

CND10406

LK/SG  
REPUBLIQUE DU SENEGAL  
P R I M A T U R E

DELEGATION GENERALE  
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE

FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE L'ETAT  
G E M B L O U X (Belgique)

ETUDE DE TRANSFERT  
DU TRITIUM ORGANIQUE ET DE; L'EAU TRITIEE  
DANS LA' POMME DE TERRE ET' LA BETTERAVE

Présenté par  
Lamine KANE;

en vue de l'obtention du Certificat de 3<sup>e</sup> cycle  
de Génie sanitaire

Novembre 1978

Centre national de Recherches agronomiques  
de Bambey

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

(I. S. R. A.):

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
Introduction .....	1
Matériel .....	3
Dispositif des blocs de culture .....	4
Conditions initiales de culture	
Tableau I .....	5
Echantillonnage	
Tableau II .....	6
Tableau III .....	7
Tableau IV .....	8
Tableau V .....	9
Mode opératoire .....	10
Détermination du $^3_1\text{H}$ libre .....	11
Détermination du $^3_1\text{H}$ organique .....	11
Principe de comptage par scint. liquide .....	12
Distribution du tritium dans les différents organes de pomme de terre .....	13
Répartition centésimale de TOH et OBT dans les organes de pomme de terre .....	14
Bilan de transfert de matières .....	15
Conclusion partielle .....	16
Analyse statistique	
Comparaison des organes de la plante à l'intérieur de chaque bac .....	17
Efficacité du transfert du $^3_1\text{H}$ organique et $^3_1\text{H}$ libre ....	18
Conclusion générale .....	19
Bibliographie .....	20

## AVANT-PROPOS

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Monsieur le Professeur R. Kirchmann, Directeur de la Section radioécologie au Centre nucléaire à MOL, pour son accueil au sein de son service, son appui permanent lors de la conception et la réalisation de ce travail.

Qu'il nous soit permis d'exprimer notre profonde reconnaissance à Monsieur le Professeur J. Deltour, Directeur du CAMIRA pour sa compréhension et ses encouragements.

Nous remercions également Docteur Ph. Drèze pour ses précieux conseils, pour son aide constante dont il nous a témoigné durant tout notre séjour à Gembloux.

Nous associons à nos remerciements tout le personnel scientifique du service de la section radioécologie et en particulier Monsieur Fagniard pour sa disponibilité constante.

Nous nous en voudrions de terminer ce long chapitre sans insister sur la mention spéciale décernée davantage à Monsieur et Madame Douadi Barris, à Mlle Eliane Paquet, pour leur sympathie, leur soutien moral, leur disponibilité qu'ils nous ont témoignés tout au long de ce travail.

Nous remercions le personnel scientifique du bureau de calcul du CNRA de Bambey/Sénégal pour le traitement statistique des résultats et enfin S. Gning qui a assuré la frappe du manuscrit.

A eux tous, revient le mérite de ce qu'il y a de bien dans ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

## INTRODUCTION :

Les problèmes posés par l'alimentation, condition élémentaire de survie de toute espèce, ont toujours été présents pour l'humanité.

L'agriculture, productrice d'aliments, utilise les ressources physiques et biologiques de la nature, lesquelles, bien que vastes, sont cependant limitées.

Dans le domaine des productions alimentaires terrestres, l'eau constitue l'un des facteurs limitants de la nature et elle intervient de façon prépondérante dans la production agricole.

La progression de l'eau dans la plante résulte à la fois d'une diffusion par échange de l'eau à travers les parois du végétal et d'une circulation interne de cette eau par flux de masse. Or, la diffusion de l'eau dans la pomme de terre et dans la betterave se fait soit à partir du milieu de culture à travers les racines, soit à partir de l'atmosphère ambiante à travers les feuilles.

Par ailleurs, diffusion et flux de liquide dans la plante dépendent des résistances (stomatique, cuticulaire et tissulaire) rencontrées à tous les niveaux et de l'hétérogénéité du climat au sein de la végétation.

Malgré ces difficultés, la méthode d'incorporation du tritium sous forme eau ou organique permet d'aborder le transport de l'eau à travers le végétal. Or, la résistance globale au mouvement ascendant de l'eau à l'intérieur de la plante est l'un des éléments qui contribuent à déterminer cette circulation.

La résistance tissulaire étant l'ensemble des résistances au mouvement de l'eau à l'intérieur de la plante résultant à la fois de la morphologie et de l'activité métabolique (fixation biochimique de H à partir de H<sub>2</sub>O, variations de pressions osmotiques dans les cellules, etc...) des parenchymes et des tissus conducteurs.

Les résistances stomatique et cuticulaire s'opposent au flux de vapeur d'eau qui quitte la plante au cours de la transformation.

.../

Le recours aux méthodes radioactives s'est imposé rapidement dans les différents domaines de l'agronomie grâce à leurs meilleure prévision et plus grande rapidité que les méthodes classiques.

Notre travail se situe dans ce cadre et a pour but d'étudier expérimentalement le transfert du tritium sous ses deux formes :

- eau pulvérisée
- fumier organique

dans des pommes de terre et la betterave.

Le tritium est un constituant principal de l'eau et de la matière organique. Il permet, grâce aux radiations  $\beta$  qu'il émet de suivre leur évolution dans le sol, leur absorption par le végétal et leur cheminement dans les différents organes de ce dernier.

MATERIEL :

Les plantes cultivées sont reprises dans le tableau 1,

Un mélange de terre et du sable permet de cultiver sans incident les plantes.

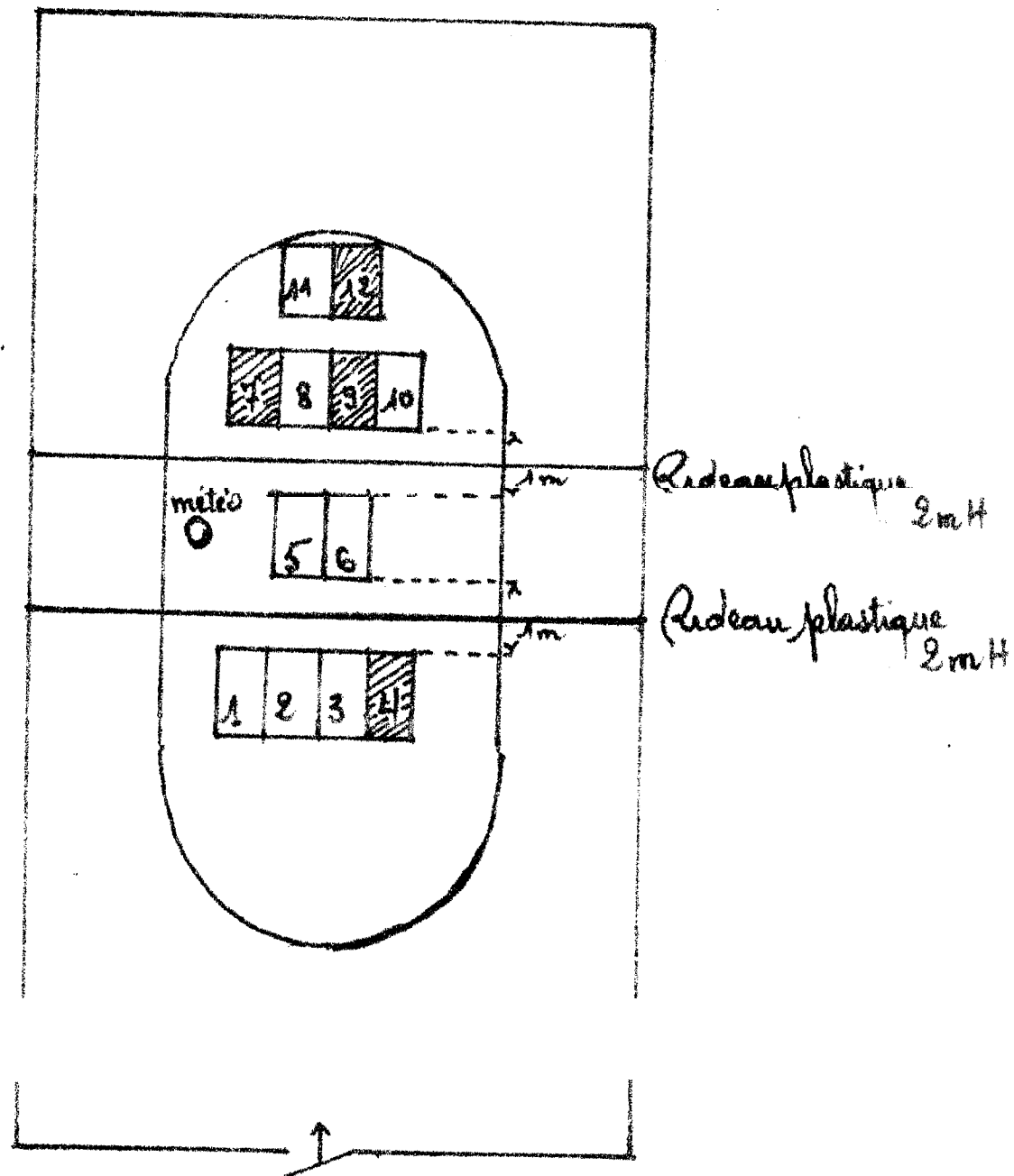
Les bacs de culture sont en polyester stratifié de 1 m de haut et 75 cm de diamètre.

Ils contiennent chacun 150 kg de terre. Chaque bac est muni d'un tuyau cylindrique creux en PVC. Ce dispositif permet de contrôler l'eau percolée et une bonne aération du milieu de culture.

Les bacs I - II - III - IV ont reçu chacun de l'eau tritiée ; tandis que les bacs V - VI - VII - VIII - IX - X ont reçu de la matière organique marquée au tritium comme fumier (tableau I).

Le dispositif des bacs est repris dans le schéma ci-après. Un rideau en plastique de 2 m de haut isole les bacs entre eux contre toute contamination éventuelle.

En 1975, les bacs I, II, III et IV ont reçu chacun  $6 \times 25 \text{ l}$  de solution à raison de 10 ml d'eau tritiée par litre de solution à  $57,258 \mu\text{Ci/ml}$  soit une activité globale de  $57,258 \times 10 \times 6 \times 25 = 86 \text{ pCi}$ .



Disposition des bacs de culture

Tableau I :

N° Bacs	C O N T A M I N A T I O N	C U L T U R E	Act. pCi/g de MS PA
I	H <sub>2</sub> O tritiée 1975	Pomme de terre	513,6
II	H <sub>2</sub> O tritiée 1975	Pomme de terre	193,6
III	H <sub>2</sub> O tritiée 1975	Pomme de terre	375
IV	H <sub>2</sub> O tritiée 1975	Betterave	180,6
V	matière organique (2 kg) pdt haute act. prov. Bac I-II-III-IV	Pomme de terre	2 303,2
VI	matière organique (2 kg) pdt haute act. prov. Bac I-II-III-IV	Pomme de terre	1 719,3
VII	matière organique (2 kg) Bet <sup>t</sup> . Pro <sup>v</sup> . du champ 1975 (PF 2kg)	Betterave	NS
VIII	matière organique (2 kg) pdt prov. du champ 1975 (PF 2 kg)	Pomme de terre	NS
IX	matière organique (2 kg) Bet <sup>t</sup> . Pro <sup>v</sup> . du champ 1975 (PF 2kg)	Betterave	NS
X	matière organique (2kg) pdt. prov. du champ 1975 (PF 2 kg)	Pomme de terre	NS

Conditions initiales de culture pour la campagne 1977.

NS : non significatif pour la sensibilité de l'appareil de détection.

MSPA : matière sèche partie aérienne.



E C H A N T I L L O N N A G E

Tableau II

Date	N°	NATURE	≡ N° OIT	Quantité Frais Total récolté	% MS
	Exp. bac 77/1	pdt haute act. mélange Bac I-II-III-IV	pour bac V et VI		9,1
1/6/77	4	Sol	Bac I		74
13/9/77	5	pdt P.A	Bac I	98	26,6
	6	pdt tub	Bac I	431,7	18,4
	7	pdt RAC	Bac I	31,5	38,2
	8	Sol	Bac I		75,5
1/6/77	18	Sol	Bac II		63,8
13/9/77	18A	pdt P.A	Bac II	15,4	33,3
	19	Sol	Bac II		75,5

pdt : pomme de terre  
P.A : partie aérienne  
tub : tubercule  
RAC : racial

E C H A N T I L L O N A G E

Tableau III

Date	N°	NATURE	ENDROIT	Quantité Fr. total récolté	% MS
1/6/77	Exp. bac 77/27	Sol	Bac III		61
13/9/77	26	pdt P. A	Bac III	15,8	44,8
	29	pdt tub	Bac III	63,5	38,1
	30	pdt RAC	Bac III	7,9	60
	31	Sol	Bac III		75
1/7/77	38	Sol	Bac IV		71,8
e-I	N. "				
7/11/77	39	Bett. P. A	Bac IV	240	19,2
	40	Bett. RAC	Bac IV	334,4	35,9
	a-e	" " I			
8/9/77	45	pdt P. A	Bac V	35,3	69
S. m.					
	46	pdt tub	Bac V	862,1	28,2
	47	pdt RAC	Bac V	49,8	48,4
		I-L " L " "			
	48	Sol	Bac V		79,6

## E C H A N T I L L O N N A G E

Tableau IV

Date	N°	NATURE	ENDROIT	Quantité Fr Total récolté (g)	% MS
8/9/77	53	pdt P.A	Bac VI	46,5	71,1
	54	pdt tub	Bac VI	1 151,7	27,1
	55	pdt RAC	Bac VI	31,7	54,6
	56	Sol	Bac VI		80,3
	78	Pdt P.A	Bac VIII	46,4	42,1
	79	pdt tub	Bac VIII	1 664,6	83,4
	80	pdt RAC	Bac VIII	37,9	39,7
	81	Sol	Bac VIII		80

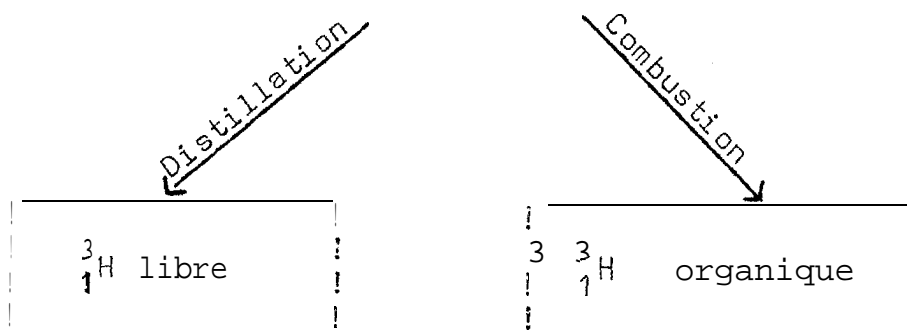
## E C H A N T I L L O P J N A G E

Tableau V

Date	N°	NATURE	ENDROIT	quantité Fr Total récolte	% MS
24/8/77	Exp. Bac 77/102	pdt P.A	Bac X	55,8	58,8
	103	pdt tub	Bac X	1 062,2	23,1
	104	pdt RAC	Bac X	51,6	53,8
	105	Sol	Bac X		80,3
7/7/77	107	pdt P.A	Bac XI	13,6	8,6
8/9/77	108	pdt P.A	Bac XI	37,3	29,6
	109	pdt tub	Bac XI	353,1	35,6
	110	pdt RAC	Bac XI	25,7	50
	111	Sol	Bac XI		78,7

- Découper un morceau de papier aluminium
- Numéroter
- Peser
- Porter à la chambre froide (- 4°C) ?
- Découper les échantillons
- Emballer dans le papier aluminium
- Peser une deuxième fois

--> Quantité totale de matière fraîche récoltée



Détermination de  $^3_1\text{H}$  organique

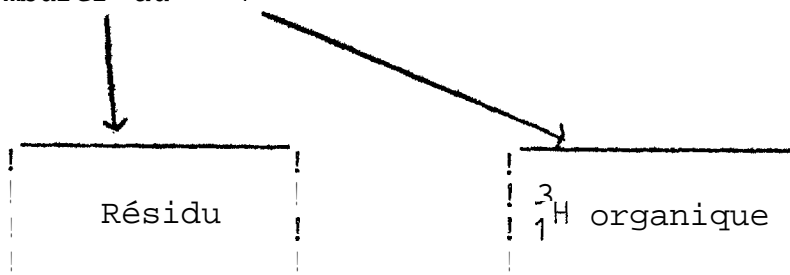
- Prendre une partie de la matière fraîche récoltée
- Peser
- Mettre à l'étuve (110°C) durant 2 jours
- Peser à nouveau

--> Matière sèche

- Broyer
- Peser les nacelles
- Introduire les échantillons dans les nacelles
- Puis mettre à l'étuve à 110°C pendant 1 nuit
- Refroidir dans un dessiccateur
- Peser

--> Poids total de matière sèche

- Faire une prise
- Peser
- Comburer au BMO



- $^3_1\text{H}$  organique est mesuré au Scintillateur liquide
- Le résidu est pesé si cela est nécessaire

### Détermination du $^3_1\text{H}$ libre

- Faire une prise d'échantillon, environ 30 g de matière fraîche dans un ballon de 250 ml
- ↳-- 700 ml de Toluène
- Distiller au maximum
- Refroidir
- Faire une prise de 1 ml de distillat
- ↳-- 15 ml de liquide scintillant
- Mesurer au scintillateur liquide.

Les difficiencies du PACKARD (scintillateur liquido) et du BM3 (appareil de combustion) sont calculées à partir du standard connu : TOH et du papier filtre.

La procédure est la suivante :

#### Efficiéce Packard

Blanco : 15 ml liquide scintillant

100  $\lambda$  stand  $^3_1\text{H}$  + 15 ml lig. SC

#### Efficiéce du BMO

Blanco : 100  $\lambda$  H<sub>2</sub>O + papier filtre + 15 ml lig. SC

100  $\lambda$  stand  $^3_1\text{H}$  + 100  $\lambda$  H<sub>2</sub>O + papier filtre + 15 ml lig. SC

L'efficiéce est donnée par la formule :

$$E \% = \frac{\text{cpm}}{\text{dpm}} \times 100$$

Le résultat de comptage tient compte :

- du fond continu
- du facteur de décroissance du radio isotope
- du rendement de l'appareil de mesure
- . des facteurs de dilution et d'auto absorption si besoin.

### Mesure du $^3_1\text{H}$ incorporé dans la matière sèche

Le tritium incorporé dans la partie organique des pommes de terre est mesuré sous forme d'eau tritiée obtenu par combustion de la matière sèche dans un courant d'oxygène (débit environ 300 ml/min) à 900°C. Les produits de combustion passent dans un lit de catalyse à 700°C, et finalement l'eau tritiée formée est piégée dans un récipient plongeant dans un bain d'acétone saturé de neige carbonique.

L'eau tritiée est alors transférée par lavage à l'aide d'une solution scintillants directement dans la fiole de comptage.

Un facteur de correction, calculé à partir de la combustion d'un standard ayant une teneur connue en tritium organique, est appliqué au résultat de la mesure par scintillation liquide.

#### Principe de comptage par scintillation liquide

Les particules bêta émises par les radionuclides ionisent et activent en cascade les molécules scintillantes (généralement atomatique) présentes dans la solution. Celle-ci reviennent à leur état stable en émettant une scintillation lumineuse de courte durée. Les photons lumineux émis réagissent, par effet photo-électrique avec la photo-cathode d'un tube photo-multiplicateur qui transforme en fait le flash lumineux en impulsion électrique. Celle-ci est amplifiée, analysée et enregistrée sur une échelle de comptage électronique. A l'heure actuelle, c'est la seule technique qui permet le comptage du tritium.

Tableau VI

DISTRIBUTION DU TRITIUM  
DANS LES DIFFERENTS ORGANES DE POMME DE TERRE

N <sup>os</sup> B A C S	ACTIVITE M.O DU SOL pCi/g		ACTIVITE L'EAU DU SOL pCi/ml		O R G A N E S					
					POMME DE TERRE					
	Début culture	Récolte	Début culture	Récolte	Partie aérienne		Racines		Tubercules	
					THO (pCi/ml)	OBT (pCi/g)	THO (pCi/ml)	OBT (pCi/g)	THO (pCi/ml)	OBT (pCi/g)
1	1 124	669	7 487	717	87	514	271	527	395	248
4	2 398	1 094	2 624	628	206*	194				
m- m- 33										
3	1 711	1 047	5 230	873	190*	273	365*	613	313	168
5	116 200*	NS	19 100*	384	566	2 303,2	346	2 113	803	853
6	116 200*	NS	19 100*	208	489	1 719,3	297	1 784	574	255
8	116 200*	NS	19 100*	NS	58	NS	NS	NS	NS	NS
10	116 200*	NS	19 100*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
11	116 200*	NS	19 100*	52,4	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\* calculé

M.O : matière organique

pCi : Picocurie

THO : tritium non lié sous forme eau

OBT : " " lié sous forme organique

L'examen des bacs 1 et III du tableau VI montre une accumulation croissante du THO des parties aériennes vers les tubercules. On retrouve sensiblement la même quantité de OBT dans la partie aérienne et les racines alors que dans les tubercules, l'OBT est plus faible.



REPARTITION CENTESIMALE DE TOH ET OBT DANS LES ORGANES  
DES POMMES DE TERRE

14

Tableau VII

BACS	ORGANES	ACTIVITE			
		TOH (pCi/ml)	%	OBT (pCi/g)	%
1	Partie aérienne	6 258	4,2	13 399	34
	Racines	5 275	3,5	6 341	16
	Tubercules	139 145	92,3	19 700	50
2	Partie aérienne	2 116*		995	
	Racines	Néant		Néant	
	Tubercules	Néant		Néant	
3	Partie aérienne	1 657*	10,8	1 932	21,7
	Racines	1 153	7,5	2 906	32,6
	Tubercules	12 520	81,7	4 065	45,7
5	Partie aérienne	6 193,7	1,2	56 094	17,8
	Racines	7 168,0	1,4	50 930	16,2
	Tubercules	497 047	97,4	207 375	66,0
6	Partie aérienne	6 571	1,3	56 833	34,0
	Racines	4 274	0,9	30 878	18,4
	Tubercules	481 924	97,8	79 588	47,6
8	Partie aérienne	NS		NS	
	Racines	NS		NS	
	Tubercules	NS		NS	
10	Partie aérienne	NS		NS	
	Racines	NS		NS	
	Tubercules	NS		NS	

TOH : eau libre dans les tissus

OBT : eau liée organiquement ou eau de combustion

\* : Calcule

NS : Non significatif

Tableau VIII : BILAN DE TRANSFERT DE MATIERE  
PAR kg DE SOL

N <sup>o</sup> s BACS	SOL DE CULTURE			ORGANES DE TRANSFERT		
	Quantité (g)	Activité (pCi/g)	Activité totale	PA (pCi)	RAC (pCi)	TUB(pCi)
1	MS	740	1 124	13 399	6 341	19 700
	EAU	260	7 487	1 946 620	6 258	139 145
	$\Sigma$	1 000	8 611	2 778 380	19 657	158 845
	f(%)			7,2	13,3	13
3	MS	750	1 711	1 932	2 906	4 065
	EAU	250	5 230	1 307 500	1 657*	12 520
	$\Sigma$	1 000	6 941	2 590 750	3 589	16 585
	f(%)			8,8	19,8	10
5	MS		116 200*	56 094	50 930	207 375
	EAU		19 100*	3 812 933	6 194	497 075
	$\Sigma$		135 300*	3 953 933	62 288	704 450
	f(%)			44,6	29,5	17
6	MS		116 200*	56 833	30 878	79 588
	EAU		19 100*	3 812 933	6 571	481 924
	$\Sigma$		135 300*	3 953 933	63 404	561 512
	f(%)			34,5	28,0	12

MS : OBT (<sup>14</sup>C organique)  
EAU : THO (<sup>14</sup>C libre)  
 $\Sigma$  : Somme (OBT + THO : rapportés à la même unité)  
f(%) : Pourcentage de transfert.

Conclusion partielle :

L'examen global du tableau montre un transfert de matière homogène au niveau des tubercules alors qu'il est très dispersé dans la partie aérienne.

Le transfert dans la partie racinaire quoique relativement homogène reste intermédiaire entre les deux.

Le substrat sous forme eau libre favorise le transfert vers les tubercules et les racines alors que le substrat organique enfoui favorise le transfert contraire,

ANALYSE VARIANCE

ESSAI : Culture des pommes de terre

Comparaison des organes de la plante à l'intérieur de chaque bac.

Origine	Nbre de degrés de liberté	$\Sigma$ des carrés des écarts	Variance	F	F théorique	
				calc.	5 %	1 %
Blocs I-III-V-VI	3	797,42917	265,80972	3,52	4,76	
Traitements RAC TUB; PA	2	264,55167	132,27583	1,75	5,14	
Erreur	6	452,92833	75,48805			
Total	11	1514,90917				

Moyenne : 19,9 - C.V. : 43,7 %

		0,05
TUB	13,3	
RAC	22,6	
PA	23,8	

Aucune différence significative au seuil considéré.

Tableau d'analyse de variance

EFFICACITE DU TRANSFERT DU  $^3\text{H}$  ORGANIQUE ET  $^3\text{H}$  LIBRE

Organes Traitements	PA	RAC	TUB	$\bar{x}$	$\sum x$	$\sum x^2$	$\frac{(\sum x)^2}{N}$	Des carrés des écarts	Var.	Erreur type	t calc	CV	cs
$^3\text{H}$ organique	39,6	28,8	15,1	27,8	111,3	3398,5	3096,9	301,5	100,5	5,0	5,6	36,0	18,0
$^3\text{H}$ libre	8,0	16,6	11,6	12,1	48,3	620,5	583,2	37,3	12,4	1,8	6,8	2,92	14,6

COMPARAISON DES DEUX MOYENNES

Origine	Nbre de degré de liberté	Diff. moyenne	des carrés des écarts	Variance commune	T calculé commun	T théorique	
						5 %	1 %
$^3\text{H}$ organique	4	15,8	301,5	56,47	2,964	2,447	3,707
$^3\text{H}$ libre	4		37,3				

Différence significative à 5 %

Différence non significative à 1 %

L'analyse de variance montre une différence significative entre les deux traitements (tritium sous forme organique et eau) au seuil 5 %.

La conclusion tirée de ce tableau confirme les résultats obtenus par la méthode basée sur le bilan de matière. En effet un transfert plus global et très net se manifeste au niveau des bacs V et VI qui ont reçu de la matière organique marquée au tritium alors que les bacs I et III présentent un transfert moins important.

- une très grande mobilité du  $^3_1\text{H}$  organique dans les tubercules vers les parties aériennes ;
- le gradient de transfert est très marqué dans les bacs V et VI ;
- un très grand transfert du  $^3_1\text{H}$  organique dans les parties aérienne et racinaire alors qu'il est très moyen dans les tubercules ;
- le transfert de  $^3_1\text{H}$  libre est plus important dans les racines. L'accumulation est moins marquée dans les tubercules et puis relativement faible dans les parties aériennes (bacs 1 et III).

## B I B L I O G R A P H I E



1. KIRCHMANN (R.), PIRON (C.), MEURICE (M.), FAGNIART (E.),  
SIRONVAL (C.)  
Le tritium des effluents liquides d'installations nucléaires  
Annales de l'Association Belge de Radioprotection - Vol 2  
n°3, 1977.
- 2 - FERRON (Françoise), VAN ASSCHE (S.) et COSTES (C.)  
Recherches sur les transformations de l'eau dans les  
feuilles avec l'eau tritiée.  
Physiol. vég., 9 (3), 245-271.
- 3 - HEAD (C. C.)  
Méthodes pour l'étude de la production des systèmes radici-  
culaires  
In méthodes d'études de l'écologie du sol  
coll. UNESCO, 151-157.
- 4 - MARTENS (Cl.), 1970  
L'influence des conditions de milieu sur l'absorption de  
l'eau et des éléments minéraux par les systèmes radicu-  
laires de quelques graminées cultivées.  
Thèse Dr. Ing. Univ. Toulouse, Ronéotypé 161 pp.