

**CULTURE SANS SOL DU POIS AU SAHARA
COMPARAISON DE DEUX MODES D'IRRIGATION**

par **Danielle Scheidecker, Uranie Andreopoulos-Renaud**
et **Marianne Hollier-Larousse**

(Note présentée par **M. Chouard**)

INTRODUCTION

L'intérêt que présentent au Sahara les cultures sans sol a été exposé ici par le Pr P. Chouard en 1961 (1), en même temps que les premiers résultats obtenus à la Station de Recherches sahariennes du C.N.R.S. à Béni-Abbès (Algérie).

Les essais ont été régulièrement poursuivis depuis. Nous n'exposerons aujourd'hui que les résultats relatifs à la comparaison des deux modes d'irrigation employés (*arrosage superficiel et irrigation souterraine*) sur des cultures de Pois (*Pisum sativum*). Cette espèce, d'une part se prête bien à des essais comparatifs (homogénéité du matériel, dimensions des graines permettant un semis très régulier, cycle de végétation assez court) d'autre part permet la mise en évidence des effets du climat saharien sur les exigences thermopériodiques des plantes et sur les limitations qu'elles imposent dans des conditions moins exceptionnelles.

I. — TECHNIQUES DE CULTURE ET D'OBSERVATION

A. — *Techniques culturales*

Bacs de 4 mètres carrés, en bois ou en ciment, du type déjà décrit, garnis de *sable siliceux* de l'Erg (1).

Alimentation par *eau douce* et *solution nutritive*. De campagne en campagne, la formule de la solution nutritive a été modifiée pour tenir compte des apports d'éléments provenant du sable

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 29.698 ex 1

Cote : B

ou de l'eau et en fonction des résultats obtenus (*). Au cours de la campagne de 1965, compte tenu de l'apport d'éléments par l'eau, la composition élémentaire réelle de la solution (concentration globale : 0,818 g/l), exprimée en milligrammes par litre, était la suivante :

N	P	S	Cl	K	Ca	Mg	Na
153	31	22	59	164	74	27	36

Les quantités d'oligo-éléments ajoutées à la solution n'ont pas été modifiées depuis les premiers essais.

L'arrosage superficiel est dispensé très simplement avec des arrosoirs de matière plastique. Pour *l'irrigation souterraine*, la dimension des particules du sable de l'Erg n'autorise pas l'emploi des techniques habituelles de sous-irrigation par pompage ou écoulement continu d'une nappe d'eau. Le procédé mis au point à Béni-Abbès est le seul qui convienne à ce substrat : injection de la solution nutritive ou de l'eau, au moyen d'une pompe dans des tuyaux perforés sur le plan axial et enterrés à mi-profondeur dans le sable (**).

Les bacs alimentés par irrigation souterraine ont été arrosés superficiellement jusqu'au second ou au troisième jour après la levée.

Semis : trois lignes par bac, tracées dans le sens de la longueur et distantes de 30 centimètres; une graine tous les 4 centimètres sur la ligne et à 3 centimètres de profondeur.

B. — TECHNIQUES D'OBSERVATION ET D'ANALYSE

1° *Appréciation des conditions du milieu physique.* — Un thermomètre et un hygromètre enregistreurs, des thermomètres à maxima et minima et un évaporomètre de Piche étaient placés

(*) La solution nutritive a été préparée, à différentes dilutions, à partir des mélanges de sels suivants :

	1960	1962	1964	1965	} = 100 parties en poids
NO ₃ K	51,5	55,1	55,1	49,4	
NO ₃ NH ₄		10,9	10,9	19,6	
(NO ₃) ₂ Mg, 6 H ₂ O				16,6	
(PO ₄) ₂ H ₂ Ca, H ₂ O	16	17,2	17,2	15,4	
SO ₄ (NH ₄) ₂	16,8				
SO ₄ Mg, 7H ₂ O	15,7	16,8	16,8		

(**) Les bacs de 4 mètres carrés ont été équipés de tuyaux de polyéthylène semi-rigide dont le diamètre intérieur était égal à 21 ou 27 millimètres. L'injection de liquide était assurée par une pompe électrique mobile dont les caractéristiques étaient les suivantes : moteur 0, 24 CV à 2 750 tours par minute; débit : 3 litres par minute à 12 mètres de Hmt, 25 litres par minute à 3 mètres de Hmt.

dans un abri météorologique classique au milieu d'une parcelle du terrain de culture laissée nue.

Un évaporomètre de Piche, protégé par un abri de type I.N.R.A., était placé entre les bacs plantés de pois, la pastille maintenue à 40 centimètres du sol, c'est-à-dire au niveau de la végétation. Des thermomètres prévus pour cet usage étaient enfoncés dans le substrat de culture à 5 et 10 centimètres de profondeur.

2° *Mesures de transpiration foliaire.* — Des mesures de transpiration instantanée ont été faites sur des folioles entières détachées suivant la méthode décrite par de Parcevaux (2).

3° *Dosage des éléments.* — Dans chaque bac de 4 mètres carrés nous avons prélevé un échantillon moyen représentatif de chaque récolte de gousses et des fanes en fin de culture. Les macro-éléments ont été dosés dans ce matériel végétal séché à l'étuve à 80° suivant des techniques classiques (N par la méthode de Kjeldahl; P par spectrophotométrie du complexe jaune formé avec le nitro-vanado-molybdate d'ammonium; S par turbidimétrie après précipitation sous forme de sulfate de baryum; K et Ca par photométrie de flamme; Mg par complexométrie : dosage de la somme Ca + Mg par titrage direct au versénate en présence de noir d'ériochrome T).

4° *Schéma expérimental.* — Les résultats des campagnes de fin d'hiver 1960 et ceux de la campagne de printemps 1962 sont donnés à titre indicatif.

Les essais comparatifs systématiques des deux modes d'irrigation ont été faits avec deux cultivars nains de Pois, « Merveille de Kelvedon » au printemps 1964 et « Merveille de Kelvedon » et « Obéron » à la fin du printemps et au début de l'été 1965. Pour faciliter l'interprétation, nous avons choisi de comparer l'irrigation souterraine et l'arrosage superficiel en fournissant dans les deux cas les mêmes quantités d'eau et d'éléments nutritifs.

II. — RÉSULTATS

Le tableau I rassemble tous les résultats obtenus de 1960 à 1965.

La figure 1 met en rapport les résultats obtenus en 1964 et en 1965 pour le Pois « Merveille de Kelvedon » avec les températures de l'air et du substrat de culture.

TABLEAU I
RÉSULTATS OBTENUS A DES PÉRIODES DIFFÉRENTES DE L'ANNÉE

CULTIVAR	SURFACE CULTIVÉE (en m ²)	DATES	DURÉE (en j)	MODE D'IRRIGATION	APPORT TOTAL ÉLÉMENTS PAR SOLUTION (en g sels par m ²)	CONSOMMATION EAU + SOLUTION (en l)			POIDS DE RÉCOLTE (*) (kg mat. fraîche/m ²)		
						par m ²		par kg gousses	Fanes	Gousses	Fanes / Gousses
						Totale	par jour				
Petit provençal	4	11-2 — 6-4-60	56	Irr. souterr.	63	262	4,7	328		0,80	
Merveille de Kelvedon	4	15-1 — 22-3-60	68	d°	69	278	4,1	381		0,73	
	10	12-3 — 14-5-62	64	d°	225	664	10,4	474	1,4	1,4	1
	8	4-3 — 4-5-64	61	d°	242	695	11,4	409	1,8	1,7	1,1
	16	d°	d°	Arr. superf.	d°	d°	d°	535	1,3	1,3	1
	12 12	27-4 — 9-6-65 d°	44 d°	Irr. souterr. Arr. superf.	256 d°	463 d°	10,5 d°	482 2 205	0,72 0,39	0,96 0,21	0,75 1,9
Obéron	4	29-3 — 13-5-62	46	Irr. souterr.	109	451	9,8	375	1,2	1,2	1
	2	29-3 — 8-5-62	41	Arr. superf.	98	368	9	526	0,82	0,68	1,2
	12 12	29-4 — 5-6-65 d°	38 d°	Irr. souterr. Arr. superf.	203 d°	380 d°	10 d°	494 1 520	0,68 0,33	0,77 0,25	0,88 1,3

(*) Dans tous les cas, à la récolte, les fanes étaient entièrement vertes, les gousses pleines et les graines fraîches et tendres.

POIS "MERVEILLE DE KELVEDON"

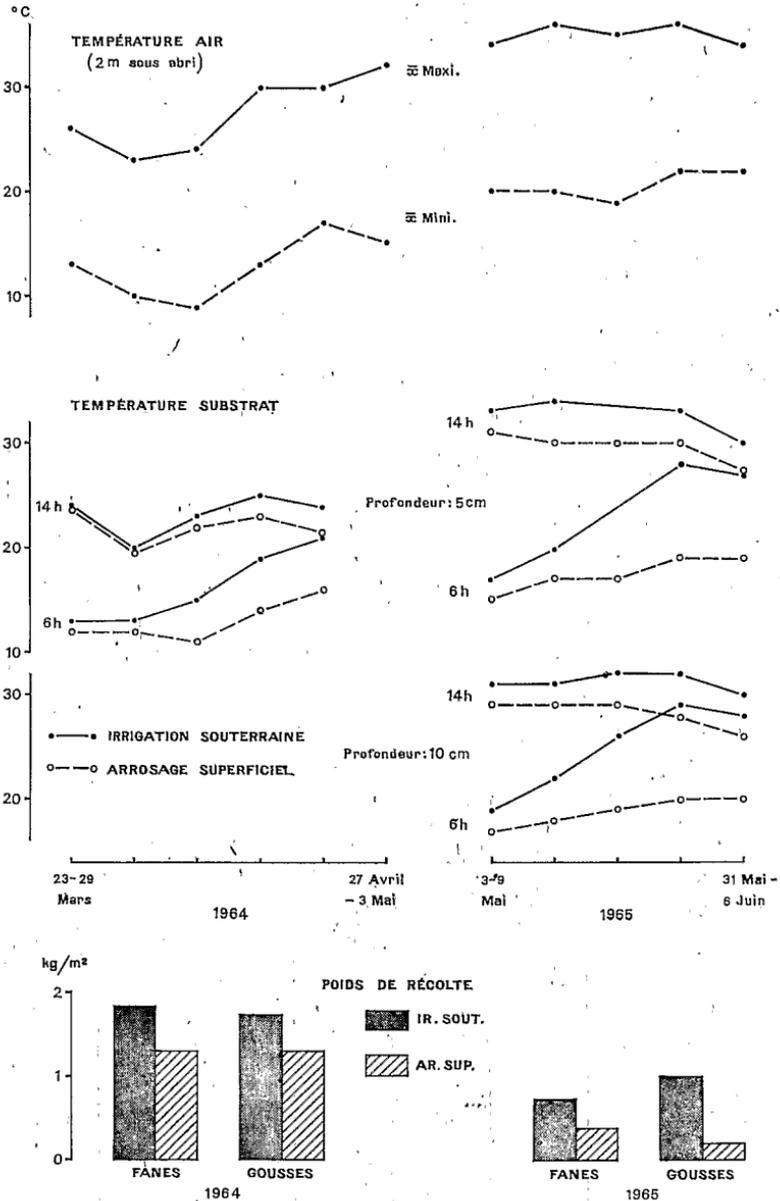


Fig. 1. — Comparaison des conditions écologiques et des poids de récolte pour une campagne de printemps et une campagne de début d'été. (Les températures correspondent à des moyennes hebdomadaires.)

1° La croissance des plantes alimentées par irrigation souterraine est toujours plus importante. La différence entre les deux traitements est plus forte en été qu'au printemps. L'augmentation par rapport à l'arrosage superficiel est de l'ordre de 30 p. 100 pour les fanes et les gousses de « Merveille de Kelvedon » et de 60 p. 100 pour « Obéron » en fin de printemps; en début d'été, elle est de 75 p. 100 pour les fanes et de 300 p. 100 pour les gousses de « Merveille de Kelvedon » et de 100 p. 100 et 200 p. 100 pour « Obéron ».

2° Le Pois « Obéron » est plus précoce que le Pois « Merveille de Kelvedon ». Par rapport à la campagne de printemps, la durée du cycle de végétation a été réduite au début de l'été de 30 p. 100 environ pour la première de ces deux variétés et de 15 p. 100 environ pour la seconde. Le mode d'irrigation ne semble guère exercer ici d'influence sur le rythme de développement (délai de floraison et de maturation des gousses).

3° Au printemps, la valeur du rapport du poids des gousses (maturité de consommation) à celui des feuilles et des tiges est pratiquement la même pour les deux variétés et les deux modes d'irrigation; elle est voisine de l'unité. Il n'en va pas de même au début de l'été : la production relative de gousses augmente en irrigation souterraine et diminue en arrosage superficiel jusqu'à être très faible.

4° En ce qui concerne l'économie de l'eau de ces plantes, nous n'avons fait jusqu'à présent que des mesures de transpiration instantanée. Le tableau II et les courbes de la figure 2.

TABLEAU II
POIS « MERVEILLE DE KELVEDON ». VARIATIONS
DE LA TRANSPIRATION FOLIAIRE AU COURS D'UNE JOURNÉE DE JUIN 1965
(Age des plantes compté à partir du semis : 21 j)

MODE D'IRRIGATION	MG EAU / G MAT. FRAICHE / MN			MG EAU / CM ² / MN		
	5-6 h	10-11 h	15-16 h	5-6 h	10-11 h	15-16 h
Irrigation souterraine	19	71	77	0,22	0,82	0,89
Arrosage superficiel	21	69	60	0,26	0,84	0,68

POIS "MERVEILLE DE KELVEDON" - 18 Juin 1965

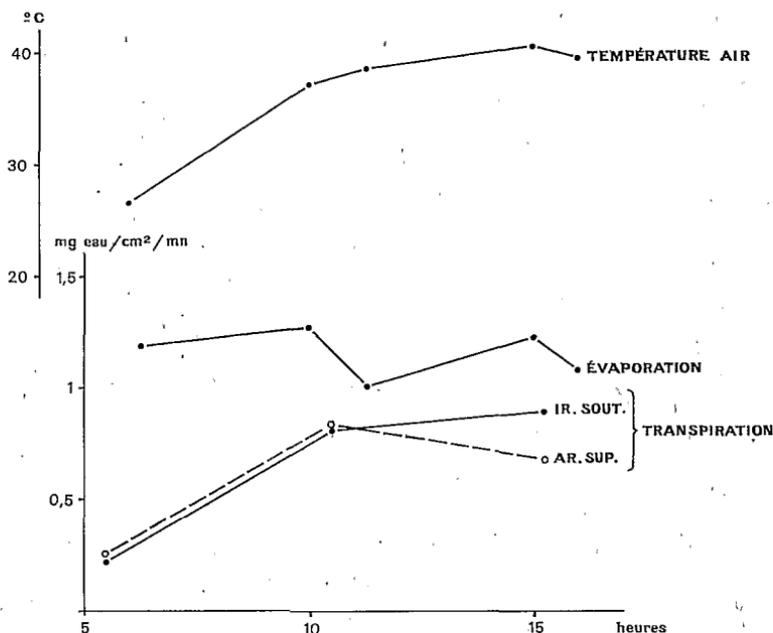


FIG. 2. — Évolution de la température, de l'évaporation et de la transpiration foliaire au cours d'une journée de juin (Pois).

rendent compte des variations au cours d'une journée de juin de la température de l'air (mesure du thermomètre sec du psychromètre à ventilation placé dans la culture dans les mêmes conditions que les folioles et les pastilles Piche), de la transpiration instantanée de folioles entières des quatrième et cinquième feuilles de Pois « Merveille de Kelvedon » âgés de 21 jours et de l'évaporation de pastilles Piche blanches (un vent assez fort qui n'a commencé à souffler que vers 6 heures explique la valeur, exceptionnellement forte à ce moment de la journée, de l'évaporation de la pastille Piche).

Les courbes de la figure 3 traduisent les données identiques obtenues avec des rondelles prélevées sur des feuilles adultes de Haricots « Myrto » âgés de 42 jours; elles confirment les résultats obtenus pour le Pois.

Du lever du jour à 11 heures et en fin d'après-midi, on n'observe aucune différence entre les deux traitements. En revanche, au moment le plus chaud de la journée, vers 15 heures, la trans-

HARICOT "MYRTO" - 16 Juin 1965

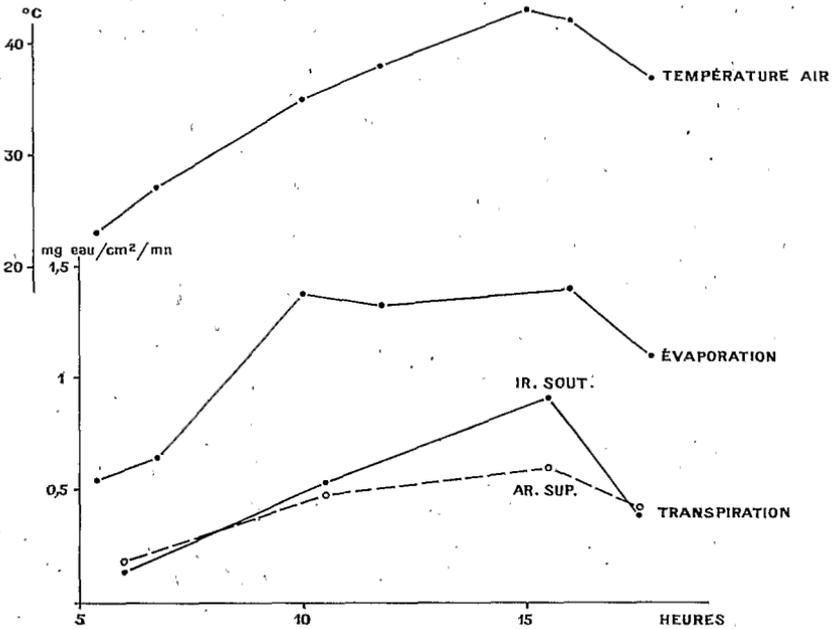


FIG. 3. — Évolution de la température, de l'évaporation et de la transpiration foliaire au cours d'une journée de juin (Haricot).

piration instantanée des folioles « Arrosage superficiel » est plus faible que celle des autres plantes, ce qui, nous l'avons vu, n'est pas un avantage pour la récolte.

5° Les taux des macro-éléments sont sensiblement les mêmes pour les deux cultivars (tabl. III).

Les taux de l'azote, du magnésium et surtout du calcium (augmentation de 40 à plus de 100 %) sont toujours plus élevés dans les parties aériennes (fanés et gousses) des plantes arrosées en surface. Il en est de même du taux du potassium des gousses de « Merveille de Kelvedon ».

6° Les moyennes hebdomadaires des températures maximales de l'air à 2 mètres sous abri étaient comprises, en mars-avril, entre 23 et 30 °C et de la fin avril au début de juin, entre 34 et 36°; celles des températures minimales entre 9 et 17° d'une part,

TABLEAU III

TAUX DES MACRO-ÉLÉMENTS DANS LES PARTIES AÉRIENNES
(en g pour 100 g de matière sèche)

CULTIVAR	MODE D'IRRIGATION	ORGANES	N	P	S	K	Ca	Mg
Merveille de Kelvedon	Irrigation souterraine	Gousses	3,71	0,42	0,16	1,64	0,57	0,28
		Fanes	3,54	0,42	0,25	3,67	2,32	0,55
	Arrosage superficiel	Gousses	3,92	0,40	0,20	2,48	1,27	0,30
		Fanes	4,85	0,55	0,25	3,49	3,27	0,69
Obéron	Irrigation souterraine	Gousses	3,63	0,44	0,19	1,67	0,69	0,27
		Fanes	3,61	0,39	0,29	3,44	2,49	0,63
	Arrosage superficiel	Gousses	4,08	0,35	0,19	1,81	1,01	0,30
		Fanes	5,06	0,42	0,29	3,39	3,38	0,73

19 et 22° d'autre part; ce qui correspond à des amplitudes thermiques quotidiennes de 13 à 18° et de 12 à 16°. L'évaporation, mesurée à l'évaporomètre de Piche sous abri météorologique, varie pendant les mêmes périodes entre 9,4 et 14,8 et 11,5 et 14, 7 millimètres par 24 heures; en mai, on trouve, pour le Piche placé dans et au niveau des cultures, des moyennes hebdomadaires de 14,6 à 18,6 millimètres par 24 heures.

7° Les moyennes hebdomadaires des températures relevées à 5 et 10 centimètres de profondeur dans le sable des bacs sont indiquées sur la figure 1.

Ces températures sont toujours plus élevées dans le cas de l'irrigation souterraine, surtout en fin de nuit et surtout pendant les trois semaines qui précèdent la récolte. La différence entre les deux traitements peut atteindre 8 ou 9 °C.

III. — DISCUSSION DES RÉSULTATS

En mars-avril, les Pois se sont trouvés dans des conditions de température qui, en dépit de maxima relativement élevés (30°) en fin de culture, sont voisines de celles considérées comme favorables à la croissance de cette plante (3), compte-tenu de l'intensité de l'éclairement et de l'abaissement nocturne de la température, donc de l'amplitude thermique importante, exigence fondamentale du Pois. A ce moment de l'année, les poids de récolte sont comparables à ceux de bonnes cultures maraîchères de zone tempérée.

De la fin d'avril au début de juin, la température du milieu du jour est constamment supérieure à 30°. Les minima nocturnes sont aussi élevés que les températures de jour dans les essais de Went. Une amplitude thermique quotidienne de 12 à 16° et la luminosité intense du climat saharien permettent cependant encore dans ces conditions, mais seulement en irrigation souterraine, d'obtenir une récolte appréciable, sinon rentable. La croissance pondérale des tiges et des feuilles est réduite de moitié environ, mais la production, de gousses mûres, relativement un peu plus forte, est encore de 0,8 à 1 kg/m². L'aspect extérieur des plantes est parfaitement normal et la qualité de la récolte excellente. En arrosage superficiel par contre, les pois restent très petits et ne donnent plus qu'une récolte de gousses dérisoire.

L'avantage de l'irrigation souterraine par rapport à l'arrosage superficiel devient donc de plus en plus grand à mesure que la température ambiante s'élève et que les conditions climatiques se font plus sévères.

Ce mode d'irrigation se distingue par :

1° Une augmentation de la quantité d'eau disponible pour la plante, du fait de la suppression de presque toute perte par évaporation, le sable restant sec en surface.

2° L'existence même de cette couche aérée de sable sec.

3° L'absence de toute possibilité de dépôt de sels sur les feuilles (le soin apporté à l'arrosage réduit cependant beaucoup l'importance de ce point).

4° Une température constamment plus élevée du milieu radicellaire, surtout en fin de nuit et à partir du moment où le développement de la végétation réduit beaucoup le refroidissement nocturne du sable par rayonnement.

Nos observations sur le comportement physiologique du Pois en fonction du mode d'irrigation sont encore fragmentaires. Les différences observées entre les taux d'éléments des deux catégories de plantes sont probablement dues à des phénomènes de dilution chez les plantes alimentées par irrigation souterraine et à un vieillissement plus précoce chez les autres. Elles paraissent donc être des conséquences et non des causes. Par contre, le blocage partiel, en milieu de journée et en saison chaude, de la transpiration foliaire des plantes arrosées en surface pourrait expliquer en partie leur croissance réduite et la différence plus importante en été entre les deux traitements. Ce blocage suppose en effet une fermeture partielle des stomates, donc une diminution de l'activité photosynthétique.

Pour préciser les relations qui lient le taux de croissance des Pois aux différentes fonctions physiologiques et ces dernières aux conditions créées par les deux modes d'irrigation, il faudra :

1° Poursuivre les observations sur le terrain en précisant la répartition des racines et de l'eau dans le substrat, les mouvements de l'eau et de certains composés organiques dans les plantes et la température réelle de leurs organes, en particulier des feuilles.

2° Étudier en milieu artificiel contrôlé, dans des conditions reproduisant aussi fidèlement que possible celles du Sahara et assurant un apport d'eau non limité, les effets des variations de température et d'aération du milieu radicellaire.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les Pois des cultivars nains « Merveille de Kelvedon » et « Obéron », cultivés au Sahara en culture sans sol, ont fourni à

la fin du printemps des poids de récolte comparables à ceux de bonnes cultures maraichères de zone tempérée. Leur croissance et leur fructification étaient encore possibles en mai-début juin. L'irrigation souterraine présente par rapport à l'arrosage superficiel de nets avantages (amélioration du rendement au mètre carré et donc de la rentabilité de l'eau). A quantité égale d'eau fournie, ces deux modes d'irrigation créent des conditions écologiques différentes dont l'influence sur certains comportements physiologiques des plantes a été étudiée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) CHOUARD (P.), RENAUD (U.). — Mise au point de cultures hydroponiques au Sahara. Premiers résultats obtenus. *C. R. Ac. Agric.*, 1961, 992-1014.
- (2) DE PARCEVAUX (S.). — Transpiration végétale et production de matière sèche. Essai d'interprétation en fonction des facteurs du milieu, dans « *L'eau et la production végétale* », p. 63-150, I.N.R.A., 1964.
- (3) WENT (F. W.). — *The experimental control of plant growth*, 343 pp., Ronald Press Co., New York, 1957.

M. Audidier. — Pourrait-on savoir en quoi consiste exactement le système d'irrigation souterraine ?

M. Chouard. — Le système qui vous a été présenté a déjà été décrit dans une note antérieure.

Il s'agit de tuyaux de matière plastique très légers, maniables, percés de petits trous à gauche et à droite, sur le plan méridien; généralement, il y a trois tubes sur la longueur d'une planche, ils sont réunis ensemble.

Une, deux ou trois fois par jour, selon la saison, à un bout ou à l'autre, on injecte avec une pompe l'eau ou la solution nutritive. Connaissant, par une longue expérience les quantités nécessaires, en fonction de la température du moment, en fonction de l'état d'avancement de la végétation et de l'espèce considérée, on ne met ni trop d'eau ni pas assez. On a l'utilisation totale de toute l'eau introduite avec les sels minéraux appropriés.

Un des progrès en cours est de chercher à définir quelle est la composition minérale qui convient le mieux dans chaque cas puisqu'on est maître de la modifier. Bien entendu c'est un travail qui est loin d'être fini, mais déjà, en matière de rendement, on commence à s'approcher du « maximum maximorum » de ce qui est théoriquement possible.