

CULTURES SANS SOL AU SAHARA VINGT ANS APRÈS

Uranie ANDREOPOULOS-RENAUD* et Danielle SCHEIDECKER**

*Centre géologique et géophysique, Université des Sciences et Techniques,
34060 - Montpellier (France)

**Laboratoire du Phytotron, CNRS, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France)

RESUME

Des cultures sans sol ont été faites au Sahara, sur sable, en plein air. Une technique d'irrigation souterraine a été mise au point et comparée avec l'arrosage superficiel : on a déterminé les conditions microclimatiques au niveau des bacs de culture (notamment la température du substrat) et observé le comportement des plantes : croissance et poids de récolte, transpiration foliaire instantanée, consommation d'eau par rapport à la masse végétale produite. Quelques exemples sont donnés des résultats obtenus à différents moments de l'année pour différentes espèces maraîchères, notamment le Pois et la Pomme de terre.

SUMMARY

Soilless, open-air cultures on sand were carried out in the Sahara desert. An underground irrigation technique has been achieved, and compared to surface watering : microclimatic conditions at culture-bed level (substrate temperature, among others) and plant behaviour (growth and crop weight, instantaneous foliar transpiration, water consumption per unit of fresh vegetal weight) were measured. Results are reported for different periods of the year and for different gardening species, mainly peas and potatoes.

Après les premières réalisations pratiques de Gericke [12], en Californie, au cours des années 30, et le recours aux techniques hydroponiques dans les îles du Pacifique, pendant la seconde guerre mondiale, les possibilités offertes par ces méthodes étaient apparues très séduisantes, trop même, si bien que des mises en garde [10] furent publiées, entre 1950 et 1960, en même temps que les ouvrages de base traitant des applications possibles [2, 5, 14, 21].

Les avantages de la culture sans sol pour la production agricole devaient aller en s'amenuisant avec les progrès de l'agriculture classique [10]. Il n'en restait pas moins qu'on pouvait les considérer comme un relais des cultures traditionnelles dans les régions où les sols sont dégradés, et surtout là où l'eau est le facteur limitant essentiel, ce qui est bien le cas au Sahara.

Le Professeur Chouard s'est donc préoccupé de la mise au point de techniques scientifiques, en zone aride, à une économie de l'eau,

N° : 09420

Cote : B

Date :

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° M 9420 B.B.V

23 NOV. 1978

mais il a réagi aussi en physiologiste, pensant aux possibilités exceptionnelles qu'offrent l'étude des plantes cultivées dans un environnement aussi extrême et dont certains facteurs sont potentiellement favorables : nombre d'heures d'ensoleillement, importance des alternances quotidiennes de température.

Les essais faits sous sa direction l'ont donc été dans les conditions naturelles du milieu saharien, en l'absence de tout dispositif capable de les modifier notablement (à part une protection assez relative à l'égard des vents de sable), ce qui constituait une sorte de défi à la nature. Le but et l'esprit étaient foncièrement différents de ceux des réalisations techniquement très évoluées et coûteuses qu'on trouve maintenant dans ces régions, notamment dans certains émirats du Golfe persique [1].

Avec un recul de dix ou vingt ans que reste t-il des résultats obtenus ? Des éléments de référence utiles à ceux qui voudraient mesurer les services que des techniques de culture sans sol peuvent rendre dans ce milieu et ce climat. Des observations écologiques, peu nombreuses, fragmentaires (1), mais d'une certaine originalité : si on a beaucoup étudié les plantes et le climat du désert, les cultures et le climat des oasis, on sait encore aujourd'hui relativement peu de choses du comportement des espèces maraîchères dans les conditions sahariennes et à peu près rien des incidences du mode de culture sur ce comportement et sur les facteurs du microclimat.

Ces résultats valent donc peut être d'être rappelés ici, ou même rapportés car ils n'ont été que très partiellement publiés en leur temps.

Les essais ont été faits au Centre de Recherches sahariennes du CNRS, à Béni-Abbès. Le cadre géographique et le climat en ont été maintes fois décrits [3, 6].

Le terrain de culture (600 m² entourés de murs d'argile séchée de 2,5 m de haut) était situé sur le rebord du plateau de la Hamada.

I – ADAPTATION DES TECHNIQUES DE CULTURE SANS SOL AU MILIEU SAHARIEN

Inexpensive to instal, simple to maintain
and economical to operate

J. SHOLTO DOUGLAS [21]

Il s'agissait de cultures sur substrat solide et à liquide perdu, avec irrigation superficielle ou souterraine. Les dispositifs ont été décrits à l'époque [8, 17, 18].

(1) Les essais ont dû être interrompus à partir de 1965.



Photo 1. — Un aspect du terrain de culture.

Derrière le bac de Pomme de terre, brise-vent en roseaux. A droite du bac, abri simplifié pour évaporomètre.

Rappelons simplement que le sable siliceux de l'Erg a été utilisé comme substrat et l'eau des sources de l'Erg pour la préparation de la solution nutritive [8].

Les bacs (Photos 1 et 2), à parois de planches ou de béton et à fond d'argile, étaient tapissés d'une feuille de polyéthylène noir, percée d'orifices de drainage : on évitait ainsi les pertes d'eau par infiltration au fond du bac et le dessèchement trop rapide du substrat le long des parois.

Quand on irriguait les bacs en profondeur, on se servait de tubes en polyéthylène semi-rigides (deux à trois par bac), perforés sur le plan axial horizontal et placés, en long, à 10 cm de la surface du bac. Ils étaient reliés, en circuit fermé, à une pompe électrique mobile (Photo 2).

L'arrosage superficiel était fait à l'arrosoir.

Le nombre d'apports quotidiens de solution nutritive ou d'eau était fonction de la saison : deux en fin d'hiver et au printemps, trois ou quatre en été et par vent de sable.

Sans une protection contre le vent, et surtout le vent de sable, il n'y a pas de culture possible au Sahara : la protection assurée par le mur d'enceinte du terrain était complétée par des écrans coupe-vent en roseaux (Photos 1 et 2).

Aucune maladie cryptogamique n'a jamais attaqué les plantes, mais il fallait lutter contre le pullulement des insectes.



Photo 2. — Bac de laitue irrigué en profondeur.

Bac en planches, tapissé intérieurement d'une feuille de polyéthylène.

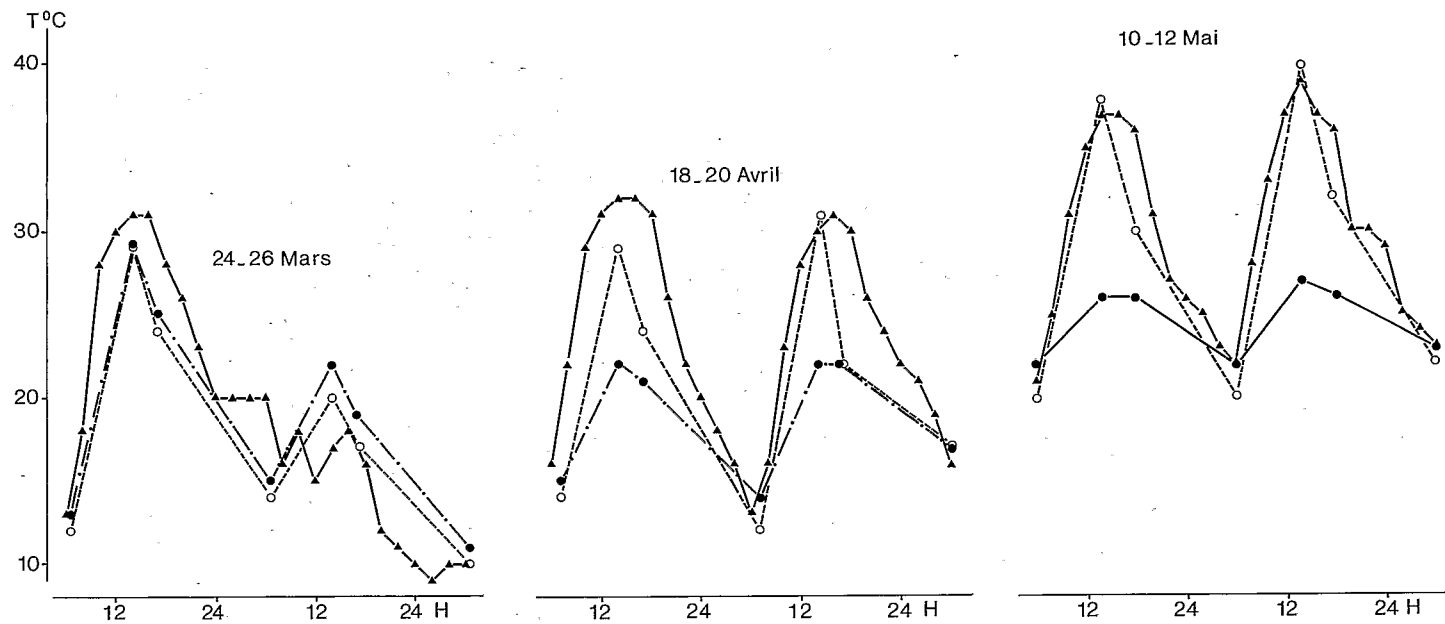


Figure 1. — Température de l'air et température du sable au cours de la journée. Influence de la végétation.

- ▲ ——— : Température de l'air mesurée sous abri à 2 m.
- - - - - : Température du sable arrosé et nu.
- - - - - : Température du sable arrosé sous culture de Pois.
- ——— : Température du sable irrigué en profondeur, sous culture de Pomme de terre.

Température du sable mesurée à 5 cm en profondeur.
Semis du Pois et plantation de la Pomme de terre : 3 mars.

2 – MICROCLIMAT DU TERRAIN DE CULTURE ET CONDITIONS ECOLOGIQUES

De nombreuses mesures ont été faites pour essayer de définir le microclimat du terrain, sans chercher à établir de comparaison entre ce qu'on peut considérer comme une oasis artificielle et le désert environnant.

Les données suivantes évoquent ce que furent ces conditions microclimatiques à une époque de l'année favorable aux cultures et particulièrement bien étudiée (printemps 1964).

Du 23 mars au 31 mai, à 2 m sous abri (modèle de la Météorologie nationale), les moyennes hebdomadaires des températures maximales de l'air ont été comprises entre 26 et 38° (Maximum absolu : 40°), celles des températures minimales entre 9 et 25° (Minimum absolu : 8°). L'amplitude thermique quotidienne variait de 13 à 17°. Les moyennes hebdomadaires des mesures d'humidité relative de l'air se sont situées entre 60 et 21 % pour les maximums et 15 et 19 % pour les minimums.

Des mesures de température de l'air ont été faites sous un couvert de Pois (hauteur des plantes : 0,50 m environ) à 10 cm de la surface du sable (surface sèche, irrigation souterraine), du 17 au 27 avril. Par rapport à celles enregistrées sous l'abri météorologique, les températures relevées étaient, en milieu de journée, égales ou légèrement inférieures (un à trois degrés) et, la nuit, toujours légèrement inférieures (un à trois degrés).

La température du sable nu et arrosé était, à 5 cm de profondeur, relativement peu différente de celle de l'air (Fig. 1), sauf en cas de refroidissement brusque de l'atmosphère et compte tenu d'un refroidissement beaucoup plus rapide dans l'après-midi du fait de l'évaporation. L'échauffement méridien du sol nu et sec est évidemment beaucoup plus important (15 à 20° de plus que la température de l'air mesurée sous abri).

Un couvert végétal dense amortit considérablement les variations thermiques en abaissant les maximums (la différence est de l'ordre d'une dizaine de degrés par rapport à l'air) (Fig. 1) et tend à uniformiser la température dans l'ensemble de la couche de sable qui remplit les bacs.

Le mode d'irrigation exerce une influence d'autant plus nette sur la température du substrat que l'évaporation est plus intense [19]. Dans le cas de l'arrosage superficiel, elle est toujours ici (à 5 et 10 cm de profondeur) de plusieurs degrés inférieure à celle mesurée dans les bacs irrigués en profondeur (surface sèche) (Fig. 2).

Des mesures d'évaporation ont été faites en divers sites ponctuels du terrain (Evaporomètre de Piche dans l'abri météorologique et sous abri type INRA simplifié). L'évolution de la courbe C de la figure 3, en fonction du temps et donc de la croissance des plantes situées à proximité de l'évaporomètre (Photo 1), montre l'influence de la végétation sur les valeurs enregistrées : au moment de la récolte, l'évaporation est inférieure de moitié à celle

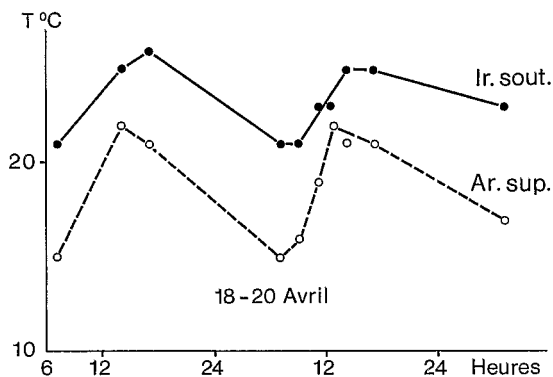


Figure 2. — Température du sable au cours de la journée. Comparaison des deux modes d'irrigation.

Température du sable mesurée à 5 cm de profondeur, sous un couvert de Pois (Semis : 3 mars).

Ar. Sup. : Arrosage superficiel ; Ir. Sout. : Irrigation souterraine.

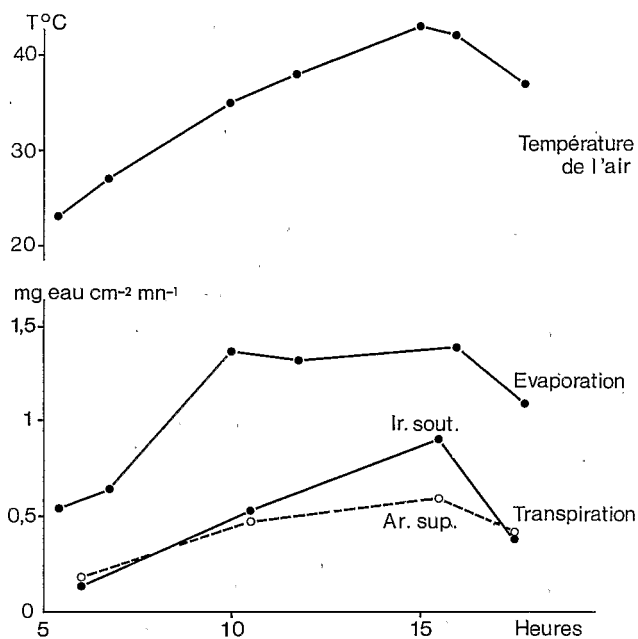


Figure 3. — Valeur de l'évaporation journalière en différents points du terrain.

Données brutes fournies par l'évaporomètre de Piche. Moyennes hebdomadaires.

A — Mesures faites sous abri, modèle Météorologie nationale, à 2 m.

B et C — Mesures faites sous abri simplifié, modèle INRA ; distance de la pastille au sol : 0,40 m ; terrain nu et sec (B) et proximité immédiate d'une culture de Pomme de terre (C ; Photo 1).

observée en terrain nu et sec, différence comparable à celle qui existe entre des mesures, faites à la même saison, à l'intérieur et à l'extérieur d'une oasis [13].

Les variations de l'évaporation, au cours de la journée et d'une journée à l'autre, indiquent qu'à l'échelle ponctuelle le vent a une influence prépondérante : un jour de vent violent l'évaporation peut presque doubler par rapport à un jour calme, température et humidité relative mesurées sous abri gardant des valeurs comparables.

A cette saison, avril-mai, l'évaporation reste relativement forte entre 18 heures et 6 heures (de l'ordre de $0,4 \text{ mm h}^{-1}$ les jours calmes).

3 – TRANSPIRATION INSTANTANEE

Des mesures de transpiration instantanée ont été faites sur des folioles entières détachées (Pois) ou sur des rondelles découpées dans le limbe (Haricot), suivant la méthode décrite par de Parcevaux [15].

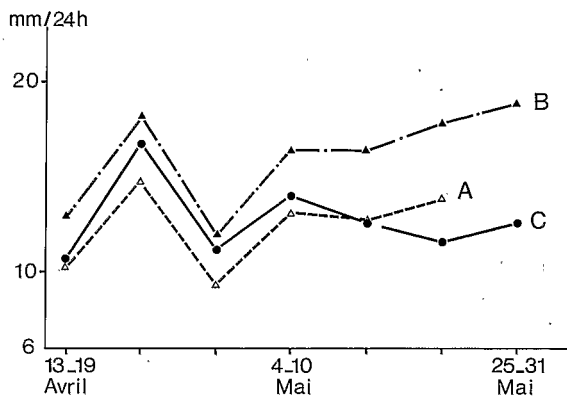


Figure 4. — Température de l'air, évaporation et transpiration foliaire du haricot au cours d'une journée de juin.

Transpiration instantanée mesurée sur des disques prélevés dans le limbe de feuilles adultes.

Température indiquée par le thermomètre sec d'un psychromètre à ventilation placé, comme les disques foliaires et les pastilles Piche, au niveau et au milieu des plantes.

La figure 4 rend compte à titre d'exemple des résultats obtenus chez le Haricot, au cours d'une journée de juin. En irrigation souterraine, la disponibilité de l'eau est telle que la courbe de transpiration évolue parallèlement à l'évaporation, les quantités d'eau transpirée sont considérables (jusqu'à

0,9 mg cm² mn⁻¹). En arrosage superficiel(1), l'apport d'eau devient ici limitant, les stomates se ferment partiellement en milieu de journée et la courbe de transpiration s'aplatit.

Le Pois s'est comporté d'une manière tout à fait analogue [20].

4 – POIDS DE RECOLTE ET CONSOMMATION D'EAU

Notre premier objectif était de mettre au point une technique de culture et d'irrigation adaptée aux matériaux disponibles sur place et aux conditions locales. Les observations et les dosages d'éléments faits sur le substrat après usage et les premières récoltes ainsi obtenues devaient nous permettre par la suite d'améliorer les rendements en ajustant plus exactement les apports nutritifs. Nous n'avons pu aborder ce stade de l'expérimentation.

Si la qualité des produits récoltés a toujours été excellente, il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les rendements par rapport à l'unité de surface, plus ou moins bons suivant les espèces [8, 20], n'aient jamais approché, même à la saison la plus favorable, des records signalés ici ou là [2, 4, 16, 21] en culture sans sol, sauf peut être pour le Radis (jusqu'à 2,9 kg m², en 41 jours, pour "Pernot clair à grand bout blanc").

Quoiqu'il en soit, il n'en reste pas moins que le rendement au mètre carré était toujours supérieur à celui de cultures similaires faites au même moment dans la palmeraie avec les moyens traditionnels. Surtout, le rendement par rapport à l'eau consommée était bien supérieur. Dans la palmeraie, les "planches" sont cultivées en creux et reçoivent 5 à 10 cm de hauteur d'eau à chaque "tour d'eau" qui revient, selon la saison, à peu près tous les cinq à dix jours.

De janvier à mars, l'apport moyen d'eau était de six litres d'eau (solution + eau), par jour et par mètre carré, en irrigation souterraine, de sept litres en arrosage superficiel. Compte tenu de la durée de culture et du poids de récolte, cela revenait à consommer environ 80 litres d'eau pour produire un kilo de Laitue ou de Chou, 100 à 150 pour un kilo de Carotte.

D'avril à juin, il fallait fournir dix à quinze litres d'eau par jour et par mètre carré. On consommait alors, par exemple, 240 litres d'eau pour produire un kilo de Pomme de terre (cultiv. Claudia) en irrigation souterraine (et 390 litres en arrosage superficiel). Le Pois et le Haricot donnent de bons résultats à cette saison, mais ils sont d'excessifs consommateurs d'eau : pour produire un kilo de gousses ou de filets, il fallait apporter 400 à 500 litres d'eau.

 (1) Pour cet essai, les quantités d'eau fournies ont été les mêmes pour les deux modes d'irrigation. Du fait de l'évaporation à la surface du sable, il y avait donc moins d'eau à la disposition des plantes dans le cas de l'arrosage superficiel.

5 – COMPARAISON DE L'IRRIGATION SOUTERRAINE ET DE L'ARROSAGE SUPERFICIEL

L'irrigation souterraine se distingue de l'arrosage superficiel par :

a) 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.

b) L'existence même de cette couche aérée de sable sec.

c) Une température, comme nous l'avons vu (Fig. 2), constamment plus élevée du milieu racinaire, surtout en fin de nuit.

Du point de vue de la croissance des plantes, l'avantage de l'irrigation souterraine devient de plus en plus grand à mesure qu'on va vers l'été. Comme l'indiquent les courbes de transpiration instantanée (Fig. 4), la disponibilité de l'eau y est pour beaucoup. Il ne faut cependant pas négliger l'importance des deux autres facteurs : aération et température du substrat.

6 – POSSIBILITES ET LIMITES EN FONCTION DES SAISONS

Même en prodiguant l'eau, on ne peut évidemment pas, au Sahara, cultiver n'importe quoi, n'importe quand.

Les limites imposées par les nuits froides et les jours courts de l'hiver sont banales, celles qui dépendent des températures élevées sont plus intéressantes à étudier : les conditions d'éclairement et l'importance de l'amplitude thermique quotidiennes permettent, mais dans certains cas seulement, de déplacer les seuils ailleurs limites.

On peut citer quelques uns des résultats obtenus. Ainsi, des Pois ont été cultivés de la fin d'avril au début de juin [20]. En milieu de journée, la température était constamment supérieure à 30°. Les minimums nocturnes se situaient au niveau des températures de jour dans les essais de Went [22]. Dans ces conditions, la croissance pondérale des tiges et des feuilles était réduite de moitié environ par rapport à celle des cultures faites en mars-avril, mais l'aspect extérieur des plantes était parfaitement normal et la récolte, obtenue en 38 jours pour le cultivar "Obéron" et en 44 jours pour "Merveille de Kelvedon", sinon rentable, tout au moins encore appréciable (un kilo de gousses bien pleines au mètre carré).

La Pomme de terre "Claudia", choisie en raison de son indifférence à la durée de la photopériode, a été plantée d'une part au début de mars (Photo 1), d'autre part à la fin d'avril. Les nuits encore froides de mars-avril (8-9°) permettent la tubérisation [9], qui n'est plus possible dans la seconde moitié de mai (température : Air : Min. 19-22°, Max. 35-36° ; Sable à 20 cm : Min. 26-28°, Max. 30-32°).

En revanche, ces températures élevées n'empêchent pas le grossissement des tubercules plantés début mars, tout au plus le réduisent-elles peut être quelque peu [11]. On a ainsi récolté début juin, après deux mois de culture, six kilos de tubercules au mètre carré(1) ; il faut cependant noter qu'on observait une repousse importante. La plantation de fin avril a produit de magnifiques plantes quant au développement de l'appareil aérien, mais aucun tubercule.

Des essais de ce genre mériteraient sans doute d'être repris d'une manière systématique pour diverses espèces.

CONCLUSION

Une technique est au point, immédiatement disponible sans investissement de recherche et dont la mise en œuvre ne doit pas entraîner de grands frais. Bien que fragmentaires, les résultats obtenus et les observations faites sont suffisamment précis pour apporter des éléments de jugement valables à qui serait tenté de reprendre de tels essais et chercherait à en apprécier la rentabilité probable dans une situation donnée. Cette tentative pourrait fort bien ne pas être chimérique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Anonyme (1973). – Agriculture à grande échelle dans le désert. *Phase zéro*, n° 2, 138-139.
- [2] Bentley M. (1959). – Commercial hydroponics. Ed. Bendon Books, Johannesburg, 750 p.
- [3] Binet P. (1955). – Action du climat désertique sur *Zilla macroptera* (Coss.). CNRS, Travaux du Centre de recherches sahariennes, n° 1, 177 p.
- [4] Brochier J. (1973). – Cultures maraichères hydroponiques en Guyane française : une méthode simplifiée de culture sur sable réduisant les coûts de production. *Agron. tropicale*, 28, 776-785.
- [5] Chouard P. (1952). – Cultures sans sol. Ed. Maison Rustique, Paris, 200 p.
- [6] Chouard P. (1957). – Le centre de recherches sahariennes de Béni-Abbès et les recherches biologiques et agronomiques au Sahara. *C.R. Acad. Agric.*, 43, 477-488.

(1) La même Pomme de terre avait été plantée le même jour dans la palmeraie. La récolte de tubercules a été nulle.

- [7] Chouard P. (1958). — Peut-on rechercher la mise en valeur agricole du Sahara ? *Rivières et Forêts*, n° 9/10, 74-80.
- [8] Chouard P. et Renaud U. (1961). — Mise au point de cultures hydroponiques au Sahara. Premiers résultats obtenus. *C.R. Acad. Agric.*, 47, 992-1014.
- [9] Courduroux J.C. (1959). — Température et tubérisation chez la Pomme de terre. *Bul. Soc. Bot.*, 106, 322-324.
- [10] Drouineau G. (1959). — Cultures sans sol. *Ind. agric. alim.*, 76, 417-422.
- [11] Epstein E. (1966). — Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. *Agron. J.*, 58, 169-171.
- [12] Gericke W.F. (1940). — The complete guide to soilless gardening. Prentice Hall Inc., New-York, 285 p.
- [13] Girard M. et Baldy Ch. (1964). — Rendement et évapotranspiration potentielle dans une oasis du Bas-Sahara (El Arfiâne-Oasis), dans *L'eau et la production végétale*, INRA, Paris, 399-414.
- [14] Homes M.V., Ansiaux J.R. et van Schoor G. (1953). — Aquiculture. Ed. Ministère des Colonies, Bruxelles, 151 p.
- [15] de Parcevaux S. (1964). — Transpiration végétale et production de matière sèche. Essai d'interprétation en fonction des facteurs du milieu, dans *L'eau et la production végétale*, INRA, Paris, 63-150.
- [16] Penningsfeld F. et Kurzmann P. (1969). — Cultures sans sol et sur tourbe (Trad. franç.). Ed. Maison Rustique, Paris, 219 p.
- [17] Renaud U. (1960). — Hydroponics in the Sahara. *Discovery*, 114-115.
- [18] Renaud U. (1960). — Economie d'eau, au Sahara, par la culture en irrigation souterraine sur sables ou graviers. UNESCO, Col. gén. sur les problèmes de la zone aride, 327-329.
- [19] Repp G. et Killian Ch. (1956). — Recherches écologiques sur les relations entre le climat, les sols et les plantes irrigués des oasis sahariennes. *J. Agric. trop. Bot. Appl.*, 3, 130-141 et 292-319.
- [20] Scheidecker D., Andreopoulos-Renaud U., Hollier-Larousse M. (1966). — Culture sans sol du Pois au Sahara. Comparaison de deux modes d'irrigation. *C.R. Acad. Agric.*, 52, 862-874.
- [21] Sholto-Douglas J. (1951). — Hydroponics, the Bengal system. Oxford Un. Press, London, 144 p.
- [22] Went F.W. (1957). — The experimental control of plant growth. Ronald Press Co., New-York, 343 p.