

INFLUENCE DU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE ET DU RAYONNEMENT SOLAIRE SUR LA TENEUR EN AZOTE MINÉRAL ET SUR QUELQUES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DES SOLS

par

Y. DOMMERGUES

Directeur de recherches de l'ORSTOM

L'exposition du sol au rayonnement solaire ou au rayonnement infra-rouge entraîne des modifications des caractéristiques chimiques, physiques et biologiques des sols, dont l'étude présente une importance capitale dans la zone aride et semi-aride.

L'élévation de la teneur du sol en azote minéral sous l'influence du rayonnement infra-rouge a été démontrée par DROUINEAU et ses collaborateurs dès 1953, les constatations de ces auteurs confirmant « les observations effectuées sur les sols en place par PRESCOTT en Australie, YANKOWITCH en Tunisie, KILLIAN-FEHER au Sahara et celles *in vitro* de ROSSI » (9).

A ces travaux, il convient de rattacher d'une part ceux de BIRCH concernant l'effet du séchage du sol sur la décomposition de l'humus et la minéralisation de l'azote, d'autre part les observations de très nombreux chercheurs sur la stérilisation partielle du sol (16). En effet le rayonnement solaire, comme le rayonnement infra-rouge, accélère le dessèchement du sol et le stérilise partiellement.

L'étude, dont nous présentons ici les résultats, avait pour but de mettre en évidence l'effet du rayonnement infra-rouge et du rayonnement solaire sur les quatre caractéristiques suivantes de quelques sols de l'Ouest Africain :

- 1) teneur en azote minéral,
- 2) teneur en saccharose,
- 3) taux de dégagement potentiel de CO_2 ,
- 4) densité des bactéries et actinomycètes.

I. TYPES DE SOL ÉTUDIÉS

Les sols étudiés appartiennent aux quatre types pédologiques suivants, très fréquents en Afrique Occidentale (1) et (10) :

Note de la Rédaction. — Les articles publiés dans *L'Agronomie Tropicale*, quelle que soit la personnalité ou la fonction de leur auteur, n'expriment qu'une opinion personnelle et ne sauraient être considérés comme une indication de la politique ou des intentions du Département.

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

Vol. XV, N° 4, 1960.

Collection de Référence

n° 15100

10 JUIN 1965

B. S. Sol

- 1) sols d'argile noire tropicale,
- 2) sols hydromorphes de bas-fond sur alluvions,
- 3) sols ferrugineux tropicaux non lessivés,
- 4) sols faiblement ferrallitiques.

Quelques caractéristiques (C, N, pH) des échantillons de sol utilisés dans cette étude ont été regroupées au Tableau I. Pour en avoir une description détaillée, on se reportera aux travaux de MAIGNIEN (6) et (15), BONFILS et FAURE (4).

TABLEAU I
QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DES SOLS ÉTUDIÉS

Groupe	Provenance	Réf.	C‰	N‰	pH
Sols d'argile noire tropicale ..	Pout, Sénégal	PT	8,3	0,7	6,4
	Bambey, Sénégal	Ban	7,5	1,5	6,5
Sols hydromorphes de bas-fond sur alluvions ..	Dalaba, Guinée	C	38,5	2,4	4,6
	Friaguibé, Guinée	D	38,4	2,4	5,1
Sols ferrugineux tropicaux non lessivés ..	Bambey, Sénégal	DIOR	3,5	0,3	6,2
Sols faiblement ferrallitiques.	Djibelor, Casamance	DJF	11,7	0,9	5,4

II. ÉTUDE DU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE

1) Méthodes

Nos expériences, conduites au laboratoire en nous inspirant de la méthode utilisée par DROUINEAU et ses collaborateurs, comportaient les traitements suivants :

1) Exposition ininterrompue des échantillons en couche mince (0,5 cm) dans les boîtes de Pétri ouvertes à une distance moyenne de 40 cm, sous quatre lampes infra-rouge de 250 W de façon à obtenir une température de 55° C.

2) Exposition ininterrompue des échantillons en couche épaisse (4 cm), dans des boîtes d'aluminium fermées par un couvercle peint en noir et placées à une même distance des lampes infra-rouge.

3) Aucune exposition au rayonnement infra-rouge.

Dans la plupart des expériences, la durée de l'exposition a été fixée à sept jours.

Le dosage de l'azote minéral a été fait par distillation après extraction au moyen d'une solution de chlorure de potassium à 10 % suivant la méthode classique (5).

La teneur en sacccharase a été déterminée en utilisant la technique de Hoffman (14).

Le taux de dégagement potentiel de CO₂ a été déterminé suivant la méthode que nous avons décrite récemment (7).

Les bactéries et actinomycètes ont été dénombrés à partir de la dilution 10⁻⁵ sur le milieu sodium albuminate proposé par WAKSMAN (13).

Toutes les expériences ont été faites en triple exemplaire.

2) Teneur du sol en azote minéral

a) INFLUENCE DU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE SUR LA TENEUR DU SOL EN AZOTE MINÉRAL.

Les six échantillons testés, correspondant à des sols appartenant à quatre groupes très différents, réagissent tous à l'exposition ininterrompue de sept jours au rayonnement infra-rouge par une augmentation hautement significative de la teneur en azote minéral (tableau II). Ainsi qu'il fallait s'y attendre, cette augmentation est plus faible, mais encore importante, dans le cas des boîtes fermées.

La teneur du sol en azote minéral augmente avec la durée d'exposition (tableau III).

Ces observations confirment entièrement celles de DROUINEAU, bien que les accroissements observés soient inférieurs, pour la plupart, à ceux que signale cet auteur.

TABLEAU II
INFLUENCE DU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE SUR LA TENEUR DU SOL EN AZOTE MINÉRAL

Référence	Teneur en azote minéral (N-NH ₃ + N-NO ₃ en p p m)			
	Sol non exposé	Sol exposé sept jours au rayonnement infra-rouge		p. p. d. s. P = 0,01
		en boîtes de Pétri ouvertes	en boîtes d'aluminium fermées	
PT	4,0	9,0** (+ 125 %)	—	5,3
Ban 59	3,7	11,0** (+ 197 %)	7,0 (+ 89 %**)	2,0
Ban R	12,0	24,7** (+ 106 %)	—	6,7
C	6,0	15,7** (+ 162 %)	12,0 (+ 100 %**)	2,0
DIOR	6,2	9,9** (+ 60 %)	—	1,4
DJF	12,5	17,0** (+ 36 %)	—	1,6

N. B. — Sont significatifs à 0,01 les résultats marqués de deux astérisques.

TABLEAU III

INFLUENCE DE LA DURÉE D'EXPOSITION AU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE SUR LA TENEUR DU SOL EN AZOTE MINÉRAL (N-NH₃ + N-NO₃) EN P P M

Durée de l'exposition en jours	Argile noire tropicale (PT 68)	Sol hydromorphe de Bas-fond sur alluvions (C)
0	5,3	8,3
2	7,0	12,7
4	7,0	15,7
6	8,7	18,0
9	9,7	22,0
12	10,0	24,7
p. p. d. s. pour P = 0,01	2,1	2,0

b) FORME DE L'AZOTE MINÉRAL LIBÉRÉ.

Les résultats figurant aux tableaux II et III ci-dessus sont relatifs à l'azote minéral global (azote ammoniacal + azote nitrique). Il a semblé, par-la suite, indispensable de préciser la forme de l'azote minéral libéré, en distinguant l'azote ammoniacal d'une part, et l'azote nitrique d'autre part. Il ressort du tableau IV que, dans trois cas sur quatre, l'azote minéral est libéré sous forme ammoniacale ; l'échantillon Ban R qui fait exception, présente une augmentation significative de la teneur en azote nitrique et en azote ammoniacal.

TABLEAU IV

FORME DE L'AZOTE MINÉRAL LIBÉRÉ PAR L'EXPOSITION AU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE

Référence	Sol non exposé		Sol exposé sept jours au rayonnement infra-rouge		p. p. d. s.	
	N-NH ₃ (p p m)	N-NO ₃ (p p m)	N-NH ₃ (p p m)	N-NO ₃ (p p m)	P = 0,01	P = 0,05
PT	3,3	0,7	8,0	1,0	3,2	2,2
Ban R	4,3	7,7	11,3	13,3	4,8	3,3
C	7,7	0,7	19,7	0,7	2,1	1,4
DJF	9,3	6,0	11,0	6,7	4,2	2,9

3) Teneur du sol en saccharase (Tableau V)

Sur les cinq sols testés, on n'observe de modifications significatives du taux de saccharase que pour deux d'entre eux : les sols D et DJF dont les taux baissent respectivement de 26 % et 29 %. Pour deux autres sols (PT et C), la diminution du taux de saccharase n'est pas significative, mais il existe une tendance très nette. Seul le sol Ban 60 apparaît comme pratiquement insensible à l'action du rayonnement infra-rouge.

TABLEAU V

INFLUENCE DU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE SUR LA TENEUR DU SOL EN SACCHARASE

Référence	Sol non exposé	Sol exposé sept jours au rayonnement infra-rouge	p. p. d. s.	
			P = 0,01	P = 0,05
PT	1.183	1.020 (— 13 %)	510	300
Ban 60	1.750	1.807 (+ 3 %)	817	492
C	1.447	1.087 (— 25 %)	724	436
D	507	373** (— 26 %)	126	76
DJF	497	357* (— 29 %)	144	92

N. B. — Sont significatifs à 0,05 les résultats marqués d'un astérisque, à 0,01 les résultats marqués de deux astérisques.

Cette diminution du taux de saccharase sous l'influence du rayonnement infra-rouge se retrouve lorsque l'on stérilise partiellement le sol par diverses méthodes (12).

4) Taux de dégagement potentiel de CO₂

Par dégagement potentiel de CO₂ d'un échantillon de sol, nous entendons le dégagement de gaz carbonique d'un échantillon de sol séché à l'air après récolte puis réhumidifié au laboratoire de façon à amener son humidité à une fois et demie l'humidité équivalente et mis à l'incubation pendant sept jours à 30° C. Le dégagement de CO₂ est exprimé en mg de CO₂ pour 100 g de sol sec à l'air (7).

L'exposition au rayonnement infra-rouge avant la réhumidification accroît toujours très significativement le taux de dégagement potentiel de CO₂. Cet accroissement oscille suivant les sols entre 23 % et 99 %. Il est plus faible pour les échantillons exposés en boîtes d'aluminium fermées (tableau VI). Cet effet du rayonnement infra-rouge sur le dégagement de CO₂ est identique à l'effet de la stérilisation partielle déjà signalé par KOEFF (12) et à l'effet du séchage étudié par BIRCH (2 et 3).

TABLEAU VI

INFLUENCE DU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE SUR LE TAUX DE DÉGAGEMENT POTENTIEL DE CO₂ DU SOL

Référence	Taux de dégagement potentiel de CO ₂				p. p. d. s.	
	Sol non exposé	Sol exposé sept jours au rayonnement infra-rouge		P = 0,01	P = 0,05	
		en boîtes de Pétri ouvertes	en boîtes d'aluminium fermées			
Ban 59	102,0	137,5** (+ 35 %)	115,0* (+ 13 %)	20,0	10,9	
Ban 60	54,7	74,7** (+ 37 %)	—	11,5	6,9	
C	103,5	206,0** (+ 99 %)	161,5** (+ 56 %)	33,2	18,1	
D	67,0	112,0** (+ 67 %)	—	18,1	12,5	
DJF	57,5	70,5* (+ 23 %)	69,5* (+ 21 %)	14,3	7,8	

N. B. — Sont significatifs à 0,05 les résultats marqués d'un astérisque et à 0,01 les résultats marqués de deux astérisques.

5) Densité des bactéries et actinomycètes

La numération des bactéries et actinomycètes a été effectuée, d'une part sur les échantillons secs avant et après exposition au rayonnement infra-rouge, d'autre part sur les mêmes échantillons préincubés, c'est-à-dire réhumidifiés et mis en incubation quatorze jours à l'étuve à 30° C.

Les résultats figurant au tableau VII mettent en évidence une stérilisation partielle dans le cas du sol Ban 60 (argile noire tropicale). Le rayonnement infra-rouge réduit de moitié la densité des germes, qui passe de 513.000 à 247.000. Mais, après préincubation, la population atteint le même niveau dans les échantillons exposés (747.000) et dans les échantillons non exposés (813.000).

TABLEAU VII

INFLUENCE DU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE SUR LA DENSITÉ DES BACTÉRIES ET ACTINOMYCÈTES DANS LE SOL

Référence	Densité des bactéries et actinomycètes (en unités par g de sol)				p. p. d. s.	
	Sol non exposé		Sol exposé sept jours au rayonnement infra-rouge		P = 0,01	P = 0,05
	sans préincubation	après préincubation	sans préincubation	après préincubation		
Ban 60 ...	513.000	813.000	247.000	747.000	299.000	205.000
D	467.000	410.000	457.000	357.000	277.000	190.000

Quant au sol hydromorphe de bas-fond D, il se révèle insensible aux différents traitements : exposition au rayonnement infra-rouge ou préincubation.

III. ÉTUDE DU RAYONNEMENT SOLAIRE A HANN-DAKAR

1) Méthodes

L'exposition au soleil d'échantillons étalés en couche mince dans des boîtes ouvertes n'étant pas possible en pratique, en raison de l'apport de poussières par le vent, on a dû limiter l'expérience à l'exposition d'échantillons en couche épaisse (4 cm), dans des boîtes d'aluminium fermées hermétiquement par un couvercle peint en noir. Ces boîtes ont été enfouies dans le sol de façon à ne laisser paraître que la surface du couvercle.

Les dosages ont été effectués au même moment à la fois sur un lot d'échantillons laissés au champ pendant soixante-dix-neuf et quatre-vingt-trois jours et sur un lot d'échantillons conservés au laboratoire à l'obscurité (témoin).

Les expériences ont porté sur deux types de sol seulement.

- 1) une argile noire tropicale (Ban 59).
- 2) un sol hydromorphe de bas-fond sur alluvions (C).

Dans tous les cas, on a effectué trois répétitions.

2) Température du sol

Les températures des échantillons de sols ont été relevées toutes les heures de 9 h à 19 h presque tous les jours pendant la durée de l'expérience. Les résultats sont consignés dans le tableau VIII (1), d'où il ressort que la température se maintient en général au-dessus de 40° C pendant cinq heures par

TABLEAU VIII

TEMPÉRATURES DU SOL CONTENU DANS LES BOITES EXPOSÉES AU RAYONNEMENT SOLAIRE A HANN-DAKAR
(en degrés centigrades)

		9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h
Première quinzaine de mars	journée la plus chaude	—	—	34,8	41,5	47,8	49,9	50,4	47,8	42,6	34,3	28,1
	moyenne	21,8	27,9	35,5	41,2	45,6	47,7	47,6	44,8	40,5	33,1	27,8
Deuxième quinzaine de mars	journée la plus chaude	24,4	30,4	39,5	43,4	49,3	50,6	49,9	46,7	36,1	—	—
	moyenne	23,1	30,9	36,1	42,1	46,0	46,9	46,2	42,8	38,7	33,6	—
Première quinzaine d'avril	journée la plus chaude	25,9	33,7	43,1	49,3	53,5	54,5	52,4	49,2	44,1	36,8	—
	moyenne	25,2	32,0	39,1	44,6	48,0	48,5	47,7	44,8	40,1	34,2	29,8
Deuxième quinzaine d'avril	journée la plus chaude	—	31,6	38,2	42,6	46,2	48,3	46,7	44,6	41,5	35,2	29,0
	moyenne	24,7	33,9	38,5	43,0	46,7	47,2	46,3	44,4	38,5	33,7	29,0
Première quinzaine de mai	journée la plus chaude	—	29,5	39,4	45,6	47,7	49,3	47,7	45,6	42,0	34,2	—
	moyenne	26,6	32,2	38,0	42,6	46,2	45,6	45,3	44,0	39,6	33,9	—

jour et atteint un maximum voisin de 50° C au début de l'après-midi. Ces chiffres diffèrent assez peu de ceux que l'on peut relever dans des sols en place de la presqu'île du Cap Vert. Lorsqu'on s'écarte du littoral, on enregistre des températures supérieures. C'est ainsi que BONFILS et FAURE signalent dans les sols Deck et Dior du Centre de Recherches Agronomiques de Bambey des maxima de l'ordre de 55° C à 5 cm de profondeur. C'est ce chiffre de 55° C qui avait d'ailleurs été retenu pour l'étude de laboratoire (Paragraphe II-I ci-dessus).

3) Résultats (Tableau IX)

Les modifications des caractéristiques des sols, résultant de l'exposition de soixante-dix-neuf à quatre-vingt-trois jours au rayonnement solaire, sont sensiblement moins accentuées que celles qui résultent de l'exposition à un rayonnement infra-rouge artificiel continu de sept jours.

(1) Les relevés de températures ont été effectués à Hann-Dakar par le laboratoire de Physique de l'Université de Dakar, sous le contrôle de M^{lle} O. SALVADOR, que nous tenons à remercier ici très vivement pour l'aide qu'elle a bien voulu nous apporter pour la réalisation de cette expérience.

C'est ainsi que le sol Ban R ne réagit pas significativement au traitement solaire alors que des échantillons du même type pédologique (Ban 59 et Ban 60) avaient montré des accroissements caractérisés de la teneur en azote minéral et du taux de dégagement potentiel de CO_2 , sous l'influence du rayonnement infra-rouge au laboratoire.

Par contre, pour le sol C l'exposition au soleil se traduit par un accroissement hautement significatif de la teneur en ammonium échangeable (+ 76 %) et du taux de dégagement potentiel du CO_2 (+ 36 %) et une diminution spectaculaire de la densité de la microflore totale. Si les différences relevées ici sont inférieures à celles qui ont été obtenues pour une exposition de sept jours au rayonnement infra-rouge artificiel, elles n'en sont pas moins significatives. Ces résultats sont d'ailleurs en concordance parfaite avec les mesures du taux de dégagement potentiel de CO_2 effectuées dans des sols en place de l'ouest africain, où l'on observe, pendant la saison sèche, une élévation progressive de ce taux (Tableau X).

TABLEAU IX

INFLUENCE D'UNE EXPOSITION DE 79 ET 83 JOURS AU RAYONNEMENT SOLAIRE
SUR LA TENEUR EN AZOTE MINÉRAL, LE TAUX DE DÉGAGEMENT POTENTIEL DE CO_2
ET LA DENSITÉ DES BACTÉRIES ET ACTINOMYCÈTES DE DEUX SOLS DE L'OUEST AFRICAÏN

Dates de commencement et de la fin de l'exposition	Référence du sol	Caractéristiques étudiées	Sol non exposé (témoin)	Sol exposé	p. p. d. s.	
					P = 0,01	P = 0,05
1 ^{er} mars 1960 au 19 mai 1960	Ban - R	N-NH ₃ ppm	4,3	4,7 (+ 9%)	3,2	2,2
		N-NO ₃ ppm	8,0	8,0 (0%)	3,2	2,2
		CO ₂ (mg CO ₂ /100 g de sol)	82	87 (+ 6%)	18	11
		Bactéries + actinomycètes (en millions par g de sol)	20,80	17,00 (- 18%)	5,30	3,90
26 février 1960 au 19 mai 1960	C	N-NH ₃ ppm	8,7	15,3** (+ 76%)	2,4	4,6
		N-NO ₃ ppm	0	1,3	2,4	1,6
		CO ₂ (mg CO ₂ /100 g de sol)	126	171** (+ 36%)	14	9
		Bactéries + actinomycètes (en millions par g de sol)	0,20	0,09* (- 55%)	0,14	0,09

TABLEAU X

VARIATION DU TAUX DE DÉGAGEMENT POTENTIEL DE CO_2 AU COURS DE L'ANNÉE
DANS UN SOL HYDROMORPHE « DEK » DE BAMBEY, SÉNÉGAL

Saison	Saison sèche			Saison des pluies			Saison sèche		
	Date	Taux CO ₂		Date	Taux CO ₂		Date	Taux CO ₂	
	31.12.57	24,5		30.6.58	18,5		7.1.59	13,2	
	1.3.58	26,0		1.9.58	17,1		3.3.59	20,3	
	2.5.58	27,5		31.10.58	17,7		2.5.59	25,7	

IV. CONCLUSIONS

On a démontré que le rayonnement solaire comme le rayonnement infra-rouge était susceptible de modifier très sensiblement certaines caractéristiques des sols et en particulier :

- leur teneur en azote ammoniacal échangeable,
- leur taux de saccharase,
- leur taux de dégagement potentiel de CO_2 ,
- leur densité en bactéries et actinomycètes.

Le rayonnement solaire donc est un facteur d'évolution des sols dont on doit tenir compte dans toutes les régions où l'insolation est intense.

Toutefois la sensibilité au rayonnement infra-rouge ou solaire varie suivant les types de sols et ne semble pas intéresser dans la même mesure leurs différentes caractéristiques : c'est ainsi que le sol Ban 59, dont la teneur en azote minéral est modifiée considérablement par l'exposition au rayonnement infra-rouge (augmentation de + 197 %, tableau II) ne présente qu'une sensibilité moyenne pour le dégagement de CO₂ (augmentation de + 35 %, Tableau VI).

RÉSUMÉ. — *L'exposition du sol au rayonnement infra-rouge ou au rayonnement solaire entraîne les modifications suivantes :*

- 1) *accroissement généralement significatif de la teneur en azote ammoniacal échangeable ;*
- 2) *diminution assez générale du taux de saccharase ;*
- 3) *augmentation souvent très significative du taux de dégagement potentiel de CO₂ ;*
- 4) *diminution de la densité des bactéries et actinomycètes, suivie d'une augmentation jusqu'au niveau initial après réhumidification.*

La sensibilité au rayonnement infra-rouge ou solaire varie d'un type de sol à l'autre.

SUMMARY. — *The exposure of the soil to infra-red or sun rays causes the following changes :*

- 1) *an increase, generally significant, of the rate of exchangeable ammonia nitrogen ;*
- 2) *a fairly general decrease of the rate of saccharase ;*
- 3) *an increase, often very significant of the rate of potential liberation of CO₂ ;*
- 4) *a decrease in density of bacteria and actinomycetes, followed by an increase up to the initial level after redamping ;*

Sensibility to infra-red or solar rays varies according to the type of soil.

RESUMEN. — *El suelo expuesto a los rayos infrarrojos o a las radiaciones del sol sufre las modificaciones siguientes :*

- 1) *aumento generalmente significativo del porcentaje de nitrógeno cambiante ;*
- 2) *disminución casi siempre del porcentaje de sacarasa ;*
- 3) *aumento generalmente muy significativo del porcentaje de CO₂ desprendido ;*
- 4) *disminución de la densidad de las bacterias y actinomicetes, siguiéndola un aumento hasta el nivel inicial después de otra humidificación ;*

Los varios tipos de suelos tienen sensibilidades diferentes a los rayos infrarrojos o solares.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) AUBERT (G.), 1958. — Classification des sols. *Analyse de livres, brochures et articles à l'intention des pédologues de l'O. R. S. T. O. M.*, VIII, 2, 1-3.
- 2) BIRCH (H. F.), 1958. — The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and soil*, X, 4, 9-31.
- 3) BIRCH (H. F.), 1959. — Further observations on humus decomposition on nitrification. *Plant and soil*, XI, 3, 262-286.
- 4) BONFILS (P.), FAURE (J.), 1956. — Les sols de la région de Thiès. *Ann. Centre Rech. Agr. Bambey, Sénégal*, 16, 5-92.
- 5) BRUNEL (A.), 1948. — *Traité pratique de chimie végétale*. Georges Frères, Tourcoing.
- 6) CHAMPION (J.), DUGAIN (F.), MAIGNIEN (R.) et DOMMERMUES (Y.), 1958. — Les sols de bananeraie et leur amélioration en Guinée. *Fruits*, 13, 9-10, 415-462.
- 7) DOMMERMUES (Y.), 1960. — La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *Agronomie tropicale*, 15, 1, 54-60.

- 8) DOMMERMUES (Y.), 1960. — Minéralisation de l'azote aux faibles humidités. C. R. 7^e Congrès Intern. Sci. Sol., Madison (à paraître).
- 9) DROUINEAU (G.), LEFÈVRE (G.), et BLANC-AICARD (D.), 1953. — Minéralisation de l'azote organique au cours de la saison sèche sous le climat méditerranéen. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 236, 424-426.
- 10) DUCHAUFOR (P.), 1956. — Pédologie, Applications forestières et agricoles. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy.
- 11) HOFFMAN (E.), SEEGERER (A.), 1951. — Uber das Enzym system unserer Kulturböden (saccharase). *Biochemische Zeitschrift*, 322, 174-179.
- 12) KOEFF (VON H.), 1954. — Die biologische Aktivität des Bodens und ihre experimentelle Kennzeichnung. *Z. Pflanzenern Duing Bodenk* 64, 109, 138-146.
- 13) LAUDELOUT (H.), 1952. — Numération de la microflore du sol par culture. *Répertoire des modes opératoires d'analyse du sol du S. P. I.*, 108-111.
- 14) LEFÈVRE (G.), HIROUX (G.), 1958. — Essai de bilan de la production d'azote minéral d'un sol en place. *Ann. agron. Paris*, 1, 23-50.
- 15) MAIGNIEN (R.), 1960. — Les sols de la presqu'île du Cap vert. (à paraître).
- 16) RUSSEL (E. J.), RUSSEL (E. W.), 1950. — Soil conditions and plant growth. Longmans, Green and Co, Londres.



L'AGRONOMIE TROPICALE

Extrait du n° 4
Juillet-Août 1960

INFLUENCE DU RAYONNEMENT INFRA-ROUGE ET DU RAYONNEMENT SOLAIRE SUR LA TENEUR EN AZOTE MINÉRAL ET SUR QUELQUES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DES SOLS

par

Y. DOMMARGUES

Directeur de recherches de l'ORSTOM

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

Collection de Référence

n° ~~146~~ 400 15100