

FR7800 974

ATION EURATOM - C.E.A

CEA-R-4897

AUX DE POLLUTION

**ETUDE DE DEPOT HUMIDE ET DE
LA RETENTION FOLIAIRE DE L'IODE ET DU
STRONTIUM SUR LE RAY-GRASS ET LE TREFLE**

par

Livio ANGELETTI, Emilio LEVI

**INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
DEPARTEMENT DE PROTECTION**

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses

Rapport CEA-R-4897

SERVICE DE DOCUMENTATION

C.E.N. - SACLAY B.P. n°2, 91 190 - GIF-sur-YVETTE - France

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	Créogénie
		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 (types)
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 cermets	F 10	Economie
B 24	Matières plastiques et autres matériaux	F 20	Législation nucléaire
B 25	Effets des rayonnements sur les propriétés physiques des matériaux	F 30	Documentation nucléaire
B 30	Sciences de la terre	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-4897

Cote-matière de ce rapport : C.20

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

en français

en anglais

EAU	WATER
IODE 131	IODINE 131
STRONTIUM 085	STRONTIUM 85
MIGRATION DES RADIONUCLEIDES	RADIONUCLIDE MIGRATION
ABSORPTION PAR LES FEUILLES	FOLIAR UPTAKE
IRRIGATION	IRRIGATION
TREFLE	CLOVER
GRAMINEACEES	GRAMINEAE
DEPOTS	DEPOSITS
ADSORPTION	ADSORPTION

- Rapport CEA-R-4897 -

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

ETUDE DE DEPOT HUMIDE ET DE LA RETENTION FOLIAIRE
DE L'IODE ET DU STRONTIUM SUR LE RAY-GRASS ET LE TREFLE

par

Livio ANGELETTI*, Emilio LEVI*
Association Euratom - CEA, Niveaux de Pollution
* Division de Biologie CCR ISPRA (Varèse) Italie

- Décembre 1977 -

CEA-R-4897 - ANGELETTI Livio, LEVI Emilio

ETUDE DU DEPOT HUMIDE ET DE LA RETENTION FOLIAIRE DE L'IODE ET DU STRONTIUM SUR LE RAY-GRASS ET LE TREFLE

Summary.- On a étudié, en fonction des aspersions d'intensités différentes, la rétention foliaire de l'iode et du strontium sur le ray-grass et le trèfle et mesuré en même temps la contribution de la sorption racinaire à la contamination foliaire. On a déterminé, en outre, la période effective de ces radionucléides sur l'herbe sur pied sur l'herbe récoltée, ainsi que leur rétention sous l'action d'aspersions d'eau déminéralisée.

1977

13 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R-4897 - ANGELETTI Livio, LEVI Emilio

A STUDY OF THE WET DEPOSIT AND FOLIAR UPTAKE OF IODINE AND STRONTIUM ON RYE-GRASS AND CLOVER

Summary.- Foliar uptake of iodine and strontium by rye-grass and clover was studied as a function of aspersion intensities. At the same time, the contribution of root sorption to foliar uptake was measured. The effective half-lives of radionuclides of standing and harvested grass were also determined together with their uptake under the action of demineralized water aspersion.

1977

13 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

SOMMAIRE

I	INTRODUCTION
II	PARTIE EXPERIMENTALE
	1. Principe
	2. Mode opératoire
III	RESULTATS ET DISCUSSIONS
	1. Rétention foliaire en fonction du type d'aspersion
	2. Période effective et biologique
	3. Sorption racinaire et (ou) basilaire
	4. Lessivage
IV	CONCLUSIONS
	BIBLIOGRAPHIE
	TABLEAUX (I à V)

I - INTRODUCTION

Le but de cette étude était d'étendre et améliorer les résultats obtenus précédemment sur la rétention foliaire de l'iode et du strontium sur le ray-grass et le trèfle. En particulier, il s'agissait d'étudier l'influence sur la rétention foliaire d'aspersions de différentes intensités, de répéter les mesures pour des temps plus longs pour la détermination de la période effective tant sur l'herbe sur pied que fauchée, d'évaluer la contribution de la sorption racinaire et (ou) basilaire à la contamination foliaire et enfin de mesurer la décontamination éventuelle des végétaux sous l'action d'aspersions d'eau déminéralisée.

II - PARTIE EXPERIMENTALE

2.1. Principe

Le principe de la méthode ainsi que le matériel et appareillage employés ont été déjà décrits dans un rapport précédent [1].

2.2. Mode opératoire

Une intensité de culture a été choisie pour chaque espèce qui a été semée directement dans des pots de moplène sans drainage (dia. : 18,5 cm ; haut. : 11,5 cm ; contenance : 2500 g de terre sablonneuse du type Ferla Sandy Loam). Les plantes ont été traitées huit semaines après semis, période pendant laquelle la première pousse était coupée et trois additions de solutions de culture Hoagland étaient appliquées. Les pots étaient arrosés à poids constant équivalent à la capacité de rétention en eau du sol (field capacity) lorsque nécessaire, et en particulier la veille de chaque traitement. A ce moment, les repousses atteignaient les hauteurs pour le ray-grass de 15 cm et pour le trèfle de 10 cm, la couverture pour cette dernière espèce était quasiment complète alors que pour l'herbe, on notait la senescence des feuilles extérieures.

Les isotopes ^{131}I et ^{85}Sr étaient appliqués sous forme de NaI avec agent réducteur (thiosulfate) et de SrCl_2 à des concentrations respectives de $4\ \mu\text{Ci/l}$ et de $2\ \mu\text{Ci/l}$ sans entraîneur, l'eau de dilution était " déminéralisée ".

La rétention de l'iode et du strontium sur les parties aériennes du ray-grass et du trèfle a été mesurée dans les conditions expérimentales suivantes :

- traitement par des aspersion de 4, 8, 12, 16 mm/h pendant une heure (intensité croissante)
- traitement par deux aspersion d'une heure se suivant à 24 heures d'intervalle, les premières de 4 mm/h et les autres aux intensités de 4, 8, 12 mm/h,

- traitement à intensité constante de 4 mm/h pendant 1, 2, 3, 4 heures,
- traitement par une seule aspersion de 4 mm/h et mesures de la variation de la contamination foliaire jusqu'à 504 heures tant sur l'herbe sur pied que sur celle coupée 24 heures après traitement et séchée comme foin (mesure de la période effective),
- traitement par des aspersion de 4, 8, 12, 16 mm/h pendant une heure. Après 24 heures, les plantes ainsi traitées sont fauchées et l'on mesure la contamination sur la seconde pousse (mesure de la sorption raculaire),
- traitement par une aspersion de 4 mm/h pendant une heure suivie après 24 heures d'une aspersion de même intensité d'eau déminéralisée.

Cinq pots de chaque espèce végétale ont été traités pour chaque valeur des intensités ci-dessus indiquées.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Rétention foliaire en fonction du type d'aspersion

Les valeurs avec leur écart-type de la rétention foliaire de l'iode et du strontium ont été résumées dans le tableau I.

Dans le tableau II (a, b), on a comparé les valeurs obtenues à intensité croissante avec celles des essais précédents [1] obtenues sous les mêmes conditions expérimentales.

De l'analyse du tableau I résulte que, en ce qui concerne le strontium, la rétention foliaire semble dépendre du type d'aspersion. En particulier, la contamination résultant d'une aspersion à intensité croissante est toujours supérieure à celle obtenue à intensité constante et cela tant pour le ray-grass que pour le trèfle. Par contre, la rétention de l'iode semble être indifférente aux divers modes d'apport : en effet, on ne peut pas détecter entre les valeurs obtenues aux diverses hauteurs d'aspersion de différence significative au niveau de probabilité de 0,05.

Des valeurs reportées dans le tableau II, il résulte que, alors que pour le strontium la concordance des facteurs de rétention des essais 1 et 2 peut être considérée satisfaisante, pour l'iode par contre, les différences sont significatives.

En supposant les valeurs de rétention de l'eau sur les végétaux étudiés comme représentatives de la rétention totale de l'iode, on estime le déficit en iode pour l'essai N° 1 de 60% environ en moyenne pour le ray-grass, et 50% environ en moyenne pour le trèfle, et pour l'essai N° 2, 80% environ en moyenne

tant pour le ray-grass que pour le trèfle. Cela montre, d'une part, les différences sensibles qui peuvent exister entre la contamination d'un pâturage avant et après l'évaporation de l'eau de pluie contaminée retenus par la partie aérienne des végétaux. Cela confirme d'autre part l'hypothèse suivant laquelle les facteurs de rétention de l'eau représentent la limite supérieure de la contamination des végétaux par le radioiode.

3.2. Périodes effective et biologique

Les mesures de la variation dans le temps de la concentration de l'iode et du strontium sur les parties aériennes du ray-grass et du trèfle sont résumées dans le tableau I.I. Les mesures ont été faites tant sur l'herbe sur pied que sur celle fauchée et séchée aussitôt après contamination.

Ces résultats permettent d'estimer la période effective tant sur le ray-grass que sur le trèfle sur pied à 6 jours pour l'iode et à 22 jours pour le strontium, ce qui correspond respectivement à des périodes biologiques de 23 et 33 jours. Au vu de la variabilité des résultats, ces différences ne peuvent pas être considérées comme significatives, ce qui porte à la conclusion que leur décroissance biologique ne dépendrait pas de l'élément chimique, mais principalement de l'activité biologique des végétaux. En fait, sur l'herbe fauchée et séchée, la décroissance est pratiquement inexistante. Cette tendance est mise en évidence par les résultats obtenus pour l'iode, alors que pour ceux concernant le ^{85}Sr , compte tenu de sa plus longue période physique, le temps de mesure est trop court pour détecter le même comportement. Ces résultats confirment d'ailleurs ceux obtenus par des essais in situ du dépôt sec de l'iode [2].

3.3. Sorption racinaire et (ou) basilaire

La contamination foliaire du ray-grass et du trèfle résultant de la sorption racinaire et (ou) basilaire de l'iode et du strontium dans le sol a été évaluée sur des repousses de ces végétaux, traités au préalable à des intensités d'aspersion de 4 à 16 mm/h pendant une heure.

Les résultats de ces essais qui sont réunis dans le tableau IV semblent indiquer que la fraction transférée du sol au végétal est indépendante de la concentration du radionucléide dans le sol et qu'elle est plus élevée pour le strontium que pour l'iode. Enfin, et cela était le but de l'essai, sa contribution à la contamination foliaire est négligeable par rapport à la contamination directe et peut donc dans les études ultérieures être négligée.

3.4. Lessivage

Les expériences ont été réalisées avec cinq pots de culture de chaque espèce végétale qui ont été aspergés pendant une heure à l'intensité de 4 mm/h avec une solution des radionucléides en étude et retraités 24 h après avec de l'eau déminéralisée à la même intensité.

Les résultats obtenus, analysés statistiquement selon le test de DIXON [3] et résumés dans les tableaux Va et Vb montrent qu'environ 50% de l'iode et du strontium déposés sur le ray-grass sont éliminés par l'eau de lessivage tandis que pour le trèfle, on observe seulement une perte d'environ 40% pour l'iode et aucune variation pour le strontium.

IV - CONCLUSIONS

Cette étude a permis de mettre en évidence les faits suivants :

Les différents types d'aspersion (intensité constante, intensité croissante, aspersion successive à 24 h d'intervalle) ne semblent pas influencer la rétention foliaire de l'iode dont les valeurs sont sensiblement inférieures à celles des facteurs de rétention foliaire de l'eau. La rétention foliaire restant pratiquement constante pour toute valeur des aspersion, cela signifie que les contaminations dues à des apports successifs intervenant dans un court laps de temps (< 24 h) ne s'additionnent pratiquement pas. En outre, les valeurs des facteurs de rétention foliaire de l'eau aux différentes intensités d'aspersion donnent une limite supérieure des quantités d'iode transférées aux végétaux par le dépôt humide, car en fait, on ne retrouve sur les végétaux que des fractions d'iode approximativement de 0,5 à 0,2 de celles ajoutées. En ce qui concerne le strontium, on observe par contre une relation linéaire entre la rétention foliaire et les intensités d'aspersion croissantes, et cela jusqu'à des valeurs des intensités de 10 mm/h, tandis que pour des intensités d'aspersion constante, la rétention foliaire reste aux valeurs du premier apport, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'accumulation.

La sorption racinaire ou basilaire est faible et de l'ordre de quelques millièmes et de quelques centièmes de la quantité totale ajoutée respectivement pour l'iode et le strontium, ce qui signifie qu'elle peut être négligée par rapport à la contamination directe ou, dans la pratique, dans le cas d'une contamination aiguë.

La période effective tant sur le ray-grass que sur le trèfle est d'environ six jours pour l'iode et de vingt deux jours pour le strontium, ce qui donne respectivement pour les périodes biologiques les valeurs respectives de 23 et 33 jours. Par contre, sur l'herbe fauchée et séchée, on n'observe pas d'élimination d'iode ce qui confirme les résultats obtenus avec de l'iode stable par des essais " *in situ* " [2].

Les effets d'aspersion d'eau déminéralisée sur les radionucléides déposés sur les végétaux ont fait ressortir l'influence tant de la nature de l'élément chimique que de l'espèce végétale sur la rétention ; en fait, alors que l'on observe une perte d'environ 50% de l'iode et du strontium sur le ray-grass en ce qui concerne le trèfle, on observe une perte d'environ 40% pour l'iode et aucune variation pour le strontium.

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

- [1] ANGELETTI L., LEVI E.
Etude comparative des facteurs de transfert de l'eau,
de l'iode et du strontium sur le ray-grass et le trèfle
Rapport CEA-R-4860, 1977
- [2] HEINEMANN K., STÖPLER M., VOGT K.J., ANGELETTI L.
Untersuchungen zur Ablagerung und Desorption von Jod
auf Vegetation
Report JUL-I287, April 1976
- [3] DIXON W.J., MASSEY F.J. Jr
Introduction to statistical analysis , 3 rd ed.
New-York, Mc Graw-Hill Book Co, 1969

Manuscrit reçu le 8 novembre 1977

TABLEAU I - RETENTION DE L'IODE ET DU STRONTIUM SUR LE RAY-GRASS ET LE TRÈFLE

Intensité d'aspersion en mm/h pendant une heure	I unités g ⁻¹ herbe p.s. / unités g ⁻¹ eau		Sr unités g ⁻¹ herbe p.s. / unités g ⁻¹ eau	
	Ray-grass	Trèfle	Ray-grass	Trèfle
4	1,57 ± 0,04	2,23 ± 0,12	17,56 ± 1,59	20,00 ± 3,32
8	1,80 ± 0,18	2,80 ± 0,15	24,11 ± 2,25	46,68 ± 2,95
12	2,46 ± 0,20	2,72 ± 0,15	33,22 ± 2,84	50,90 ± 7,20
16	2,04 ± 0,13	2,51 ± 0,09	35,06 ± 3,22	67,72 ± 4,89
Intensité d'aspersion en mm/h s'ajoutant à une aspersion de 4 mm/h effectuée 24 h auparavant	Ray-grass	Trèfle	Ray-grass	Trèfle
0	1,57 ± 0,04	2,23 ± 0,12	17,56 ± 1,59	20,00 ± 3,32
4	1,85 ± 0,09	2,60 ± 0,10	29,04 ± 3,06	35,38 ± 3,09
8	2,25 ± 0,12	3,06 ± 0,15	34,32 ± 2,79	57,68 ± 11
12	2,29 ± 0,16	2,55 ± 0,06	38,79 ± 2,39	68,11 ± 5,91
Temps d'aspersion (heures) pour une in- tensité constante de 4 mm/h	Ray-grass	Trèfle	Ray-grass	Trèfle
1	1,57 ± 0,04	2,23 ± 0,12	17,56 ± 1,59	20,00 ± 3,32
2	2,05 ± 0,18	2,91 ± 0,06	19,39 ± 3,16	22,95 ± 2,20
3	2,29 ± 0,23	2,81 ± 0,16	20,80 ± 1,75	26,84 ± 1,91
4	2,74 ± 0,09	2,97 ± 0,12	23,09 ± 2,59	22,69 ± 2,25

TABLEAU IIa - RETENTION DE L'EAU, DE L'IODE ET DU STRONTIUM SUR LE RAY-GRASS

Intensité d'aspersion mm/h	Eau	Iode		Strontium	
	g eau/g herbe p.s.	pCi g ⁻¹ herbe p.s. / pCi g ⁻¹ eau			
	Essai N° 1	Essai N°1 1	Essai N°2	Essai N°1 1	Essai N° 2
1	6,36	4,28	-	7,60	-
2	7,53	3,46	-	10,78	-
4	8,37	4,16	1,57	19,00	17,56
8	-	-	1,80	-	24,11
10,6	12,59	4,58	-	33,31	-
12	-	-	2,46	-	33,22
16	-	-	0,04	-	35,06
22	10,24	4,06	-	19,59	-

TABLEAU IIb - RETENTION DE L'EAU, DE L'IODE ET DU STRONTIUM SUR LE TREFLE

Intensité d'aspersion mm/h	Eau	Iode		Strontium	
	g eau / g herbe p.s.	pCi g ⁻¹ herbe p.s. / pCi g ⁻¹ eau			
	Essai N° 1	Essai N°1 1	Essai N°2	Essai N°1 1	Essai N°2
1	11,64	8,67	-	8,18	-
2	13,78	8,74	-	16	-
4	15,35	10,03	2,23	33,34	20,00
7,5	16,76	7,81	2,80	68,30	46,68
8	-	-	-	-	-
12	-	-	2,72	-	50,90
16	14,84	6,93	2,51	67,73	67,72

TABLEAU III - ESSAIS N° 5 : RETENTION FOLIAIRE EN FONCTION DU TEMPS (PERIODE EFFECTIVE)

Temps en jours après combatin. (aspersion)	Concentration de l'iode sur les feuilles en pCl/ g p.s.				Concentration du strontium sur les feuilles en pCl/g p.s.			
	Ray-grass	Ray-grass fauché *	Trèfle	Trèfle fauché *	Ray-grass	Ray-grass fauché *	Trèfle	Trèfle fauché *
0,125	20,3 ± 4,9	-	17,3 ± 4,8	-	117,9 ± 31,4	-	109,7 ± 3,7	-
1	12,6 ± 4,5	-	21,6 ± 2,5	-	115,5 ± 8,0	-	126,6 ± 9,7	-
2	-	13,7- 15,5	-	13,3- 17,5	-	135,6-133,0	-	103,3-113,5
3	7,1 ± 2,8	5,9- 28,4	15,8 ± 1,6	11,6- 16,8	107,0 ± 3,5	110,9-119,3	135,3 ± 17,6	102,2-128,6
7	3,8 ± 1,0	11,2- 27,0	6,8 ± 0,8	11,5- 20,7	115,6 ± 8,3	117,4-129,7	117,8 ± 7,4	104,6-109,7
14	3,0 ± 0,9	11,0- 19,8	2,9 ± 0,6	13,8-15,1	111,1 ± 5,4	95,6-102,6	80,7 ± 6,6	109,2-110,3
21	1,3 ± 0,4	6,0- 10,6	1,4 ± 0,3	21,6- 21,7	86,4 ± 6,6	77,7- 88,9	60,3 ± 5,0	108,8-118,7

* Les résultats représentent les valeurs d'un seul dosage effectué sur deux différents pots

TABLEAU IV - ESSAIS N° 6 : ACCUMULATION (TRANSFERT) RACINAIRE OU BASILAIRE SUR DES REPOUSSES DE PLANTES

Intensités d'aspersion (mm/h) pendant une heure	Ray-grass		Trèfle	
	% de l'iode total appliqué	% du strontium total appliqué	% de l'iode total appliqué	% du strontium total appliqué
4	0,20 ± 0,18	2,3 ± 0,42	0,70 ± 0,18	1,6 ± 0,47
8	0,10 ± 0,05	2,1 ± 0,42	0,60 ± 0,16	1,7 ± 0,27
12	0,10 ± 0,03	2,2 ± 0,67	0,30 ± 0,12	1,6 ± 0,49
16	0,10 ± 0,06	1,6 ± 0,25	0,30 ± 0,15	1,6 ± 0,44

TABLEAU Va - EFFET DE L'ASPERSION D'EAU DEMINERALISEE (4 mm/h pendant 1 heure) SUR LA RETENTION DE L'IODE ET DU STRONTIUM SUR LE RAY-GRASS

Echantillon	Iode (pCi / g herbe p.s)			Strontium (pCi / g herbe p.s)		
	Avant aspersion d'eau A	Après aspersion d'eau B	B - A	Avant aspersion d'eau C	Après aspersion d'eau D	D - C
1	15 631	8 461	- 7 170	100 618	45 756	- 54 862
2	19 259	5 873	-13 386	90 558	43 656	- 46 902
3	14 780	8 414	- 6 366	76 758	50 630	- 26 128
4	14 291	5 451	- 8 840	81 303	46 602	- 34 701
5	12 819	6 765	- 6 054	86 248	44 984	- 41 264
Moyenne	A = 15 356	B = 6 993	B-A = 8 363	C = 87 097	D = 46 326	D-C = 40 771
Ecart-type	S _a = 2 409	S _b = 1 401	S _d = 2 786	S _c = 9 165	S _d = 2 639	S _d = 9 539

TABLEAU Vb - EFFET DE L'ASPERSION D'EAU DEMINERALISEE (4 mm/h pendant 1 heure) SUR LA RETENTION DE L'IODE ET DU STRONTIUM SUR LE TREFLE

Echantillon	Iode (pCi / g herbe p.s)			Strontium (pCi / g herbe p.s)		
	Avant aspersion d'eau A	Après aspersion d'eau B	B - A	Avant aspersion d'eau C	Après aspersion d'eau D	D - C
1	41 952	21 100	- 20 852	123 813	102 190	- 21 623
2	40 682	23 603	- 17 079	94 608	103 052	+ 9 444
3	47 046	25 949	- 21 097	95 422	103 795	+ 8 373
4	38 356	21 644	- 16 712	80 437	98 117	+ 17 680
5	36 611	26 621	- 9 990	104 607	102 169	- 2 438
Moyenne	A = 40 929	B = 23 784	B-A = 17 145	C = 99 777	D = 101 865	D-C = 2 287
Ecart-type	S _a = 3 939	S _b = 2 477	S _d = 8 767	S _c = 15 974	S _d = 2 201	S _d = 17 410

Achévé d'imprimer
par
le CEA, Service de Documentation, Saclay
Décembre 1977

DEPOT LEGAL
4ème 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 Nucléaires de Saclay

Boîte Postale n° 2

91190 - Gif-sur-YVETTE (France)