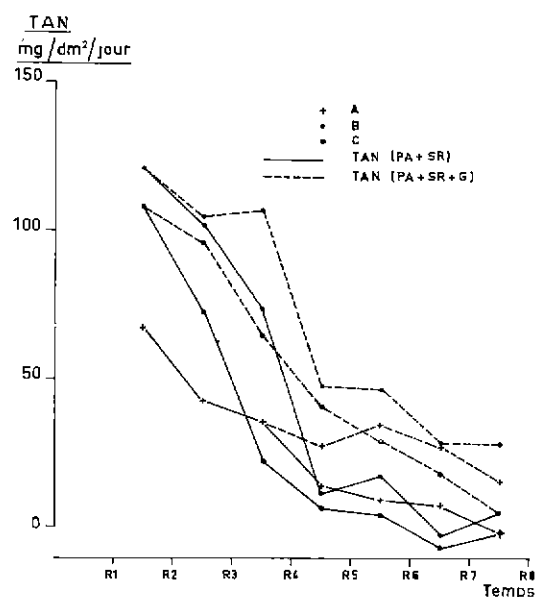


FIG. 10. — Evolution des taux d'assimilation nette des plantes A, B, C en fonction du temps.

contraire : les plantes A et B rattrapent une partie du retard pris pendant la 1^{re} moitié de la végétation. En ce qui concerne la VCR des racines, c'est le phénomène inverse qui a lieu. La VCR (PA + SR + gousses) des plantes C est régulièrement décroissante, tandis que celle des plantes A et B diminue de façon plus irrégulière et ne s'annule pas en R8, ce qui confirme que le cycle n'est pas tout à fait achevé au 90^e jour (cf. § 3.3.2).

TABEAU VII

Vitesses de croissance relative

		R1-R2	R2-R3	R3-R4	R4-R5	R5-R6	R6-R7	R7-R8
		VCR de PA	A 88 B 85 C 133	61 98 73	57 46 23	27 18 3	1 14 1	9 4 6
VCR de SR	A 89 B 86 C 66	40 37 52	20 60 6	0 — 12 18	1 11 15	22 5 — 1	5 5 — 18	
VCR de SF	A 8,5 B 8,4 C 10,9	5,9 8,3 5,5	5,2 3,3 1,9	3,6 2,4 0,7	0,1 1,5 0	0,4 0,2 — 0,6	— 0,3 0,2 — 0,3	

3.4.2. Taux d'assimilation nette

Les valeurs des TAN relatifs à la partie végétative des plantes (PA + SR) et à la totalité (PA + SR + gousses) apparaissent dans la figure 10. L'évolution générale est similaire à celle des VCR (Fig. 9). Les taux sont au maximum pour la 1^{re} période considérée R1-R2, ils décroissent rapidement ensuite jusqu'en R4-R5, puis plus lentement jusqu'au voisinage du zéro en R7-R8.

Les TAN des plantes B et C sont nettement supérieurs à ceux des plantes A pendant les 50 premiers jours de culture. La valeur maximale pour B et C dépasse 100 mg/dm²/j, alors qu'elle est inférieure à 70 mg/dm²/j pour les plantes A. Cette infériorité de rendement est liée à l'insuffisance d'énergie lumineuse de l'enceinte. Elle provient de 2 causes imbriquées dont la seconde est une conséquence de la première : l'insuffisance de lumière abaisse directement le rendement de la photosynthèse ; elle provoque aussi une modification morphologique initiale de la ramification (« flage de la tige », cf. § 3.1.2) moins favorable que la disposition habituelle pour la réception de la lumière. Il s'ensuit un effet induit d'ombrage des feuilles les plus basses et par conséquent une réduction supplémentaire de rendement. Lorsque la morphologie modifiée initialement des plantes A revient vers la normale, les valeurs du taux d'assimilation nette se rapprochent de celles des plantes B et C.

Nota : Il faut préciser que des 2 causes par lesquelles peut agir le facteur lumière, l'intensité et la composition spectrale, c'est en principe la première seulement qui entre en jeu. En effet, le type de tubes fluorescents utilisés donne satisfaction sur le plan spectral.

On note que le TAN des plantes B est toujours plus élevé que celui des plantes C poussées en hivernage. La nette diminution de surface foliaire caractéristique de la saison sèche est « compensée » par un rendement photosynthétique amélioré. C'est apparemment l'insolation journalière moyenne plus élevée en mars-avril-mai (9,9 h) qu'en août-septembre-octobre (7,8 h) de même que le rayonnement global plus intense qui permettent cette augmentation du TAN. Celle-ci ne compense cependant pas complètement le déficit de surface foliaire : le poids de matière sèche des plantes C est toujours supérieur à celui des plantes B, notamment le poids de gousses (Fig. 8).

3.5. Taux relatif de chlorophylle.

On a extrait à l'acétone la chlorophylle totale de 2 feuilles jeunes de la tige principale des plantes A, B, C à chaque récolte. On déterminait la densité optique à 6450 Å. Les résultats sont exprimés en densité optique par cm² de surface foliaire (DO/SF × 100). Les rapports concernant les plantes B et C sont toujours comparables, les dosages étant faits sur des feuilles de même âge. Pour les plantes A, les feuilles prélevées étaient un peu plus âgées et la comparaison avec B et C doit en tenir compte.

Les rapports DO/SF figurent dans le tableau VIII (moyennes des dosages sur 2 feuilles par plante).

Les concentrations en chlorophylle des plantes B sont sensiblement plus fortes que celles des plantes C pendant tout le cycle. Il s'agit là du même phénomène apparemment compensatoire cité au paragraphe précédent. Les feuilles formées en saison sèche, de taille

TABLEAU VIII

Rapports DO/SF × 100 des plantes A, B, C
de 10 en 10 jours

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
A	4,17	3,80	4,06	3,95	4,02	3,85	3,33	1,46
B	4,79	3,81	4,53	5,13	5,16	3,94	3,14	2,40
C	3,38	3,05	3,00	2,90	2,69	2,54	1,84	1,31

plus réduite et moins nombreuses (Fig. 2 et 3) ont une couleur plus foncée, elles contiennent plus de pigments photo-actifs par unité de surface que les feuilles typiques de la saison de culture. Ce fait est en liaison avec un meilleur ensoleillement ; le taux d'assimilation nette s'en trouve amélioré (§ 3.4.2).

Les plantes A présentent des DO intermédiaires, mais plus proches des plantes B. L'évolution des rapports DO/SF est différente selon les plantes : les valeurs relatives aux plantes C décroissent régulièrement de R1 à R8. Les rapports des plantes B passent par un maximum en R4-R5. La tendance chez les plantes A est irrégulière. Il existe une relation entre les rapports DO/SF et les taux d'assimilation nette.

3.6. Interprétation statistique.

Le nombre assez réduit d'échantillons à chaque récolte ne permet pas de calculer valablement les corrélations inter-objets classiques. Etant donné le caractère relatif voulu des résultats précédents, ces corrélations n'auraient qu'un intérêt limité. On peut cependant préciser statistiquement les différences observées pour certains paramètres en considérant les 3 expériences A, B, C comme des traitements différents d'un même essai.

Les principaux résultats sont repris dans le tableau IX. Pour chaque paramètre, on dispose de la PPDS (1^{er} chiffre : 5 p. 100, 2^e chiffre : 1 p. 100), des seuils de signification (1^{re} lettre : moyenne la plus forte) et du coefficient de variation.

Les cases vides du tableau IX correspondent soit à des données incomplètes dans les premiers stades de la végétation (nombre de gynophores, poids de gousses etc...) soit à des variabilités trop élevées. On constate en effet que les CV indiqués sont généralement forts. Ils tendent d'ailleurs à s'amenuiser avec le temps, sauf ceux qui concernent les longueurs de rameaux et le poids de racines.

Malgré cette variabilité importante, les différences observées sont presque toujours hautement significatives. On peut extraire du tableau les résultats suivants qui permettent de compléter rapidement les résultats précédents :

— les plantes C développent plus de rameaux d'ordre n + 1 que les plantes A et B équivalentes de ce point de vue ;

— la longueur de la tige principale est presque toujours significativement différente selon A, B, C (ordre AC, AB, BC). La longueur des rameaux n + 1 est toujours supérieure chez les plantes C ; elle n'est pas différente chez les plantes B et C à partir du 70^e jour après le semis ;

— les différences statistiques concernant le nombre de feuilles et leur surface sont variables avec l'époque

TABLEAU IX
Résultats statistiques

Epoques Paramètres	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Nombre de rameaux d'ordre n + 1	—	—	—	—	—	—	—	1,2- 0,8 CA** CB** Ba ns 15,4
Longueur de la tige principale	2,4 AC** AB** CB** 17,2	2,8 AC ns AB** CB** 15,1	2,3 AC** AB** CB** 8,1	3,1 AC** AB** CB** 10,1	2,8 AC** AB** CB** 8,5	3,5- 2,5 AC** AB** CB* 10,9	3,4 AC** AB** CB** 11,0	4,0 AC** AB** CB** 9,5
Longueur des rameaux d'ordre n + 1	—	—	8,5 CA** CB** BA** 9,2	15,8-11,5 CA** CB** AB ns 12,8	13,3 CA** CB** AB** 8,4	22,0-15,9 CA** CB** AB ns 14,8	31,9-23,1 CA** CB** AB ns 21,2	28,6-20,7 CA** CB** AB ns 19,3
Longueur totale des rameaux (TP + RC + RS)	—	—	9,5-6,8 CA** CB** BA* 7,9	16,9-12,2 CA** CB** AB* 11,0	15,1-10,9 CA** CB** AB* 7,8	24,9-18,0 CA** CB** AB* 14,0	32,2-23,3 CA** CB** AB* 17,7	29,4-21,3 CA** CB** AB* 16,3
Nombre total de feuilles	3,0-2,2 CA** CB** BA ns 14,3	6,4 CA** CB** AB ns 16,4	5,3-3,8 CA** CB** AB ns 8,7	4,7 CA** CB** AB** 6,4	4,1-3,0 CA* lim. CB** AB** 4,6	10,1 CA ns CB** AB** 11,3	11,2- 8,1 CA ns CB* lim. AB** 12,0	12,0- 8,1 CA ns CB ns AB ns 10,8
Surface foliaire totale	46 CA** CB** AB ns 18,1	100-73 CA** CB** AB ns 15,8	142 CA** CB** AB ns 11,2	174-126 CA** CB** AB ns 10,7	126-91 CA** CB** AB* 6,2	180-130 CA** CB** AB* 8,5	146-106 CA** CB** AB ns 7,0	133-96 CA ns CB** AB** 6,5
Nombre de gynophores	—	—	—	6,1-4,4 CA** CB* BA ns 18,9	4,9-3,6 CA* CB** AB ns 13,9	5,4-3,9 CA ns CB ns AB ns 14,4	5,8-4,2 CA ns CB* AB ns 14,0	6,4-4,6 CA** CB* AB ns 13,9
Poids sec de gousses	—	—	—	—	1,3 CA** CB** BA** 12,1	1,0 CA** CB** BA** 6,5	1,5 CA** CB** BA** 7,3	2,0 CA** CB** A** 8,4
Poids sec de partie aérienne	0,3-0,2 CA** CB** BA ns 19,2	0,9-0,7 CA** CB** BA ns 19,9	1,3-0,9 CA** CB** BA** 12,3	1,7-1,2 CA** CB** BA** 12,0	1,2-0,9 CA** CB** BA** 7,2	1,3-1,0 CA** CB** BA** 7,7	1,3-0,9 CA** CB** BA** 7,6	1,2-0,9 CA** CB** BA** 7,0
Poids sec de racines	—	0,3-0,2 CA** CB ns BA** 15,7	0,6-0,5 CA** CB* BA** 18,1	0,9-0,6 BC** BA** CA** 19,3	0,4-0,3 BC ns BA** CA** 9,6	1,0-0,7 CA** CB ns CA** 18,7	0,8-0,6 BC ns BA** CA** 14,6	1,2-0,9 BC* BA** CA** 23,1
Poids sec de la plante entière	—	1,0-0,7 CA** CB** BA** 15,5	1,9-1,4 CA** CB** BA** 12,2	3,3-2,4 CA** CB** BA** 12,4	1,3-1,0 CA** CB** BA** 4,2	2,5-1,8 CA** CB** BA** 6,4	2,3-1,7 CA** CB** BA** 5,3	3,6-2,6 CA** CB** BA** 7,7

du cycle. Il en est de même pour le nombre de gynophores ;

— quant aux poids secs, on observe toujours les mêmes différences systématiques au cours du cycle pour les gousses, les parties aériennes et les plantes entières : les plantes C sont supérieures aux plantes B, elles-mêmes supérieures aux plantes A. On constate généralement des différences significatives de sens variable pour les poids de racines selon l'époque des prélèvements.

4. CONCLUSIONS

Au cours des 3 expériences A, B, C, de nombreux paramètres ont été étudiés. Les modifications diverses dans la croissance et le développement des pieds d'arachide ont généralement une grande amplitude. L'hivernage étant la saison de culture habituelle, on peut considérer les conditions C comme normales et faire des plantes C le terme de comparaison commun pour les plantes A et B.

Comparaison B-C.

Pour une culture d'arachide en serre, les modifications principales provoquées par la variation des facteurs climatiques entre 2 saisons contrastées de l'année sont les suivantes :

— raccourcissement spectaculaire de la tige principale et des rameaux secondaires en saison sèche. Le raccourcissement moyen pendant tout le cycle est de 31 p. 100 pour la TP et de 51 p. 100 pour la longueur totale des rameaux. Le nombre de feuilles des plantes cultivées en saison sèche diminue, mais dans une proportion moindre (17 p. 100) et la longueur moyenne des entre-nœuds se trouve ainsi réduite (— 32 p. 100) conférant aux plantes l'aspect typique de saison sèche ;

— la diminution de surface foliaire est importante : 25 p. 100. Malgré une augmentation du taux d'assimilation nette (Fig. 10), la production de matière sèche et en particulier de gousses est loin d'atteindre celle des plantes d'hivernage. Si on compare les moyennes des 4 dernières récoltes, on obtient les chiffres suivants (en g) :

	Partie aérienne	Gousses	Plantes entières
Plantes B	10,4	9,9	24,3
Plantes C	13,0	17,1	33,5
Différence p. 100	20	42	27

L'écart le plus fort concerne les gousses : 40 p. 100. Si on ne considère que le chiffre final, peut-être plus significatif, on observe encore une chute de 40 p. 100.

La floraison totale des plantes cultivées en contre-saison est nettement moindre que celle des plantes d'hivernage (— 38 p. 100). Cette diminution ne constitue pas nécessairement un désavantage puisque le taux d'utilisation des fleurs était plus élevé en saison sèche (cf. § 3.2.2 et Fig. 6). Le nombre final de gousses est du même ordre dans les 2 séries de plantes (20 et 24). La différence de poids provient essentiellement d'une maturation incomplète chez les plantes B.

Les 3 facteurs : température, hygrométrie, lumière sont à l'origine de ces différences de comportement. En particulier le raccourcissement des tiges est imputable en grande partie à la lumière plus intense de saison sèche : ainsi le rayonnement global moyen à Bambey pour la période 1965-1969 est de 577 cal/cm²/j en mars-avril-mai (test B) et de 454 cal/cm²/j en août-septembre-octobre (test C). Ce facteur et la durée moyenne de l'insolation journalière (§ 3.4.2) sont étroitement liés (corrélation hautement positive). Quant à la longueur de jour, elle varie peu (12 h 27 pour B et 12 h 17 pour C en moyenne) et ne semble pas être une cause sensible de modification.

L'hygrométrie et la température ont certainement eu une influence, mais moindre que celle du rayonnement. Ainsi les températures minimales ont probablement ralenti la croissance et la maturation. Le déficit de saturation très élevé l'après-midi a agi dans le même sens (cf. § 3.3.1). Si les plantes avaient été cultivées à l'air libre, l'influence de l'hygrométrie aurait probablement été plus sensible sur les plantes B (§ 2.2).

Les écarts importants de température en saison sèche ont certainement restreint la floraison (voir les expériences de Fortanier).

Comparaison A-C.

Entre plantes poussées en serre pendant l'hivernage et plantes cultivées en phytotron, les différences sont encore plus marquées que précédemment.

On note un allongement important de la tige principale des plantes A (+ 51 p. 100) au détriment des premiers rameaux secondaires, préjudiciable au rendement photosynthétique et à l'initiation florale. Cette croissance en longueur très active ne peut être assimilée à un étiolement typique : les entre-nœuds ne sont pas grêles et leur longueur plus importante en début de culture redevient normale après le 40^e jour (§ 3.1.3). La surface unitaire des feuilles A est inférieure à celle des feuilles C mais égale à celle des feuilles B (§ 3.1.4). De même, le taux de chlorophylle est sensiblement plus élevé chez les plantes A (§ 3.5).

Cette modification de croissance est provoquée essentiellement par la faiblesse relative d'éclairement en enceinte climatique, les autres facteurs du climat se comparant favorablement à ceux régnant en serre (températures, hygrométrie, longueur du jour = 12 h). C'est aussi ce déficit qui abaisse le taux d'assimilation nette (§ 3.4.2) jusqu'au 40^e jour. Par la suite, celui-ci devient supérieur au TAN des plantes C mais il est alors trop tard pour que les productions de matière sèche soient comparables (la surface foliaire étant d'ailleurs plus faible : — 9 p. 100 sur R5-R8). A ce propos, la comparaison A-C conduit aux chiffres suivants (g) :

	Partie aérienne	Gousses	Plantes entières
Plantes A	7,0	7,8	13,2
Plantes C	13,0	20,6	33,5
Différence p. 100	44	62	61

(Le poids de gousses est celui de R8 pour A et C). Les différences relevées sont plus fortes que dans le cas B-C.

En définitive, les divergences de croissance et de développement très tranchées entre les plantes A, B, C proviennent principalement du facteur lumière. Les productions de matières sèches font plus que doubler de A vers C en passant par B (Fig. 8). L'infériorité des plantes A et B par rapport aux plantes de référence C provient aussi d'un certain retard de cycle : des prélèvements effectués au 100^e jour auraient donné des résultats moins divergents.

Remarque. — La production de gousses par plante A paraît faible en regard des plantes B et C. Cependant un rendement de 7,8 g de MS/pied correspond à une récolte réelle de 8,25 g. Compte tenu de la surface des vases de végétation utilisés, l'extrapolation théorique à l'ha indique un rendement de plus de 3 t. L'expérimentation sur arachide en conditions contrôlées définies plus haut est donc parfaitement viable, à condition de connaître avec précision les modifications résultantes.

BIBLIOGRAPHIE

- WATSON D. J. — The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, 1952, **4**, 101-104.
- OCHS R. et WORMER T. H. M. — Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de l'arachide. *Oléagineux*, 1959, **14**, 5, 281-291.
- BILLAZ R. — Comparaison de 4 variétés d'arachide pour leur résistance à la sécheresse. *Oléagineux*, 1962, **17**, 1, 35-39.
- DE BEER J. F. — Influence of temperature on *Arachis hypogaea* L. Wageningen, 1963, Pudoc, 81 p.
- RONCHAINÉ J. — Mesure et étude de la croissance chez les végétaux : Principes généraux et exemples d'application. *Biométrie-Praximétrie*, 1964, **5**, 3-4, 135-159.
- BOCKELLE-MORVAN A. — Surface foliaire de l'arachide et densité optimum de semis. *Oléagineux*, 1965, **20**, 1, 9-12.
- GAUTREAU J. — Recherches variétales sur la résistance à la sécheresse de l'arachide, II. *Oléagineux*, 1966, **21**, 12, 741-745.
- FRANQUIN P. — Le développement chez des espèces cultivées de jour court. *Cahiers ORSTOM*, 1966, sér. Biol. N° 2, 73-90.
- GILLIER P. et SILVESTRE P. — *L'arachide*, éd. Maisonneuve et Larose, Paris, 1969, 292 p.
- DANCETTE C. et WILLIOT P. — Mesure du rayonnement global à Bambey et corrélation avec les durées d'insolation réelle et possible. Application à l'agriculture. Communication au colloque OMS de Dakar, 1971.
- GAUTREAU J. — Rapports annuels de la Section I. R. H. O. du CNRA de Bambey, 1971-1972.

