

ETUDE COMPARATIVE DES FACTEURS DE TRANSFERT
DE L'EAU, DE L'IODE ET DU STRONTIUM
SUR LE RAY-GRASS ET LE TREFLE
PROPOSITION D'UN MODELE D'EVALUATION DES LIMITES
DE LA CONTAMINATION FOLIAIRE PAR LE DEPOT HUMIDE

par

Livio ANGELETTI, Emilio LEVI

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
Département de Protection

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses

Rapport CEA-R-4860

1977

Ca

SERVICE DE DOCUMENTATION

PLAN DE CLASSIFICATION DES RAPPORTS ET BIBLIOGRAPHIES CEA

(Classification du système international de documentation nucléaire SIDON/INIS)

A 11	Physique théorique	C 30	Utilisation des traceurs dans les sciences de la vie
A 12	Physique atomique et moléculaire	C 40	Sciences de la vie : autres études
A 13	Physique de l'état condensé	C 50	Radioprotection et environnement
A 14	Physique des plasmas et réactions thermonucléaires		
A 15	Astrophysique, cosmologie et rayonnements cosmiques	D 10	Isotopes et sources de rayonnements
A 16	Conversion directe d'énergie	D 20	Applications des isotopes et des rayonnements
A 17	Physique des basses températures		
A 20	Physique des hautes énergies	E 11	Thermodynamique et mécanique des fluides
A 30	Physique neutronique et physique nucléaire	E 12	Cryogénie
		E 13	Installations pilotes et laboratoires
B 11	Analyse chimique et isotopique	E 14	Explosions nucléaires
B 12	Chimie minérale, chimie organique et physico-chimie	E 15	Installations pour manipulation de matériaux radioactifs
B 13	Radiochimie et chimie nucléaire	E 16	Accélérateurs
B 14	Chimie sous rayonnement	E 17	Essais des matériaux
B 15	Corrosion	E 20	Réacteurs nucléaires (en général)
B 16	Traitement du combustible	E 30	Réacteurs nucléaires (type)
B 21	Métaux et alliages (production et fabrication)	E 40	Instrumentation
B 22	Métaux et alliages (structure et propriétés physiques)	E 50	Effluents et déchets radioactifs
B 23	Céramiques et ciments		
B 24	Matières plastiques et autres matériaux	F 10	Economie
B 25	Effets des rayonnements sur les propriétés physiques des matériaux	F 20	Législation nucléaire
B 30	Sciences de la terre	F 30	Documentation nucléaire
		F 40	Sauvegarde et contrôle
C 10	Action de l'irradiation externe en biologie	F 50	Méthodes mathématiques et codes de calcul
C 20	Action des radioisotopes et leur cinétique	F 60	Divers

Rapport CEA-R-4860

Cote-matière de ce rapport : C.20

DESCRIPTION-MATIERE (mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)

en français

en anglais

EAU
 IODE 131
 STRONTIUM 085
 MIGRATION DES RADIONUCLEIDES
 ABSORPTION PAR LES FEUILLES
 IRRIGATION
 TREFLE
 GRAMINACEES
 DEPOTS
 ADSORPTION

WATER
 IODINE 131
 STRONTIUM 85
 RADIOISOTOPE MIGRATION
 FOLIAR UPTAKE
 IRRIGATION
 CLOVER
 GRAMINEAE
 DEPOSITS
 ADSORPTION

- Rapport CEA-R-4860 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses
Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire
Département de Protection

ETUDE COMPARATIVE DES FACTEURS DE TRANSFERT
DE L'EAU, DE L'IODE ET DU STRONTIUM
SUR LE RAY-GRASS ET LE TREFLE
PROPOSITION D'UN MODELE D'EVALUATION DES LIMITES
DE LA CONTAMINATION FOLIAIRE PAR LE DEPOT HUMIDE

par

Livio ANGELETTI, Emilio LEVI

Association Euratom/CEA - Niveaux de Pollution

- Juillet 1977 -

CEA-R-4860 - ANGELETTI Livio, LEVI Emilio

ETUDE COMPARATIVE DES FACTEURS DE TRANSFERT DE L'EAD, DE L'IODE ET DU STRONTIUM SUR LE RAY-GRASS ET LE TREBLE. PROPOSITION D'UN MODELE D'EVALUATION DES LIMITES DE LA CONTAMINATION FOLIAIRE PAR LE DEPOT HUMIDE

Sommaire. - On a déterminé, en fonction des intensités d'aspersion, les facteurs des transferts sur les parties aériennes du ray-grass et du trèfle, de l'eau, de l'iode (^{131}I) et du strontium (^{89}Sr). L'analyse des résultats obtenus a mis en évidence l'influence sur les valeurs des facteurs de transfert de l'iode et du strontium, des intensités des aspersion, de la nature de l'élément chimique et de l'espèce végétale. Elle a, en outre, permis de proposer une méthode simple d'évaluation des limites de contamination des parties aériennes des végétaux par le dépôt humide, basée uniquement sur les valeurs de transfert de l'eau sur les végétaux.

1977

36 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R-4860 - ANGELETTI Livio, LEVI Emilio

A COMPARATIVE STUDY OF TRANSFER FACTORS OF WATER, IODINE AND STRONTIUM ON RYE-GRASS AND CLOVER. DEVELOPMENT OF A MODEL OF EVALUATION OF THE LIMITS OF FOLIAR CONTAMINATION BY WET DEPOSIT

Summary. - Transfer factors of water, iodine (^{131}I) and strontium (^{89}Sr) on above-ground parts of rye-grass and clover were determined as a function of aspersion intensities. An analysis of the results showed the effect of aspersion intensities, nature of the chemical element and plant species on the values of transfer factors of iodine and strontium. It also made it possible to propose a simple method of evaluation of contamination limits of the aerial parts of plants by wet deposit, based on transfer values of water on plants only.

1977

36 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

SOMMAIRE

I	INTRODUCTION	1
II	DEFINITION	2
III	PARTIE EXPERIMENTALE	3
	1° Principe de la méthode	3
	2° Matériel et outillage	3
	3° Mode opératoire	4
IV	RESULTATS	4
	1° Eau	4
	2° Iode et strontium	5
V	DISCUSSION DES RESULTATS	5
	1° Eau	5
	2° Iode et strontium	9
VI	CONCLUSIONS	12
	BIBLIOGRAPHIE	15
	TABLEAUX I à X	17
	FIGURES I à 7	22
	ANNEXE I. EXEMPLE NUMERIQUE	26

I - INTRODUCTION

La connaissance de la capture de l'eau (pluies, eaux d'irrigation) ainsi que des éléments et composés chimiques qu'elle contient tant en solution qu'en suspension, par les parties aériennes des végétaux, revêt une très grande importance pour l'évaluation de la contamination directe des végétaux et des risques éventuels et potentiels pour la santé de l'homme et celle des animaux domestiques et sauvages.

Lorsque l'on doit évaluer la quantité d'un polluant rejeté dans l'atmosphère par une installation industrielle et transféré par la pluie aux végétaux, deux données sont nécessaires : sa concentration dans l'eau de pluie et la fraction de la concentration capturée et retenue par les parties aériennes des végétaux.

La première dépend tant de sa concentration dans l'atmosphère que des propriétés de lessivage de la pluie, dans et au-dessous des nuages ; la seconde peut dépendre de plusieurs paramètres tels que nature physico-chimique et concentration du composé, présence d'autres éléments et composés chimiques, température et pH de l'eau, espèce végétale et âge de la plante, hauteur et intensité des pluies.

Alors que pour l'évaluation de la concentration d'un polluant dans la pluie, ou du moins de ses limites, on peut, en connaissant sa concentration dans l'air, utiliser les coefficients de lessivage [1] reportés par divers auteurs [2, 3] , pour l'estimation de la fraction capturée par la végétation, on ne dispose pas de renseignements suffisants. En fait, les études effectuées jusqu'à présent concernent des aspersiones de 0,17 à 1,2 mm/m² pour lesquelles on n'obtient, d'après notre expérience, rien d'autre que la valeur du résidu à l'évaporation [4,5]. En fait, on ne peut pas, par de tels essais, mettre en évidence les éventuels phénomènes liés, par exemple, au ruissellement plus ou moins intense de l'eau de pluie sur les

végétaux, ni la variabilité due aux autres paramètres cités ci-dessus.

C'est pourquoi l'on a entrepris une étude du transfert de l'eau et de deux radionuclides en solution aqueuse sur des espèces végétales différentes et sur leurs mélanges, en fonction des intensités d'aspersion.

Dans l'impossibilité d'effectuer une étude exhaustive du problème, on a limité tant le nombre et la qualité des espèces végétales à étudier que les caractéristiques physico-chimiques des solutions d'aspersion.

Cette étude ne constitue donc qu'un dégrossissement du problème dont le tout premier a été celui de fournir des valeurs approximatives de la contamination foliaire par le dépôt humide. Les études ont été réalisées dans les laboratoires du Centre Commun de Recherche à ISPIA (Italie), dans le cadre de la collaboration entre le Service de Biologie et l'Association EURATOM/CEA.

II - DEFINITIONS

Le couvert végétal interrompt, en l'interceptant, la chute plus ou moins violente de l'eau sur le sol. Une partie de cette eau atteint le sol et la partie basale de la plante tant par égouttement que par écoulement. Au cours de ce processus, les impuretés de l'eau peuvent être retenues (absorbées ou adsorbées). Une autre partie de l'eau, retenue sur les parties aériennes des végétaux, est restituée ensuite au milieu par évaporation, laissant sur les feuilles un dépôt d'impuretés.

On définit l'interception comme le processus à travers lequel la pluie est capturée par le couvert végétal et est redistribuée au milieu par égouttement, écoulement et évaporation [6].

La rétention par interception est définie comme l'épaisseur de pluie retenue sur une surface donnée. Elle augmente avec la hauteur de pluie jusqu'à atteindre une valeur constante appelée capacité de rétention par interception. Cette valeur dépend à la fois de l'espèce végétale, de l'intensité de la pluie et aussi de la vitesse des vents.

III - PARTIE EXPERIMENTALE

1° - Principe de la méthode

Deux espèces végétales et trois différents mélanges de celles-ci ont été aspergées, d'abord avec de l'eau et, une semaine plus tard, avec des solutions dans de l'eau déminéralisée de ^{131}I (NaI) et ^{85}Sr (SrCl_2) à une concentration de 2 $\mu\text{Ci/l}$. Cinq intensités d'aspersion ont été appliquées, à savoir 1, 2, 4, 8, 16 mm/h pendant une heure.

La quantité d'eau retenue sur les feuilles des végétaux a été déterminée indirectement, c'est-à-dire par différence entre la quantité totale d'eau d'aspersion, mesurée par gravimétrie, et la quantité d'eau dans le sol mesurée par atténuation γ .

Pour la mesure des radioisotopes, vingt quatre heures après le traitement, les parties aériennes des plantes étaient coupées à 3 cm du sol, pesées et ensuite introduites dans des pots de comptage contenant un litre de solution à 10 pour cent de NH_4OH . Après un minimum de douze heures, on procédait à la mesure de la radioactivité à l'aide d'un spectromètre- γ multicanaux muni d'un détecteur au Ge-Li. Après filtration et séchage à 80° C à poids constant, on a déterminé de nouveau leur poids.

Sur des échantillons prélevés sur des pots témoins, la surface foliaire a été mesurée par la méthode des pesées des copies.

2° - Matériel et appareillage

Du ray-grass (Lolium Italicum) et du trèfle (Trifolium album, Ladino) et des mélanges de deux espèces ont été semés directement dans des pots de moplène et mis à pousser dans une serre. Les pots d'un diamètre intérieur de 13,5 cm et d'une hauteur de 11,5 cm, ont été remplis jusqu'à une hauteur de 8 cm avec 2500 g chacun, d'un terrain sablonneux (Ferla Sandy Loam).

Au moment des essais, les plantes étaient âgées de

cing semaines. Le ray-grass avait une hauteur moyenne de 15 cm et le trèfle de 10 cm. Les mélanges montraient une prédominance du ray-grass dans toutes les cultures.

Les caractéristiques essentielles de ces cultures sont résumées dans le tableau I.

Pour la mesure de l'eau dans les pots de moplène, on s'est servi d'une source de ^{137}Cs de 47 mCi et d'un détecteur constitué par un cristal de NaI activé au thallium. Le système de comptage était constitué par un appareil DIDAC 800 multicanaux.

Les détails du système de mesure, tant de l'eau que des radioéléments, ont déjà fait l'objet d'une communication [7].

3° - Mode opératoire

Cinq pots de chaque espèce végétale et du mélange, ainsi qu'un pot vide témoin pour l'eau tombée, ont été traités ensemble pour des intensités nominales de 1, 2, 4, 8, 16 mm/h pendant une heure.

Les essais ont été répétés, pour une intensité donnée, trois fois dans la même journée. On obtenait ainsi quinze pots de chaque espèce végétale et du mélange à analyser, plus trois pots témoins. Les plantes étaient irriguées le jour avant l'essai jusqu'à la capacité du pot.

On a effectué d'abord les mesures de rétention d'eau et, une semaine plus tard, sur les mêmes plantes, celle des radioéléments en suivant exactement le même procédé.

IV - RESULTATS

1° - Eau

Les résultats de la rétention de l'eau par les feuilles du ray-grass, trèfle et du mélange des deux sont reportés respectivement dans les tableaux II à IV, et présentés dans les figures 1 à 3. Dans ces figures, les valeurs des mélanges ray-grass / trèfle n'ont pas été reportées afin d'éviter de les alourdir. La valeur correspondant à une intensité

d'arrosage donnée représente la moyenne de quinze déterminations indépendantes. A côté de chaque valeur moyenne, on a indiqué son erreur type (S_x / \sqrt{n}).

La rétention de l'eau a été exprimée sous trois formes différentes afin de faciliter la plus large exploitation possible de ces résultats. On a ainsi :

- Facteur de transfert (unités d'eau / unités herbe poids sec) : figure 1

- Fraction capturée normalisée : figure 2. Cette valeur est le résultat du rapport suivant :

$$\frac{\text{quantité d'eau retenue sur l'herbe} / \text{quantité d'eau apportée}}{\text{densité de l'herbe poids sec kg m}^{-2}}$$

- Rétention par interception (mm) : figure 3.

2° - Iode et strontium

Les résultats des essais avec l'iode et le strontium sur le ray-grass et le trèfle ont été réunis dans les tableaux V à IX et représentés sur les figures 4 à 7. Afin de faciliter la comparaison et la discussion des résultats obtenus, on a reporté sur chaque figure les valeurs déterminées sur une espèce végétale donnée. Sur les figures 4 et 5, sont reportées les valeurs du facteur de transfert (pCi g^{-1} herbe poids sec / pCi g^{-1} eau) tandis que sur les figures 6 et 7, celles de la fraction capturée normalisée à la densité de $1 \text{ kg herbe poids sec} / \text{m}^2$ de sol ($\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$).

V - DISCUSSION DES RESULTATS

1° - Eau

Sur la figure 1 où sont reportées les valeurs des facteurs de transfert de l'eau sur l'herbe en fonction des intensités d'aspersion, on remarque que les courbes atteignent leur valeur maximale graduellement et pour des valeurs des intensités très élevées. Si l'on considère que les essais ont été faits avec des densités d'herbe d'environ $0,1 \text{ kg poids sec} / \text{m}^2$, on en déduit que le ruissellement de l'eau interceptée

par les végétaux peut avoir lieu, même pour des intensités bien inférieures à celles correspondant à la capacité de rétention par interception. Les valeurs obtenues pour le trèfle sont supérieures à celles du ray-grass d'un facteur maximal d'environ 1,5.

Les courbes de la figure 1 peuvent être représentées par l'expression empirique suivante :

$$F = F_0 + (F_m - F_0) \left[1 - \exp - \left\{ a \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) \right\} \right] \quad (1)$$

valable à condition que $H_0 \neq 0$ et $\tau \geq H_0$.

Dans cette expression :

H_0 = valeur de référence de l'intensité d'aspersion (mm h^{-1}), dans ce cas $H_0 = 1$.

H = intensité d'aspersion (mm h^{-1})

F = facteur de transfert (unités d'eau / unités végétales poids sec)

F_0 = facteur de transfert quand $H = H_0$. La valeur de F_0 est égale à 5,5 pour le ray-grass et 11 pour le trèfle, pour $H_0 = 1$, dans ce cas $a = 0$.

F_m = facteur de transfert maximal correspondant à la valeur de la capacité de rétention par interception. La valeur de F_m vaut 11,5 pour le ray-grass et 17,5 pour le trèfle.

Compte tenu du fait que les aspersion durent une heure, les valeurs des intensités représentent aussi la quantité d'eau reçue par m^2 de sol. Dans ce cas, $H = \text{kg eau} / \text{m}^2 \text{ sol}$.

Puisque la quantité d'eau retenue par la végétation poussant par mètre carré de sol est donnée par $Q = FD$ (kg eau sur la végétation / m^2 sol) où D est la densité de l'herbe en kg poids sec / m^2 sol, l'expression (1) peut prendre aussi la forme suivante :

$$F = \frac{Q_0}{D} + \frac{Q_m - Q_0}{D} \left[1 - \exp - \left\{ a \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) \right\} \right] \quad (1.1)$$

Pour une hauteur d'aspersion de 1 mm, le second terme à droite de l'expression (1.1) s'annule et l'on a :

$$F_{H_0} = \frac{Q_0}{D} \quad (1.2)$$

Cette expression permet de calculer les valeurs de densités théoriques des végétaux pour lesquelles l'eau est entièrement retenue ($Q = 1$) par les feuilles, quand $H = 1$ mm.

Des expressions analogues peuvent être tirées de la figure (2) où sont reportées les valeurs de la fraction capturée normalisée en fonction des intensités d'aspersion. On a, dans ce cas,

$$F_N = \frac{1}{H} \left[P_0 + (F_m - F_0) \left(1 - \exp \left\{ -a \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) \right\} \right) \right] \quad (2)$$

et

$$F_N = \frac{1}{HD} \left[Q_0 + (Q_H - Q_0) \left(1 - \exp \left\{ -a \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) \right\} \right) \right] \quad (2.1)$$

dans lesquelles la signification des symboles est la même que dans les expressions précédentes.

Comme on peut le remarquer, F_N est une fonction décroissante de l'intensité d'aspersion.

Pour $H = H_0$, on obtient de l'équation (2.1) :

$$F_{N_0} = \frac{Q_0}{HD} \quad (2.2)$$

Dans cette expression $\frac{Q_0}{H}$ représente la fraction d'eau retenue par le végétal de densité D . Aussi, dans ce cas, on peut calculer la valeur de la densité théorique du végétal pour lequel $\frac{Q_0}{H} = 1$.

La rétention foliaire de l'eau exprimée en millimètres est reportée dans la figure 3. Les valeurs des capacités de rétention, telles qu'elles ont été définies au point (II), qu'on tire des courbes sont,

respectivement pour le ray-grass et pour le trèfle, de 0,16 et 0,39 mm.

Comme il est montré sur le tableau ci-après, les valeurs concordent avec celles reportées par d'autres auteurs, et sont du même ordre de grandeur que celles d'autres espèces végétales.

Capacité de rétention de différentes espèces végétales (en mm)		
Références	Espèces végétales	Capacité
GRAH and WILSON [9]	Raccharis Pillularis Pinus Radiata	0,51 - 1,52 0,25 - 1,01
BLANEY and TAYLOR [10]	Citrus	1,01
LOKHOV [11]	Pin de 12 ans	1,01
HORTON [12]	Forêt Seigle	0,51 - 1,77 1,19
KITREDEGE, LOUGHEAD, MAZURAK [13]	Pin de 28 ans	0,51 - 1,01
STOLTENBURG and WILSON [14]	Blé	0,46 - 0,68
MERRIAN [15]	Ray-grass	0,13
LEYTON and al. [16]	Bruyère	0,35

Les courbes de la figure 3 peuvent aussi être représentées par les expressions suivantes :

$$R = \frac{D}{S} \left[F_0 + (F_H - F_0) (1 - \exp \left\{ - a \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) \right\} \right) \right] \quad (3)$$

et

$$R = \frac{Q_0}{S} + \frac{Q_H - Q_0}{S} \left[1 - \exp \left(- a \frac{H}{H_0} - 1 \right) \right] \quad (3.1)$$

R = rétention en mm

S = coefficient de surface foliaire (surface foliaire en m² par mètre carré de sol).

Lorsque l'intensité d'aspersion atteint une valeur telle que le terme exponentiel s'annule, la rétention atteint sa valeur maximale :

$$R_H = \frac{Q_M}{S} = \frac{F_M D}{S} \quad (3.2)$$

La valeur de R_H est la capacité de rétention par interception de l'espèce considérée.

2° - Iode et strontium

Les figures 4 et 5 mettent en évidence la très nette différence entre les deux radionucléides étudiés.

En fait, alors que les valeurs du facteur de transfert de l'iode sont constantes pour toute valeur de l'intensité d'aspersion, celles du strontium augmentent linéairement avec l'intensité d'aspersion jusqu'à atteindre un maximum à partir duquel les valeurs décroissent rapidement (cas du ray-grass) ou restent constantes (cas du trèfle).

Dans cette région, les points expérimentaux sont peu nombreux pour localiser exactement les valeurs maximales ainsi que pour définir l'allure successive des courbes, et d'autres essais devront être effectués.

Comme on peut le remarquer, les valeurs du transfert de l'eau sont systématiquement supérieures à celles de l'iode, et inférieures à celles du strontium.

Le fait que les valeurs de transfert de l'iode soient inférieures à celles de l'eau peut s'expliquer en partie par une perte par volatilisation après transformation partielle de l'iodure en iode élémentaire. Pour le strontium, on peut admettre en accord avec d'autres auteurs [17], qu'à la quantité correspondant à celle de l'eau retenue, s'ajoute celle provenant du prélèvement de l'élément chimique de l'eau interceptée par les parties aériennes de la plante et qui est redistribuée au milieu par égouttement et écoulement.

La comparaison entre les valeurs du facteur de transfert au niveau de $10,6 \text{ cm h}^{-1}$, où la valeur pour le strontium sur le ray-grass est maximale, montre que :

- sur le ray-grass, le facteur de transfert du strontium est supérieur d'un facteur 3 environ à celui de l'eau, et d'un facteur d'environ 8 à celui de l'iode,
- sur le trèfle, le facteur de transfert du strontium est supérieur d'un facteur d'environ 4 à celui de l'eau, et d'un facteur d'environ 8,5 à celui de l'iode,
- les facteurs de transfert sur le trèfle, tant pour le strontium que pour l'iode sont supérieurs à ceux correspondant sur le ray-grass d'un facteur d'environ 2, ce qui a comme conséquence qu'entre la valeur du facteur de transfert du strontium sur le trèfle et celui de l'iode sur le ray-grass, il y a un facteur d'environ 16. Cela met en évidence la grande variabilité des facteurs de transfert introduite par la nature de l'élément chimique, par rapport à celle apportée par le végétal.

Des figures 6 et 7, où l'on a reporté les valeurs de la fraction capturée normalisée à la densité de l'herbe de $1 \text{ kg poids sec / m}^2$, on remarque que, tandis que pour l'eau et l'iode les courbes sont caractérisées par une décroissance rapide jusqu'au niveau de 4 cm h^{-1} pour emprunter ensuite une allure asymptotique, on observe pour le strontium, et cela tant pour le ray-grass que pour le trèfle, une courbe caractérisée par un large palier suivi d'une rapide décroissance vers les valeurs correspondant à celles de l'eau.

Cela laisse supposer que, pour des intensités d'aspersion comme c'est le cas lors des fortes averses et pour des irrigations par aspersion, les valeurs de la contamination foliaire pourraient être exprimées par les valeurs de facteur de transfert normalisé de l'eau correspondant à la valeur de la capacité de rétention par interception du végétal.

On a déjà signalé plus haut que les valeurs obtenues dans cette région sont peu nombreuses et d'autres essais sont nécessaires tant pour confirmer que pour améliorer l'allure des courbes.

Il est à remarquer, enfin, que tandis que les valeurs du facteur de transfert normalisé du strontium sur le trèfle restent constantes dès l'intensité de 1 mm h^{-1} , on observe, par contre, sur le ray-grass qu'elles décroissent rapidement entre les valeurs de 1 à 2 mm h^{-1} . Cette même allure est confirmée par les valeurs obtenues sur le mélange ray-grass - trèfle, dans lequel le ray-grass est l'espèce dominante.

La comparaison des résultats reportés dans les figures 4 à 7 montre que les valeurs des facteurs de transfert de l'eau sont inférieures d'un facteur maximal 4 à celles du strontium (cas du trèfle) et supérieures d'un facteur maximal 2,5 à celles de l'iode (cas du ray-grass). Cela implique que toute évaluation des facteurs de transfert de ces radionucléides par l'adoption des valeurs correspondantes à celles de l'eau, aurait conduit à une grossière estimation des valeurs recherchées. Néanmoins, l'intérêt des courbes des facteurs de transfert de l'eau et des expressions analytiques (1) et (2) que l'on en a tirées réside dans le fait qu'elles peuvent fournir une estimation réaliste des quantités minimales d'un polluant quelconque, non volatil à la température ambiante, qui sera transféré aux parties aériennes des végétaux par le dépôt humide.

Si, en outre, l'on accepte provisoirement, et sous réserve de confirmation expérimentale, la valeur maximale du facteur de transfert du strontium sur le trèfle comme une valeur limite supérieure, il devient possible en multipliant les expressions (1) ou (2) par un facteur égal à 4, d'établir les limites de la contamination foliaire par le dépôt humide. Il est à remarquer, enfin, que les expressions (1), (1.1), (2), (2.1) ont été obtenues pour des intensités d'aspersion durant une heure. Dans le cas où il y aurait lieu de calculer le dépôt humide résultant d'une succession de diverses intensités dans la même journée, par exemple, on admettra d'accord avec d'autres auteurs [17], que ces contaminations s'additionnent et l'on procèdera donc au calcul de leur sommation.

Dans l'annexe I de ce rapport, on montre un exemple de calcul des limites de contamination des végétaux par le dépôt humide et

l'on compare les résultats obtenus à ceux fournis par d'autres méthodes d'estimation.

VI - CONCLUSIONS

La détermination des facteurs de transfert de l'eau, de l'iode et du strontium sur les parties aériennes du ray-grass et du trèfle et de leurs mélanges, a mis en évidence l'influence sur les valeurs obtenues, des intensités d'aspersion, de la nature de l'élément chimique et de l'espèce végétale, et permis, en même temps, de proposer une méthode simple d'évaluation de la contamination des végétaux par le dépôt humide.

La comparaison de quelques-uns des résultats obtenus reportés dans le tableau ci-après montre que :

Nature chimique	Facteurs de transfert			
	Trèfle		Ray-grass	
	2 mm h ⁻¹	10 mm h ⁻¹	2 mm h ⁻¹	10 mm h ⁻¹
H ₂ O	13,0	17,3	7,1	11,0
Sr ⁺⁺	17	67,2	10,7	32,5
I ⁻	8,0	8,0	4,4	4,4

- les facteurs de transfert de l'eau sont supérieurs à ceux de l'iode et inférieurs à ceux du strontium,
- les facteurs de transfert du strontium augmentent avec l'intensité des aspersion, alors que ceux de l'iode restent constants,
- les facteurs de transfert du strontium et de l'iode sur le trèfle sont supérieurs d'un facteur maximal de 2 à ceux correspondant sur le ray-grass,
- les facteurs de transfert du strontium sont supérieurs d'un facteur maxi-

mal de 8 environ, à ceux correspondant de l'iode.

Les valeurs de la rétention foliaire de l'eau en fonction des intensités d'aspersion peuvent être exprimées par les formules empiriques suivantes :

$$F = F_o + (F_M - F_o) \left[1 - \exp - \left\{ a \left(\frac{H}{H_o} - 1 \right) \right\} \right] \quad (1)$$

et

$$F_H = \frac{I}{H} \left[F_o + (F_M - F_o) \left(1 - \exp - \left\{ a \left(\frac{H}{H_o} - 1 \right) \right\} \right) \right] \quad (2)$$

Ces expressions ne sont valables qu'à condition que $H_o \neq 0$ et $H \gg H_o$.

La signification des symboles utilisés est la suivante :

H_o = valeur de référence de l'intensité d'aspersion (mm h⁻¹)

H = intensité d'aspersion (mm h⁻¹)

F = facteur de transfert (unités d'eau / unités de végétal poids sec)

F_H = fraction capturée normalisée (m² kg⁻¹)

quantité d'eau retenue sur l'herbe/quantité d'eau apportée

densité de l'herbe poids sec kg m⁻²

F_M = facteur de transfert maximal. F_M correspond à la valeur de la capacité de rétention par interception de l'espace végétale considérée.

Si la concentration d'un polluant dans la pluie ou l'eau d'irrigation est connue, ou peut être évaluée, les expressions (1) et (2) peuvent fournir la valeur minimale de TOUT polluant, non volatil à la température ambiante, qui sera transféré aux végétaux par le dépôt humide.

Si, en outre, on accepte provisoirement la valeur maximale du facteur de transfert du strontium, qui est supérieur à celui de l'eau d'un facteur 4 environ, comme une valeur limite supérieure, il devient possible en multipliant les expressions (1) et (2) par un facteur 4, de définir les limites de la contamination foliaire par le dépôt humide.

La comparaison des valeurs expérimentales obtenues par d'autres auteurs avec les limites ainsi calculées montre un accord tout à fait satisfaisant.

Enfin, cette étude a mis en évidence la nécessité d'élargir nos connaissances en ce qui concerne la rétention foliaire de divers radionucléides aux fortes intensités d'aspersion pour lesquelles il semble que des faits nouveaux pourraient être mis en évidence.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier MM P. REINIGER, pour son active collaboration, et X. DALSCHAERT, pour son assistance technique ainsi que Mme GARNIER pour l'aide fournie pour la formulation des expressions mathématiques du texte.

REFERENCES

- [1] CHAMBERLAIN A.C.
Aspects of the deposition of radioactive and other gases and particles.
Int. J. Air Pollution, 1960, 2, 64.
- [2] SLINN W.G.N.
An inquiry into the causes of the variations in the bomb
debris scavenging ratios.
USAEC annual Report, Febr. 1970, ESW L - 1551, vol 2,
part 1, 1971, 51-62.
- [3] PEARSON D.H., CAWSE P.A., SALMON L., CAMBRAY R.S.
Trace elements in the atmospheric environment.
Nature, 1973, 241, 252-256.
- [4] MILBOURN G.M. and TAYLOR R.
The contamination of grass land with radioactive strontium
initial retention and loss.
Radiat. Bot., 1965, 2, 337-347.
- [5] CHAMBERLAIN A.C.
Interception and retention of radioactive aerosols by vegeta-
tion
Atmos. Environ., 1970, 4, 57-78.
- [6] HAMILTON E.L. and ROWE P.B.
Rainfall interception by Chaparral in California.
California Forest and Range Experimental Station, 1949.
- [7] REINIGER P., LEVI E., COPPOLA M.
Measurement of surface storage on rye-grass and clover by
nuclear methods.
Dans : Isotope and radiation techniques in soil physics and
irrigation studies, Vienne, 1-5 Oct., 1973.
Vienne, AIEA, 1974, 327-334.
- [8] PELLETIER C., VOILLEQUE P.
The behaviour of ¹³⁷Cs and other fallout radionuclides on a
Michigan dairy farm.
Health Phys., 1971, 21, 777-792.
- [9] GRAH R.F. and WILSON C.C.
Some components of rainfall interception
J. Forest, 1944, 42, 890-898.
- [10] BLANEY H.F. and TAYLOR C.A.
Rainfall penetration and consumptive use of water,
Cooperative progress report by the Division of Agricultural
Engineering of the U.S. Department of Agriculture in California,
Division of Water Resources Bull. N° 33, 1930.

- [11] LOKHOV V.P.
The measurement of rainfall retained by the forest by artificial means.
Meteorol. Gidrol. (Moscow), 1936, 6, 97-104.
- [12] HORTON R.E.
Rainfall interception.
Month.Weather Rev. (U.S.), 1919, 47, 603-623.
- [13] KITTREDGE J., LOUGHEAD H.S. and MAZURAK A.
Interception and stemflow in a pine plantation.
J. Forest, 1941, 39, 505-522.
- [14] STOLTBERG H.L and WILSON T.V.
Interception storage of rainfall by corn plants.
Trans. Amer. Geophy. Union, 1950, 31, 3, 443-448.
- [15] MERRIAM R.A.
Surface water storage on annual rye-grass.
J. Geophy. Res., 1961, 66, 6, 1833.
- [16] LEYTON L., REYNOLDS E.R.C., THOMPSON F.B.
Rainfall interception in forest and woodland.
Dans : Forest Hydrology (Sopper W.E., Ed). Oxford, Pergamon Press, 1965, 136.
- [17] LEHR J., MYTTIENAEERE C.
Estimation du taux de transfert de la radiocontamination de la pluie aux végétaux.
Dans : " La Radioécologie appliquée à la protection de l'homme et de son environnement ", Rome, 9-10 Sept. 1971 (EUR 4800)
Luxembourg, Communautés Européennes, 1972, vol 2, pp 989-1013.
- [18] LE QUINIO R.
Evaluation de la diffusion d'effluents gazeux en atmosphère libre à partir d'une source ponctuelle continue, abaque et commentaires.
Rapport CEA-R-3945, 1970.
- [19] GUSTAFSON L.G., BRAR S.S. and MUNIAR S.E.
Fission-product deposition and dietary levels in the Chicago area.
Dans : Radioactive fallout from nuclear weapons tests, Germantown, Nov. 3-6, 1964.
CONF -765, 1965, 783-790.

TABLEAU I

	Nombre de plantes par pot	Poids frais g	Poids sec g	Facteur de surface foliaire (cm ² feuilles / cm ² sol)
Densité		Trèfle		
1	103	18,2	1,93	3,2
2	169	25,1	2,56	4,4
3	217	29,7	2,86	4,6
Densité		Ray-grass		
1	141	16,7	2,51	6,9
2	176	18,6	2,83	6,5
3	233	18,1	2,87	8,2
Mélanges		Ray-grass + trèfle ^x		
X	304	18,1	2,69	6,1
Y	337	24,1	3,50	6,8
Z	377	24,9	3,62	7,5

^x La proportion de l'herbe était de 44 - 47 pour cent pour le nombre, de 68 - 80 pour cent pour le poids frais, de 71 - 81 pour cent pour le poids sec et de 61 - 64 pour cent pour le facteur la surface foliaire.

TABLEAU II - Essais d'aspersion avec l'eau sur le ray-grass

Echantillon	Intensité d'aspersion cm h^{-1}	Fraction capturée normalisée $\text{m}^2 \text{kg}^{-1} \text{FH}$	Erreur-type SM	Facteur de transfert F	Erreur-type SM	Rétention R cm	Erreur-type SM
R.G. 16 - 50	1	6,18	0,95	6,36	0,92	0,081	0,012
R.G. 51 - 85	2	4,28	0,50	7,51	0,88	0,100	0,006
R.G. 96 - 130	4	1,82	0,30	8,37	0,61	0,122	0,019
R.G.141-175	8 (10,6)*	1,23	0,14	12,59	1,10	0,165	0,017
R.G.186-220	16 (22)*	0,45	0,08	10,24	2,56	0,236	0,030

* Entre parenthèses est donnée la valeur effective de l'intensité.

TABLEAU III - Essais d'aspersion avec l'eau sur le trèfle

Echantillon	Intensité d'aspersion cm h^{-1}	Fraction capturée normalisée $\text{m}^2 \text{kg}^{-1} \text{FH}$	Erreur-type SM	Facteur de transfert F	Erreur-type SM	Rétention R cm	Erreur-type SM
T 1 - 35	1	11,14	1,36	11,64	1,49	0,241	0,027
T 46 - 80	2	5,33	0,38	13,78	0,99	0,267	0,018
T 91 - 125	4	4,00	0,11	15,35	1,02	0,318	0,026
T136 -170	8 (7,5)*	2,23	0,23	16,70	1,65	0,372	0,036
T181 -215	16	0,92	0,19	14,84	3,44	0,331	0,097

* Entre parenthèses, est donnée la valeur effective de l'intensité.

TABLEAU IV - Essais d'asperion avec de l'eau sur le mélange tréfile - ray-grass

Echantillon	Intensité d'asperion $\text{m}^2 \text{h}^{-1}$	Fraction capturée normalisée $\text{g}^2 \text{kg}^{-1} \text{FH}$	Erreur-type SM	Facteur de transfert F	Erreur-type SM	Rétention R %	Erreur-type SM
M 11 - 45	1	6,19	0,35	7,96	0,93	0,142	0,025
M 56 - 90	2	3,67	0,18	9,13	0,65	0,171	0,013
M 101 - 135	4	1,83	0,22	9,59	0,70	0,172	0,018
M 146 - 180	8 (11)*	1,21	0,19	13,39	2,01	0,242	0,037
M 191 - 225	16 (22)*	0,41	0,11	8,28	2,25	0,124	0,044

* Entre parenthèses, est donnée la valeur effective de l'intensité.

TABLEAU V - Essais d'asperion avec du strontium sur le ray-grass

Echantillon	Intensité d'asperion $\text{m}^2 \text{h}^{-1}$	Fraction capturée normalisée $\text{m}^2 \text{kg}^{-1} \text{FH}$	Erreur-type SM	Facteur de transfert F	Erreur-type SM
R-C 16 - 50	1	7,64	0,54	7,60	0,51
R-C 51 - 85	2	5,07	0,16	10,78	0,28
R-C 96 - 130	4	4,76	0,23	19,00	1,00
R-C 141 - 175	8 (10,6)*	4,15	0,16	33,31	1,27
R-C 186 - 220	16 (22)*	1,26	0,05	19,57	0,56

* Entre parenthèses, est donnée la valeur effective de l'intensité.

TABLEAU VI - Essais d'aspersion avec du strontium sur le trèfle

Echantillon	Intensité d'aspersion mB h^{-1}	Fraction capturée normalisée $\text{m}^2 \text{kg}^{-1} \text{FM}$	Erreur-type SM	Facteur de transfert F	Erreur-type SM
Trèfle 1 - 35	1	8,17	0,58	8,18	0,59
Trèfle 46 - 80	2	8,01	0,22	16,00	0,43
Trèfle 91 - 125	4	8,17	0,25	33,34	0,9
Trèfle 136 - 170	8 (4,5)*	8,59	0,25	68,30	2,03
Trèfle 181-215	16	4,25	0,14	67,73	1,22

* Entre parenthèses, est donnée la valeur effective de l'intensité.

TABLEAU VII - Essais d'aspersion avec du strontium sur le mélange 1.1 ray-grass-trèfle

Echantillon	Intensité d'aspersion mB h^{-1}	Fraction capturée normalisée $\text{m}^2 \text{kg}^{-1} \text{FM}$	Erreur-type SM	Facteur de transfert F	Erreur-type SM
R.G. + 11 - 45	1	10,40	0,71	10,34	0,71
R.G. + 56 - 90	2	5,40	0,16	10,72	0,30
R.G. + 7 101-135	4	5,15	0,22	20,51	0,85
R.G. + 7 140-150	8 (11)*	4,55	0,22	36,17	1,74
R.G. + 7 191-225	16 (22)*	1,67	0,10	25,91	0,76

* Entre parenthèses, est donnée la valeur effective de l'intensité.

TABLÉAU VIII - Essais d'aspersion avec de l'iode sur le ray-grass

Echantillon	Intensité d'aspersion $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$	Fraction capturée normalisée $\text{m}^2 \text{kg}^{-1} \text{FN}$	Erreur-type SM	Facteur de transfert F	Erreur-type SM
R.G. 16 - 50	1	4,34	0,38	4,28	0,39
R.G. 51 - 85	2	1,74	0,05	3,46	0,11
R.G. 96 - 130	4	1,05	0,04	4,16	0,19
R.G. 141 - 175	8 (10,6) ^x	0,59	0,03	4,58	0,20
R.G. 186 - 220	16 (22)	0,27	0,02	4,06	0,30

^x Entre parenthèses, est donnée la valeur effective de l'intensité.

TABLÉAU IX - Essais d'aspersion avec de l'iode sur le trèfle

Echantillon	Intensité d'aspersion $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$	Fraction capturée normalisée $\text{m}^2 \text{kg}^{-1} \text{FN}$	Erreur-type SM	Facteur de transfert F	Erreur-type SM
T 1 - 35	1	8,66	0,81	8,67	0,82
T 46 - 80	2	4,08	0,22	8,14	0,41
T 91 - 125	4	2,53	0,13	10,03	0,66
T 136 - 170	8 (7,5) ^x	0,96	0,05	7,81	0,34
T 191 - 215	16	0,44	0,02	6,93	0,34

^x Entre parenthèses, est donnée la valeur effective de l'intensité.

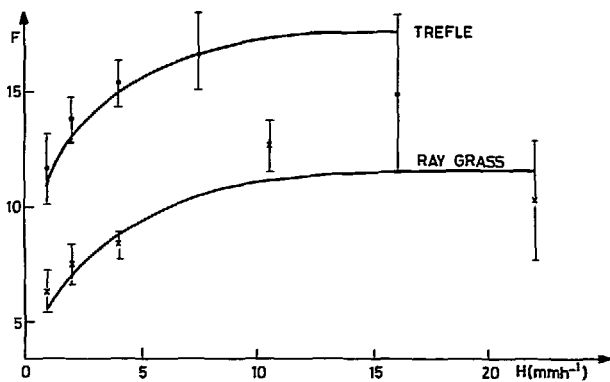


Fig. 1 - Facteur de transfert P (kg eau retenue / kg végétal poids sec)

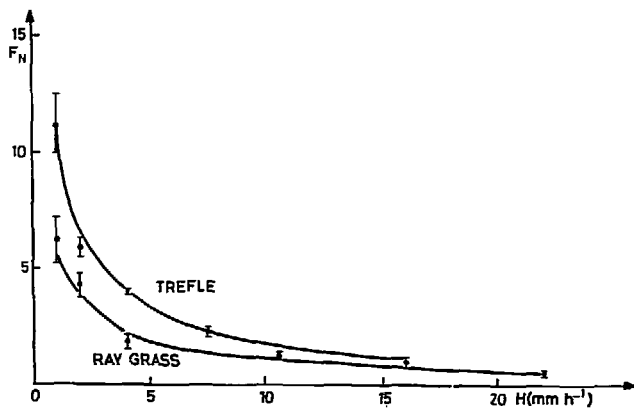


Fig. 2 - Fraction capturée normalisée F_N ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ poids sec)

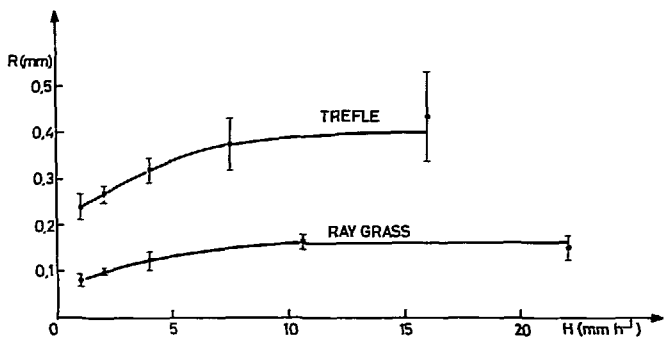


Fig. 3 - Rétention de l'eau par la surface foliaire du trèfle et du ray-grass

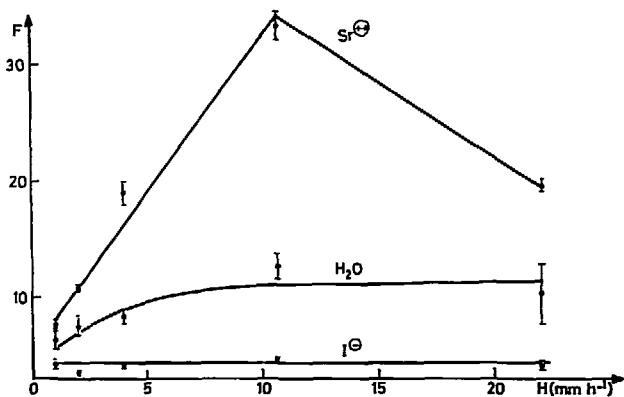


Fig. 4 - Facteurs de transfert de l'eau (g eau / g herbe poids sec) de l'iode et du strontium ($\mu\text{Ci g}^{-1}$ herbe poids sec / $\mu\text{Ci g}^{-1}$ eau) sur le ray-grass

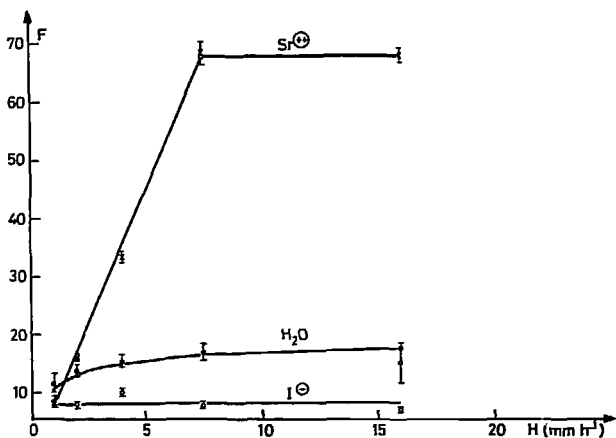


Fig. 5 - Facteurs de transfert de l'eau (g eau / g herbe poids sec) de l'iode et du strontium ($\mu\text{Ci g}^{-1}$ herbe poids sec / $\mu\text{Ci g}^{-1}$ eau) sur le trèfle

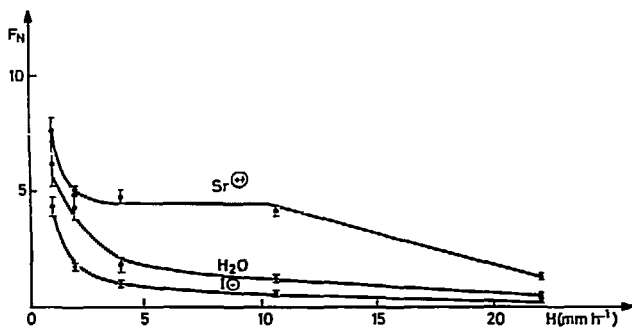


Fig. 6 - Fraction capturée normalisée F_N ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) ray grass

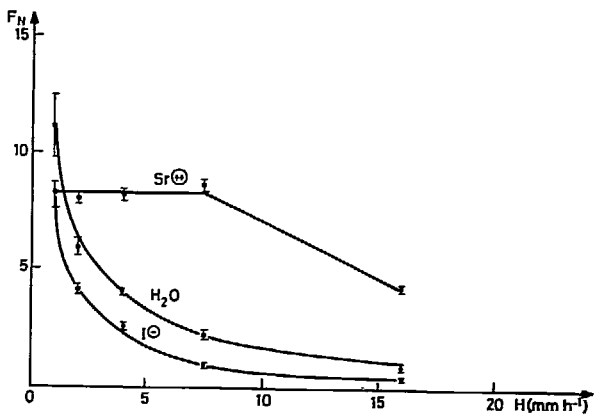


Fig. 7 - Fraction capturée normalisée F_H ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) trèfle

ANNEXE I

EXEMPLE NUMERIQUE D'EVALUATION DES LIMITES DE CONTAMINATION DES
VEGETAUX PAR LE DEPOT HUMIDE

Dans cet exemple numérique, on a considéré les valeurs de la concentration de l'air tirées des abaques de LE QUINIO [18] correspondant à une émission de 1 Ci en une heure dans des conditions météorologiques "mauvaises" et à une distance de 20 000 mètres de la source. Les valeurs des facteurs de transfert du tableau A, ci-après, ont été extraites de ce rapport.

Les valeurs du coefficient de lessivage W défini [1]
comme :

$$W = \frac{\text{concentration dans la pluie (unités kg}^{-1}\text{)}}{\text{concentration dans l'air (unités kg}^{-1}\text{)}}$$

reportées dans le tableau A correspondent aux valeurs de la littérature [2] de 0,2 - 2 unités par gramme d'eau / unités par mètre cube d'air en prenant la densité de l'air à $t = 20^\circ \text{C}$ et $p = 760 \text{ mm Hg}$ égale à $1,205 \text{ kg m}^{-3}$.

Des données du tableau A, on peut calculer le dépôt humide d'après les formules suivantes :

$$W_p = F \cdot (W \cdot Ca) \times D \quad (3)$$

ou

$$W_p = F_N \times H \cdot (W \cdot Ca) \times D \quad (4)$$

Dans ces expressions :

W_p = dépôt en Ci m^{-2}

F = facteur de transfert ($\text{kg eau} / \text{kg d'herbe poids sec}$)

F_N = fraction capturée normalisée (m^2 par $\text{kg d'herbe poids sec}$)

H = hauteur de pluie (kg pluie par m² de sol)

W = coefficient de lessivage $\frac{(\text{unité kg}^{-1} \text{ pluie})}{(\text{unité kg}^{-1} \text{ air})}$

C_a = concentration de l'air (unités par kg d'air)

D = densité de l'herbe (kg poids sec / m² sol).

Les formules (3) et (4) étant équivalentes, le calcul du dépôt a été effectué seulement à l'aide de l'expression (3) et les valeurs trouvées ont été résumées dans le tableau B. A remarquer que dans ce tableau, pour chaque intensité de pluie, on a indiqué les deux valeurs du dépôt qui correspondent aux valeurs minimales et maximales du coefficient de lessivage du tableau A.

Enfin, dans le tableau C, on a reporté les vitesses de dépôt humide obtenues en divisant le dépôt (Ci m⁻²) par la concentration intégrée de l'air (Ci s⁻¹ m⁻³).

TABLEAU A

CONCENTRATION DE L'AIR, FACTEURS DE TRANSFERT ET DE LESSIVAGE

Concentration de l'air [18]		Facteurs de transfert du strontium F		Facteurs de transfert de l'iode F		Facteurs de transfert de l'eau F		Coefficient de lessivage W [1,2]	
$\frac{C_i - sec}{m}$	$\frac{C_i}{kg}$	Trèfle	Ray-grass	Trèfle	Ray-grass	Trèfle	Ray-grass	Min.	Max.
		2mm	10mm	2mm	10mm	2mm	10mm		
$1,1 \times 10^{-7}$	$0,25 \times 10^{-10}$	16 65,8	10,7 33	8,8 8,8	4 4	13,8 16	7,4 10	166	1660

TABLEAU B

VITESSE DE DÉPÔT U_{d_p} (cm s^{-2}) CALCULÉE D'APRÈS $U_{d_p} = V \left(\frac{G \cdot G_0}{D} \right)$
 pour $D = 0,1 \text{ kg d'herbe (poils sec) par m}^2 \text{ de sol}$

TREFLE				RAY-GRASS			
2mm		10 cm		2mm		10 cm	
MIN.	MAX.	P. M.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
SYMPTOMES							
$6,6 \times 10^{-8}$	$6,6 \times 10^{-8}$	$7,7 \times 10^{-8}$	$2,7 \times 10^{-7}$	$4,4 \times 10^{-8}$	$4,4 \times 10^{-8}$	$1,6 \times 10^{-8}$	$1,4 \times 10^{-7}$
LOCI							
$3,6 \times 10^{-8}$	$3,6 \times 10^{-8}$	$3,6 \times 10^{-8}$	$3,6 \times 10^{-8}$	$1,6 \times 10^{-8}$	$1,6 \times 10^{-8}$	$1,6 \times 10^{-8}$	$1,6 \times 10^{-8}$
RAI							
$5,7 \times 10^{-8}$	$5,7 \times 10^{-8}$	$6,6 \times 10^{-8}$	$6,6 \times 10^{-8}$	$3,1 \times 10^{-8}$	$3,1 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-8}$

R.E. - Valeurs correspondantes calculées d'après la référence [10] : $U_{d_p} = 4 \times 10^{-8}$ (2mm) ; $U_{d_p} = 8,1 \times 10^{-8}$ (10cm)

TABLEAU C

VITESSE DE DÉPÔT V_p (cm sec^{-1}) CALCULÉE D'APRÈS $V_p = \frac{U_{d_p}}{I}$
 $I = \text{concentration intégrée de l'air (} \frac{\text{Cl}}{\text{m}^3} \text{)}$

TREFLE				RAY-GRASS			
2mm		10cm		2mm		10cm	
MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
SYMPTOMES							
6,0	60	14	240	4	40	12,7	127
LOCI							
3,2	32	3,2	32	1,4	14	1,4	14
RAI							
3,2	32	6	60	2,8	28	3,7	27

R.E. - Valeurs correspondantes calculées d'après la référence [10] : $V_p = 5,4$ (2mm) ; $V_p = 59$ (10 cm)

En limitant l'analyse des résultats aux seules valeurs de la vitesse de dépôt de l'eau sur le trèfle, on aura pour une pluie de 2 mm, une limite inférieure de $5,2 \text{ cm s}^{-1}$, et une limite supérieure de $52 \times 4 = 208 \text{ cm s}^{-1}$; pour une pluie de 10 mm, l'intervalle vaut $6 - 240 \text{ cm s}^{-1}$.

Comme on peut le remarquer, les valeurs trouvées par LE QUINIO tombent dans les limites ci-dessus indiquées [18].

Il est, enfin, intéressant et utile de comparer les valeurs obtenues par nos essais à celles qu'on peut obtenir par l'application des formules empiriques proposées par d'autres auteurs pour l'évaluation du dépôt de retombées des produits de fission. On a ainsi pour le dépôt total :

$$D = C_a (V_d + g.r.) \quad [8] \quad (5)$$

C_a = concentration moyenne de l'air pour la période considérée ($\mu\text{Ci m}^{-3}$)

V_d = constante empirique du dépôt sec dans un collecteur ; elle vaut 200 m jour^{-1}

g = constante empirique de lessivage égale à 4530 m cm^{-1}

r = intensité des pluies.

Après substitution de valeurs numériques, on a pour le dépôt total :

$$D = 4730 \text{ Ca.r.} \quad (5.1)$$

et pour le seul dépôt humide

$$D_h = 4530 \text{ Ca.r} \quad (5.2)$$

Une expression empirique similaire a été trouvée par d'autres auteurs pour ce qui concerne le dépôt humide du césium 137 dans la région de Chicago [19]

Elle vaut, exprimée dans les mêmes unités que l'expression (5.2)

$$D = 4300 C_{a,r}.$$

L'expression (5.2) fournit les valeurs suivantes de dépôt pour la concentration de l'air de $0,3 \times 10^{-10}$ Ci m⁻³ et pour les hauteurs de pluie de 0,2 et 1 cm respectivement :

$$D_h = 4530 \times 0,3 \times 10^{-10} \times 0,2 = 2,71 \times 10^{-8} \text{ Ci m}^{-2}$$

$$D_h = 4530 \times 0,3 \times 10^{-10} \times 1 = 1,36 \times 10^{-7} \text{ Ci m}^{-2}.$$

On aura donc pour la vitesse de dépôt :

- pour 2 mm de pluie : $V_p = 24,6 \text{ cm s}^{-1}$
- pour 10mm de pluie : $V_p = 123,6 \text{ cm s}^{-1}$.

On a, en conclusion, des valeurs qui sont comprises dans les limites calculées sur la base des vitesses de dépôt de l'eau.

Manuscrit reçu le 24 mai 1977



Achievé d'imprimer
par
le CEA, Service de Documentation, Saclay
Juillet 1977

DEPOT LEGAL
3ème trimestre 1977

La diffusion, à titre d'échange, des rapports et bibliographies du Commissariat à l'Energie Atomique est assurée par le Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France).

Ces rapports et bibliographies sont également en vente à l'unité auprès de la Documentation Française, 31, quai Voltaire, 75007 - PARIS.

Reports and bibliographies of the Commissariat à l'Energie Atomique are available, on an exchange basis, from the Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France).

Individual reports and bibliographies are sold by the Documentation Française, 31, quai Voltaire, 75007 - PARIS.

Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes N ucléaires de Saclay
Boîte Postale n° 2
91190 - Gif-sur-YVETTE (France)