



HAL
open science

Aspects de la disponibilité et de l'absorption par les plantes du strontium en sols calcaires

R. Guennelon, A.P. Conesa, A.M. de Cockborne, P. Drujon, . Departement de Protection Sanitaire

► **To cite this version:**

R. Guennelon, A.P. Conesa, A.M. de Cockborne, P. Drujon, . Departement de Protection Sanitaire. Aspects de la disponibilité et de l'absorption par les plantes du strontium en sols calcaires. Symposium International de Radioecologie, Sep 1969, Cadarache, France. hal-02784324

HAL Id: hal-02784324

<https://hal.inrae.fr/hal-02784324>

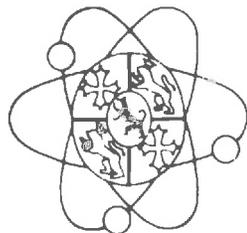
Submitted on 4 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AWC 97

**ACTES
DU
SYMPOSIUM INTERNATIONAL
DE
RADIOECOLOGIE**



COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
DIRECTION DE LA PROTECTION ET
DE LA SURETE RADIOLOGIQUES
DEPARTEMENT DE PROTECTION SANITAIRE

ASPECTS DE LA DISPONIBILITE ET DE L'ABSORPTION PAR LES PLANTES

DU STRONTIUM EN SOLS CALCAIRES

R. GUENNELON
A.P. CONESA
A.M. de COCKBORNE
P. DRUJON

(Station d'Agronomie - I.N.R.A. - Montfavet)

RESUME

L'interaction du strontium avec le carbonate de calcium a été étudiée. La précipitation de $\text{CO}_3 \text{Sr}$ en présence de $\text{CO}_3 \text{Ca}$ en solution, donne un produit dont le diagramme de rayons X est analogue à celui du $\text{CO}_3 \text{Sr}$ mais dont les équidistances de raies varient légèrement en fonction de la teneur initiale en $\text{CO}_3 \text{Ca}$ dissout. Par ailleurs, la fixation de Sr par $\text{CO}_3 \text{Ca}$ n'est sensible que pour des particules de tailles inférieures à 0,050 mm ; n'atteint son optimum qu'au bout de huit heures dans les conditions de l'expérience. Le strontium ainsi fixé n'est pas extrait en totalité par l'eau chargée ou non de CO_2 et par des chélateurs ; par contre, le tripolyphosphate n'extrait qu'une fraction faible de strontium fixé, le dixième environ.

Une culture de maïs, réalisée sur un modèle simplifié montre que la présence de polyphosphate accroît sensiblement l'absorption du strontium par les plantules par rapport au traitement orthophosphate, le chélateur dans les conditions de notre expérience, a diminué l'absorption du strontium.

Un ray-grass cultivé sur un sol calcaire contaminé en ^{90}Sr et auquel a été incorporé un chélateur ou un polyphosphate ou de la matière organique, n'a pas vu augmenter sa teneur en ^{90}Sr par rapport au témoin contaminé qui avait reçu un simple apport d'orthophosphate.

L'importance des phénomènes de fixation du strontium sur les minéraux argil du sol est mise en évidence par une abondante littérature ; la participation du carbo de calcium (calcaire) à l'insolubilisation du strontium des effluents ou des retombée radio-actives a fait l'objet de bien moins de travaux. C'est pourquoi nous avons entr l'étude des interactions CaCO_3 - Sr à la suite de deux observations effectuées sur un dispositif d'essai en sol très calcaire, contaminé depuis 1957 par ^{90}Sr sans entraîne

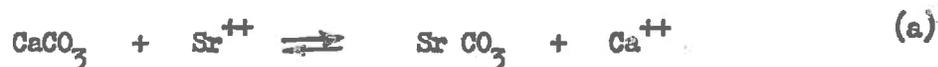
La première de ces observations concerne la forte proportion de ^{90}Sr extrait par l'eau (près de 80 % du Sr apporté pendant 10 années), par rapport à l'extraction de Sr total du sol. La seconde de ces observations est relative à l'activité spécifique $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ total des végétaux cultivés sur ce dispositif : cette activité diffère selon les organes analysés alors qu'elle semble en corrélation plus étroite avec l'activité du Sr de la parcelle considérée (tableau I). Une dilution isotopique normale avec le Sr "assimilable" du sol serait en contradiction avec les chiffres obtenus.

Nos recherches ont pour but de dégager les mécanismes qui régissent, d'une part la fixation, d'autre part la libération du strontium en présence de calcaires, en supprimant dans un premier temps la compétition des colloïdes argileux ou organiques, en la considérant ensuite dans un second temps.

Nous présentons, par cette note, le début de nos deux directions de travail, l'une concernant les interactions CaCO_3 - Sr, l'autre concernant l'absorption de Sr par des végétaux, chaque partie étant destinée à compléter et à vérifier l'autre.

1. INTERACTIONS CaCO_3 - Sr.

L'hypothèse la plus élémentaire que l'on puisse formuler est celle d'une réaction d'équilibre du type :



Une communication de MOKADY et GAL (1) suggère en effet une telle relation, pour expliquer la diminution de concentration en strontium d'une solution percolant des colonnes de sols calcaires. Les auteurs notent l'apparition des raies de diffraction de SrCO_3 et un affaiblissement marqué des raies de la calcite dans le milieu de percolation.

BARBIER (2) étudie la "séquestration" de Sr par CaCO_3 se déposant d'une solution bicarbonatée strontique et calcique. Il montre :

- a) que CaCO_3 entraîne toujours un peu de strontium en cristallisant, mais que l'eau-mère s'enrichit en Sr par rapport au Ca,
- b) que les sels solubles favorisent le maintien de Sr en solution,

Mode d'apport	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(2)	(3)	(4)	(5)	(2)	(3)	(4)	(5)	(2)	(3)	(4)	(5)
Dispersion	34	6,5	18	44	122	7,5	27	35	126	2	/	/		31,5	147	21	98
Irrigation souterraine parcelle 1	60	6,5	13	88	176	7,7	26	58	195	1,9	8	36	152	31	152	35	172
Irrigation souterraine parcelle 2	30	6	13	36	78	8	28	26	91	1,8	6,5	22	80	27	123	16	73
Irrigation Rate	55	5,7	16	73	205	7	28	62	250	1,9	6,6	45	157	25,5	135	39	206

(1) Activité de ^{90}Sr en picocuries par gramme de sol

(2) Teneur des plantes en Ca %

(3) Teneur des plantes en Sr ppm

(4) Activité spécifique de ^{90}Sr dans la plante en coups/100 minutes/ppm Sr

(5) Activité de ^{90}Sr en coups/100 minutes/Ca %

Tableau I

Teneur en Sr d'organes végétaux cultivés sur des parcelles polluées en ^{90}Sr sans entraînement

- c) que l'augmentation de la concentration en strontium augmente la fixation de cet élément par le CaCO_3 . Il constate enfin qu'en présence d'échangeurs de cations (dans leurs expériences), le strontium se concentre surtout sur les échangeurs.

BELOT et CAILLEDREAU (3) étudient la fixation sur la calcite de solutions phosphatées et expliquent le grand pouvoir fixateur de ce matériau par la formation d'apatite strontique.

UHLER et HUNGATE (4) enfin, notent que le phosphate mono-strontique et le borate de strontium ajoutés au sol, sont les deux sels qui sont le moins absorbés par les plantes particulièrement en sols calcaires. Signalons, dans le même ordre d'idées, que l'action du chaulage sur la teneur des végétaux en strontium ne semble pas constante et efficace que par application de très fortes doses.

1.1. Une de nos premières préoccupations est de préciser les diverses réactions pouvant amener, dans les sols, la formation de composés peu solubles de type carbonates. On connaît, dans la nature, un carbonate double de Sr et Ca, l'émmonite, dont la formation se comporte, selon les auteurs, une ou deux molécules de carbonate de calcium pour une molécule de carbonate de strontium. Pour essayer de reproduire un tel composé, nous avons repris sous vide, du carbonate de Sr et de Ca dissous dans de l'eau chargée de CO_2 . On obtient alors pour des mélanges contenant, au départ, une molécule de $\text{CO}_3 \text{ Sr}$ pour 1,45 - 1,0,45 - 0,33 - 0,22 et 0,11 molécules de carbonate de calcium, des diagrammes de diffraction de rayons X analogues à ceux de Sr CO_3 pur, la seule différence étant une diminution de toutes les équidistances corrélativement à l'augmentation du Ca présent (fig. 1) semble donc que la coprécipitation de solutions diluées de carbonate n'aboutisse pas à la formation séparée de carbonate de Sr et de carbonate de Ca (tout au moins sous une forme bien cristallisée), les diagrammes obtenus n'étant pas la superposition de ceux de Sr CO_3 et de l'un des diagrammes des diverses espèces de carbonates de calcium (calcite, aragonite, vaterite). Des essais sont encore nécessaires pour identifier les produits déposés en milieu très dilué, par une eau d'irrigation dure, polluée par de faibles quantités de Sr.

1.2. Une deuxième préoccupation est de procéder à l'étude cinétique de la fixation du strontium sur Ca CO_3 . Pour cela, nous avons mis en contact à la température laboratoire, une solution demi-saturée de Sr CO_3 , préparée sous azote, à partir d'eau exempte de CO_2 et contenant $2,56 \cdot 10^{-3}$ meq. de Sr par litre et marquée à raison de 5 Ci/litre de ^{90}Sr , avec 200 mg de CaCO_3 de taille comprise entre 10 et 20 u. Notre première observation, qui se poursuivra par l'étude des isothermes d'absorption, est résumée dans le tableau II et montre qu'une quantité appréciable de Sr est fixée après quelques heures de contact. Ces mesures obtenues par comptage ont été également vérifiées par absorption atomique.

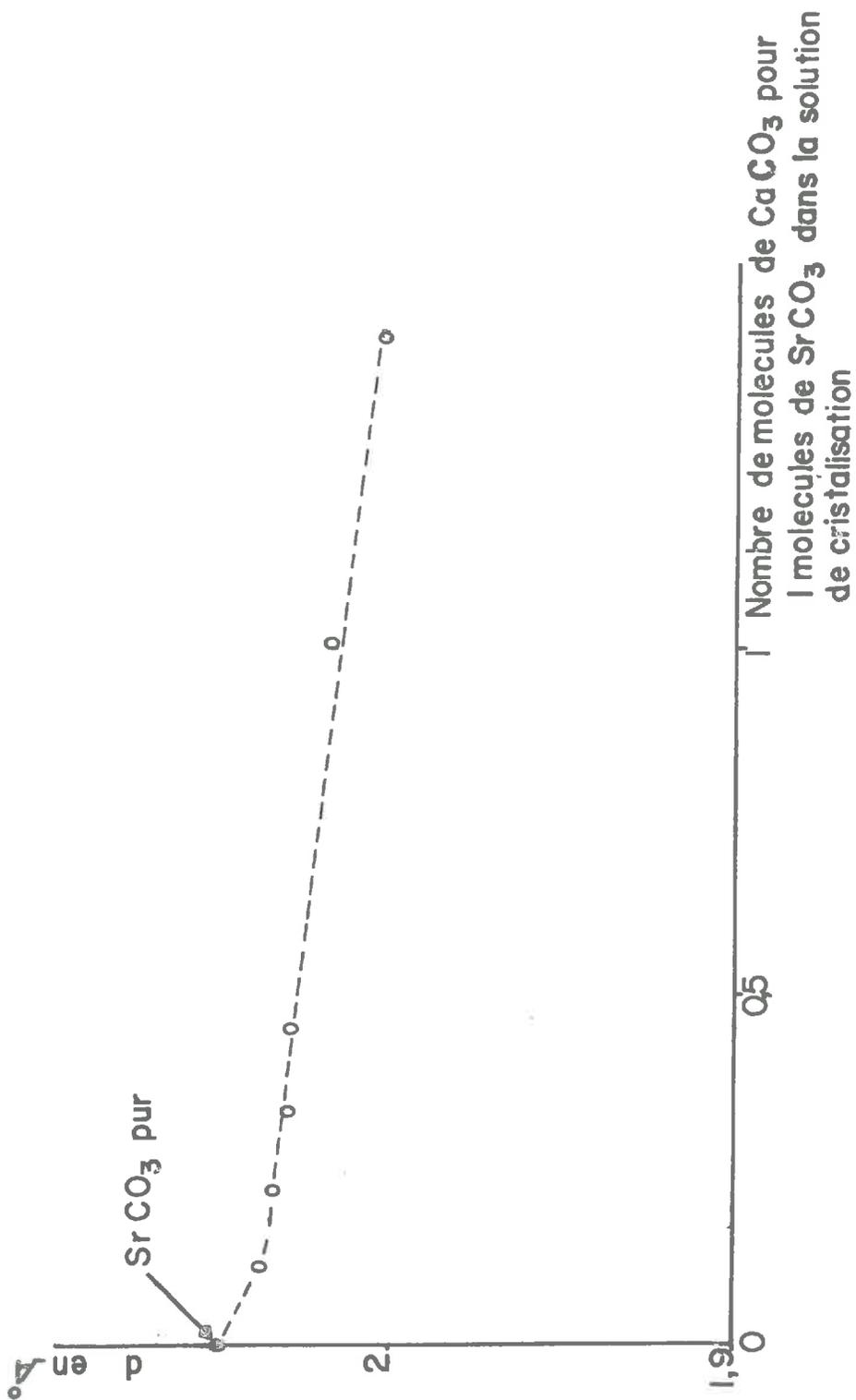


Figure 1 : Variation de la raie à $2,05 \text{ \AA}$ de SrCO_3 en fonction de l'augmentation de CaCO_3

Temps de contact	Strontium fixé par g de Ca CO ₃ en meq. 10 ⁻³	⁹⁰ Sr fixé en % du ⁹⁰ Sr apporté
30 minutes	0,65	25,5
1 heure	0,77	30,2
2 heures	0,91	35,5
8 heures	1,05	41
24 heures	1,06	41,5
36 heures	1,05	41
Témoin	2,56	

Tableau II

Cinétique de la fixation du strontium par Ca CO₃ (10 - 20 μ)

1.3. Un troisième aspect retenu est celui de l'influence de la taille des grains de calcite sur l'importance de la fixation du strontium. Le contact de la solution demi-saturée à 25° de strontium est maintenu pendant 24 heures, avec agitations ménagées intermittentes. Les résultats du tableau III montrent que, dans les conditions de l'expérience, le calcaire devient "actif" vis-à-vis du strontium pour des tailles inférieures à 10 μ . Il est donc nécessaire, pour toutes expériences de ce genre, de ne procéder aux manipulations qu'avec de la calcite calibrée, de dimensions connues, et d'être prudent dans l'interprétation de résultats obtenus avec des sols dont la granulométrie de la phase calcaire n'est pas exactement déterminée.

1.4. Le dernier aspect abordé a été de préciser l'efficacité de certains réactifs, qui peuvent être responsables de la libération du strontium en sols calcaires. On a vu déjà (5) que le chélate D.T.P.A., augmente notablement la mobilité du strontium en sols légers calcaires.

Selon KULIKOV (6), le sol fixe Sr d'une solution aqueuse, en totalité, tant que la concentration en E.D.T.A. de la solution est inférieure à $30 \cdot 10^{-3}$ moles par litre et le lessivage de Sr est peu accéléré par l'E.D.T.A.

Corrélativement, ESSINGTON et KULIKOV (7) ne constatent pas une augmentation de l'adsorption du strontium par les plantes en présence de l'E.D.T.A.

Dans l'optique qui nous préoccupe et qui consiste à dissocier dans les sols la fixation revenant au CO_2 Ca et celle revenant aux colloïdes organiques ou minéraux, nous avons essayé de différencier l'action de plusieurs agents vis-à-vis du Sr fixé sur du calcaire fin (10 à 20 μ).

Selon les techniques précédentes, ce matériel est saturé en Sr à partir d'une solution demi-saturée marquée, dans l'eau exempte de CO_2 . On extrait ensuite le Sr ainsi fixé par de l'eau non carbonique, de l'eau saturée de CO_2 sous la tension de CO_2 dans l'atmosphère, par une solution de polyphosphates, par les sels saturés en sodium de l'E.D.T.A., et de D.T.P.A. La concentration des solutions de chélates a été choisie de telle manière qu'elles correspondent exactement à la quantité de Sr fixé sur le calcaire. La concentration en polyphosphate étant de 2 mg/l de tripolyphosphate de soude. Les résultats comprennent deux ou trois répétitions figurant au tableau IV.

Les résultats montrent que les chélates, l'eau chargée en CO_2 ou exempte de CO_2 ont une action comparable car ils n'extraient pas la totalité du strontium fixé par le carbonate de calcium. En ce qui concerne les polyphosphates, il est possible qu'après la formation des complexes polyphosphate-strontium, il y ait eu adsorption des molécules de polyphosphate par les particules de carbonate de calcium, ce qui peut expliquer les faibles quantités de strontium extraites par ce réactif ; la cinétique de la désorption reste encore à étudier.

N°	(1)	(2) 10^{-3}
1000 - 620	15	0,40
620 - 500	18	0,48
500 - 315	21	0,55
315 - 160	18	0,48
160 - 100	19	0,50
50 - 20	21	0,55
/	/	/
10 - 2	34	0,90
1 - 0,5	43	1,14
0,5 - 0,2	52	1,38
0,2 - 0	73	1,93
T	100	$2,6510^{-3}$

(1) % Sr^{90} fixe par rapport Sr^{90} apporté

(2) Sr total en meq./1 g CO_3Ca

Tableau III

Fixation du Sr en fonction de la taille moyenne des grains de CO_3Ca

après 24 heures de contact

N°	(1) 10^{-3}	(2)	Réactifs	(3)
1	1,08	48	H ₂ O saturée en CO ₂	32
2	1,01	45		31,5
3	0,99	44	H ₂ O bouillie saturée en N ₂	15,7
4	1,03	46		15,5
5	1,12	50		15,7
6	1,08	48	E D T A	15
7	1,08	48		16
8	0,99	44	D T P A	17,7
9	1,10	49		16,9
10	0,99	44		16,6
11	0,99	44	Polyphosphate	10,7
12	1,08	48		11,1
13	1,08	48		12,5

- (1) Strontium fixé en meq./g de CO₃Ca (10-20 μ) mesuré par comptage du ⁹⁰Sr
(2) Strontium fixé en % du Strontium apporté
(3) Strontium désorbé en % du Strontium fixé après 1 heure de contact

Tableau IV

Action de divers réactifs sur la désorption du Strontium fixé sur CO₃Ca

Parallèlement à ces premiers essais, il nous a paru intéressant de procéder des études d'absorption par les plantes soit en solutions, soit en cultures, sur sol calcaires. Les résultats obtenus font l'objet de la seconde partie de ce travail.

2. FACTEURS INFLUENÇANT L'ABSORPTION DU STRONTIUM PAR LES PLANTES.

L'absorption du strontium par la plante augmente avec la teneur en strontium d'un sol. A un niveau donné, on peut imaginer, à priori, deux processus susceptibles de favoriser l'absorption du strontium par les végétaux en sol calcaire : formation de complexes strontiques directement absorbés par les racines, modification de la concentration en strontium des "solutions du sol" par déplacement des équilibres phase solide-phase liquide.

2.1. L'absorption par les racines de produits complexants le strontium peut provoquer un effet d'absorption synergique du strontium. Parmi les produits complexants le strontium, nous avons retenu deux phosphates (orthophosphate bisodique et tripolyphosphate de sodium) et un chélate (E.D.T.A. bisodique).

Afin de limiter l'effet de compétition entre le strontium et les autres cations nous avons réalisé une culture de maïs (5 plants) en pots comprenant deux compartiments horizontaux (fig. 2). Dans le compartiment supérieur, composé de 200 g de sol calcaire (40 % de calcaire total), mélangé à 200 g de sable, nous avons apporté tous les éléments nutritifs nécessaires à la plante, sauf le phosphore. Le sol était carencé en phosphore (6 ppm de P_2O_5 dosé par la méthode Joret-Hebert). Ce sol n'avait pas reçu d'apport de strontium. Dans ce compartiment les plantules prélevaient l'ensemble des éléments nécessaires à leur croissance, sauf le phosphore. Dans le compartiment inférieur, elles prelevaient strontium, phosphore, chélate. Les polyphosphates étant rapidement hydrolysés, 180 cc de solutions nutritives du compartiment inférieur étaient renouvelées quotidiennement. Pour l'ensemble des traitements, le niveau du strontium était équivalent : 2 mg de strontium marqué par 5 μ Ci de ^{90}Sr .

Traitement 1 : 0,37 g/l d'EDTA + 1,2 meq. de phosphore sous forme d'orthophosphate trisodique + 2 mg/l de strontium marqué au ^{90}Sr

Traitement 2 : 1,2 meq. de phosphore sous forme de tripolyphosphate de sodium + 2 mg/l de strontium marqué au ^{90}Sr

Traitement 3 : 1,2 meq. de phosphore sous forme d'orthophosphate trisodique + 2 mg/l de strontium marqué au ^{90}Sr

Traitement 4 : 2 mg/l de strontium marqué au ^{90}Sr

Traitement 5 : Eau pure.

L'ensemble des solutions avait un pH ajusté à celui du sol calcaire du com-
tinent supérieur (pH = 8,2).

Le témoin eau pure devait nous permettre d'apprécier la quantité de stront
provenant de la graine ou directement prélevé dans le sol du compartiment supérieur
traitement 4 est difficilement comparable aux traitements 1, 2 et 3 ; en effet, les
plantules ont été carencées en phosphore comme l'indiquent les faibles rendements
obtenus.

Après 25 jours de culture, les parties aériennes des plantules ont été récoltées.
Sur le tableau V, nous avons porté les rendements en poids secs, ainsi que les teneurs
en calcium, magnésium et strontium des parties récoltées. Le ^{90}Sr a été compté avec
précision statistique de 1 %. Le calcium, le magnésium et le strontium total de la
plante ont été mesurés par absorption atomique. Les résultats obtenus avec 5 répétitions de
chaque traitement, présentent une bonne reproductibilité.

Aux traitements 4 et 5, carencés en phosphore, correspondent des rendements
faibles en matière sèche et des teneurs en magnésium et en calcium élevées. Pour les autres
traitements, les teneurs en magnésium sont comparables et celles en calcium sont plus
élevées pour le traitement tripolyphosphate.

On constate un accroissement de la contamination en ^{90}Sr dans l'ordre :

Polyphosphate > Strontium seul > Orthophosphate > E.D.T.A.,

L'activité spécifique du strontium dans la plante étant respectivement de 3
319, 390 et 131 coups/mm/γ de Sr. Cette variation de l'activité spécifique montre
que les plantes ont absorbé du strontium non radioactif dans le compartiment supérieur
de façon variable avec les traitements ; le polyphosphate a provoqué une plus
importante absorption du strontium dans le compartiment supérieur que l'orthophosphate.

L'effet du tripolyphosphate s'explique probablement par l'absorption de com-
plexes tripolyphosphate-strontium par la plante. L'un d'entre nous (8) a montré la possibilité
d'utilisation directe d'oligophosphate par les plantes.

Le résultat obtenu avec l'E.D.T.A., peut s'expliquer par un effet de compétition
du strontium avec le sodium, compte-tenu de la mauvaise stabilité du complexe E.D.T.
strontium.

Les concentrations en sodium des solutions nutritives étaient sensiblement plus
élevées que celles du strontium. Nous nous proposons de reprendre cette expérience avec
une gamme plus étendue de chélates, à des concentrations calculées pour complexer les
ions Sr^{2+} à raison de 1 mg/l de strontium des solutions nutritives.

Traitements	E.D.T.A. 1	Polyphosphate 2	Orthophosphate 3	Sr seul 4	Eau 5
Rendements en matière sèche en g	5,16 CV=6,0 %	4,91 CV=5,1 %	5,13 CV= 4 %	2,91 CV=7,5 %	2,22 CV=8,0 %
Ca. %	0,93 CV=6,0 %	1,08 CV=5,4 %	0,93 CV= 2 %	1,42 CV=0,8 %	1,49 CV=4,3 %
Mg %	0,30 CV=5,2 %	0,28 CV=4,5 %	0,27 CV=3,3 %	0,33 CV=3,7 %	0,32 CV=3,1 %
Sr total en ppm	105 CV=4,5 %	804 CV=3,9 %	500 CV=0,2 %	720 CV=4,9 %	92 CV=3,4 %
90 Sr coups/mm/g de matière sèche	13.750 CV=9,0 %	280.000 CV=5,0 %	195.000 CV=3,5 %	230.000 CV=4,0 %	-
90 $\frac{Sr}{Sr \text{ total}}$ coups/mm/g Sr total	131	348	390	319	-

CV = Coefficient de variation

Tableau V

Composition des plantules de maïs

2.2. Modification des équilibres phase solide-phase liquide dans le sol.

Le tableau IV montre que, pour de faibles quantités de strontium fixées au carbonate, les teneurs désorbées par l'eau chargée de CO_2 , les solutions de chélates et l'eau saturée en azote, sont comparables. Ces résultats permettent de penser que, pour un sol faiblement contaminé, les teneurs en strontium des plantules ne sont pas modifiées par la présence de chélates ou de CO_2 dans le sol.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons réalisé une culture de ray-grass en petits vases, selon la méthode CHAMINADE (9) sur un sol calcaire contaminé en ^{90}Sr (287 coups/mg/g de sol). Ce sol contenait en outre 1203 ppm de strontium total.

L'ensemble des sols a reçu les éléments nutritifs nécessaires à la croissance du ray-grass. Les traitements suivants ont été comparés avec cinq répétitions :

- Témoin : sol contaminé
- Matière organique : 1 g de cellulose + 1 g de glucose par Kg de terre contaminée
- Chélate : 2 g d'E.D.T.A. bisodique par Kg de terre contaminée
- Polyphosphate : les 250 ppm de P_2O_5 (orthophosphate trisodique) des traitements précédents étaient remplacés par 250 ppm de P_2O_5 sous forme de tripolyphosphate de sodium.

Nous portons sur le tableau VI les résultats de la première coupe effectuée un mois après le semis en précisant que ces résultats se sont confirmés au cours des trois autres coupes.

Pour l'ensemble des traitements les teneurs en calcium variaient de 1,29 à 1,61 pour cent de matière sèche et celles du magnésium de 0,26 à 0,33 pour cent, sans qu'on puisse déceler une variation liée aux traitements.

Nous avons apprécié la variation de l'activité microbienne globale des sols provoquée par l'apport d'hydrate de carbone en dosant le gaz carbonique dégagé par la microflore des échantillons de terre humidifiés, après incubation à 28°C en présence de soude. La quantité de gaz carbonique dégagée par les échantillons ayant reçu des apports d'hydrate de carbone est approximativement deux fois plus forte que celle des échantillons témoins.

En ce qui concerne la culture de ray-grass, les résultats du tableau VI montrent que l'apport de matière organique au sol s'est manifesté par un abaissement sensible de rendements en matière sèche sans qu'il en résulte un accroissement du strontium absorbé

Traitements	Témoïn	Matière organique	Chélate	Polyphosphate
Rendements en g de matière sèche	4,76 CV = 4,1 %	3,81 CV = 8,1 %	2,42 CV = 7,2 %	4,96 CV = 5,0 %
Strontium total ppm	63 CV = 2,7 %	63 CV = 2,7 %	66 CV = 2,7 %	64 CV = 1,0 %
⁹⁰ Sr coups/mm/g de matière sèche	819 CV = 2,0 %	825 CV = 3,2 %	819 CV = 3,3 %	830 CV = 4,6 %

CV = Coefficient de variation

Tableau VI

Culture de ray-grass sur un sol calcaire

par le ray-grass. L'abaissement du rendement en matière sèche est probablement lié à la compétition des micro-organismes avec la plante pour l'utilisation des éléments nutritifs. Le dégagement de CO_2 et l'apparition de divers produits provenant de la dégradation des hydrates de carbone incorporés au sol n'a pas modifié, dans les conditions de nos expériences, l'absorption du strontium, ce qui est en accord avec les résultats du tableau IV.

Il en est de même pour l'E.D.T.A., qui n'a pas modifié la contamination du ray-grass, ce qui confirme les résultats obtenus par ESSINGTON et al. (7).

En ce qui concerne le polyphosphate, l'effet constaté en culture de maïs, sur un système plus simple, n'a pas été confirmé dans le sol, le calcium ayant probablement été placé dans ce cas le strontium du complexe tripolyphosphate-strontium.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) - MOKADY et GAL (1964). Strontium fixation by lime contained in soils. *Science*, 145, 154-155.
- 2) - BARBIER et al (1964-65-66)
- 3) - BELOT et GAILLEDREAU (1962). Cinétique de la rétention du ^{90}Sr par une réaction calcite-phosphate. Colloque International sur la rétention et la migration des ions radioactifs dans les sols. p. 69-83.
- 4) - UHLER et HUNGATE (1960). Relative availability of ^{90}Sr compounds in soil. *Nature*, vol. 187.
- 5) - L'ANNUNZIATA et FULLER (1968). The chelation and movement of ($^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$) ^{89}Sr in a calcareous soil. *Soil Sci.*, 105, 311-19.
- 6) - KULIKOV (1965). Effect of E.D.T.A. on the mobility of radioactive isotopes of Sr, Ca and some other elements in soil. *Pochvovedenie*, 6, 79-83.
- 7) - ESSINGTON, NISHITA et WALLACE (1962). Influence of chelates on the availability of fission products to plants grown in contaminated soil. *Soil Science*, 94, 96-105.
- 8) - CONESA (1969). Possibilités d'utilisation des polyphosphates par la plante. *C.R. Acad. Sci.*, p. 2063-2066.
- 9) - CHAMINADE (1960). Expérimentation en petits vases de végétation ; type d'essais pour tester l'efficacité des engrais humiques. *Ann. Agron.*, 2, 121-133.

DISCUSSIONMonsieur E. LEVI

Pourriez-vous décrire plus en détail la méthode employée de culture ?

Messieurs GUENNELON et CONESA

Notre exposé oral a été condensé, la méthode employée est décrite en détail dans notre communication écrite.

sieur R. BITTEL

Sr et Ca semblent se répartir différemment entre le calcaire et le complexe absorbant. Quelle est l'implication de ce phénomène quant aux prélèvements comparés du Sr et du Ca par les plantes en sol calcaire ?

Que peut-on attendre dans ce domaine des méthodes physiologiques utilisant des marquages multiples (^{85}Sr , ^{90}Sr , ^{45}Ca) ?

sieur GUENNELON

Nos recherches concernent pour l'instant le système $\text{CO}_3\text{Ca-Sr}$. Elles s'étendront ultérieurement aux interactions calcite-adsorbants minéraux. Nous envisageons, bien sûr, l'utilisation des marquages multiples ainsi que l'étude, par la microsonde électronique des phénomènes de localisation du Sr sur le calcite, et des attaques localisées par des grains de calcite par les racines.

Monsieur P. LERCH

Nous avons suivi avec intérêt votre exposé et plus particulièrement la relation de vos travaux sur l'absorption du ^{90}Sr par les racines en présence de polyphosphate ou d'orthophosphate. Ces deux dernières substances se trouvant en solution, les écarts observés traduisent un comportement différent à l'interface, au moment de l'absorption. Avez-vous étudié plus spécialement cet aspect du problème et pourriez-vous nous en parler ?

Monsieur R. GUENNELON

Nous avons étudié l'absorption comparée des polyphosphates et des orthophosphates par les plantes par marquage des molécules à l'aide du ^{32}P . Cette étude a montré que les plantules absorbaient les orthophosphates et les polyphosphates avec une préférence pour les orthophosphates, l'expérience que nous venons de décrire semble confirmer ces conclusions.