

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
Département d'Etudes et de Recherches en Sécurité
Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement

EXEMPLAIRE
DEFINITIF

004 et 005 :

①

ETUDE COMPLEMENTAIRE DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE DE NOGENT s/SEINE

LABORATOIRE D'ETUDES D'IMPACTS
LABORATOIRE DE RADIOECOLOGIE DES EAUX CONTINENTALES

Etude faite à la demande
d'Electricité de France
Région d'Equipement de Paris
Contrat CEA V 1752 0120

Juillet 1987

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
DEPARTEMENT D'ETUDES ET DE RECHERCHES EN SECURITE
Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement

ETUDE COMPLEMENTAIRE DE L'ENVIRONNEMENT
DU SITE DE NOGENT S/ SEINE

L. OTTAVI

B. DESCAMPS

PLAN DU RAPPORT

1. MOTIVATION DE L'ETUDE
2. METHODOLOGIE ET TYPES D'ANALYSES RETENUS
3. NATURE ET LIEUX DES PRELEVEMENTS
4. DEROULEMENT DE L'INTERVENTION
5. RESULTATS OBTENUS EN FONCTION DES TYPES D'ANALYSE
 - 5.1 Domaine terrestre
 - 5.2 Domaine aquatique
6. CONCLUSIONS

1. MOTIVATION ET BUT DE L'ETUDE

L'environnement du site électronucléaire de NOGENT S/SEINE a fait l'objet d'une étude radioécologique complète* en 1981 et 1982. Lors de cette étude, les niveaux de la radioactivité naturelle et artificielle ont été mis en évidence dans les divers compartiments des milieux terrestre et aquatique du site, afin de répondre à l'arrêté ministériel du 10 Août 1976.

A la suite des retombées de l'accident de la centrale nucléaire soviétique de TCHERNOBYL, une étude complémentaire succincte nous a été demandée par E.D.F./S.E.I. dans le but de mettre en évidence une éventuelle hausse des niveaux de la radioactivité d'origine artificielle et d'établir des comparaisons avec les résultats des précédentes interventions.

Deux campagnes de prélèvements se sont déroulées à la fin du mois d'Octobre et au début du mois de Novembre 1986 afin de quantifier assez rapidement cette évolution dans le proche environnement du site avant la remise du dossier de l'enquête d'utilité publique.

2. METHODOLOGIE ET TYPES D'ANALYSES RETENUS

Le principe retenu a consisté en une série limitée de prélèvements effectués dans les milieux terrestre et aquatique dans des zones ayant déjà fait l'objet d'une étude lors des précédentes campagnes.

Seulement deux types d'analyses ont été retenus sur tous les prélèvements :

- une spectrométrie γ Geli avec une quantification des émetteurs γ présents,
- une mesure radiochimique du strontium 90 (émetteur β).

* Cette étude a été confiée par E.D.F./Région d'Equipement de Paris aux divers laboratoires du Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement (C.E.A./I.P.S.N.).

1. MOTIVATION ET BUT DE L'ETUDE

L'environnement du site électronucléaire de NOGENT S/SEINE a fait l'objet d'une étude radioécologique complète* en 1981 et 1982. Lors de cette étude, les niveaux de la radioactivité naturelle et artificielle ont été mis en évidence dans les divers compartiments des milieux terrestre et aquatique du site, afin de répondre à l'arrêté ministériel du 10 Août 1976.

A la suite des retombées de l'accident de la centrale nucléaire soviétique de TCHERNOBYL, une étude complémentaire succincte nous a été demandée par E.D.F./S.E.I. dans le but de mettre en évidence une éventuelle hausse des niveaux de la radioactivité d'origine artificielle et d'établir des comparaisons avec les résultats des précédentes interventions.

Deux campagnes de prélèvements se sont déroulées à la fin du mois d'Octobre et au début du mois de Novembre 1986 afin de quantifier assez rapidement cette évolution dans le proche environnement du site avant la remise du dossier de l'enquête d'utilité publique.

2. METHODOLOGIE ET TYPES D'ANALYSES RETENUS

Le principe retenu a consisté en une série limitée de prélèvements effectués dans les milieux terrestre et aquatique dans des zones ayant déjà fait l'objet d'une étude lors des précédentes campagnes.

Seulement deux types d'analyses ont été retenus sur tous les prélèvements :

- une spectrométrie γ Geli avec une quantification des émetteurs γ présents,
- une mesure radiochimique du strontium 90 (émetteur β).

* Cette étude a été confiée par E.D.F./Région d'Equipement de Paris aux divers laboratoires du Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement (C.E.A./I.P.S.N.).

3. NATURE ET LIEUX DES PRELEVEMENTS

Le tableau ci-après résume les types et lieux des prélèvements.

NATURE DU PRELEVEMENT	LIEU	NOMBRE D'ECHANTILLONS
Eau de boisson ou d'irrigation	Captages de la MOTTE-TILLY, LE MERIOT et NOYEN-VILLIERS	3
Eau du fleuve*	Un prélèvement de 100 l environ en aval des futurs rejets	3 cartouches
Lait de ferme	Environs du site (LA SAULSOTTE COURTAVANT)	2
Herbe	Idem	2
Sols	Un sol de grande culture, un sol de prairie	2
Légumes	BRAY S/SEINE (irrigation)	3
Maïs	VILLIERS S/SEINE	1
Betteraves	Idem	1
Sédiments	Entre le site et NOGENT S/SEINE	3
Végétaux aquatiques	Idem	3
Poissons (3 espèces)	Une pêche a été organisée, avec le concours des organismes officiels, entre le site et NOGENT S/SEINE	3

TOTAL 26

* Le prélèvement a été fait à l'aide d'un appareil portatif comportant trois cartouches : filtre (M.E.S.), résines anioniques et cationiques.

4. DEROULEMENT DES INTERVENTIONS

Deux campagnes dans les domaines terrestre et aquatique ont eu lieu du 20 au 24 Octobre et du 3 au 7 Novembre 1986*.

Ces interventions ont été suivies d'une mise en forme des échantillons en laboratoire, de comptages γ Geli et β du strontium 90, après extraction.

Comme convenu les résultats des comptages gamma ont été transmis le 1er Décembre sous forme de tableaux comparatifs officiels à E.D.F./S.E.I.

5. RESULTATS OBTENUS EN FONCTION DES TYPES D'ANALYSES

Les tableaux ci-joints comprennent les résultats avant et après les retombées de l'accident.

Parmi les éléments naturels, seul le potassium 40 a été pris en compte, par souci de simplification.

Les commentaires ci-après concernent uniquement l'évolution de la radioactivité d'origine artificielle.

5.1 Le domaine terrestre (se référer aux tableaux n° 1 et 2)

5.1.2 L'eau de boisson

Trois captages situés dans la nappe alluviale de la Seine et pouvant présenter certains caractères de vulnérabilité avaient été choisis lors de la première étude. Ces derniers ont fait l'objet de nouveaux prélèvements :

* Dans le cadre de cette étude une pêche a été organisée avec le concours du Conseil Supérieur de la Pêche (délégation de METZ).

- Le captage de LE MERIOT qui est situé en rive droite de la Seine à 7 km de la centrale. Par rapport à la précédente étude un léger transfert a bien eu lieu, avec la présence de ^{137}Cs et $^{134}\text{Cs}^*$.
- Les captages de la MOTTE-TILLY et NOYEN-VILLIERS situés respectivement en rive gauche du fleuve et à 8 et 14 km des futurs rejets.

Les nouveaux prélèvements n'ont pas accusé de hausse, les valeurs observées en spectrométrie γ sont inférieures aux limites de détection.

Mêmes remarques pour les teneurs en ^{90}Sr .

5.1.3 Le lait

Les deux fermes choisies sont situées au Nord-Est de la centrale à COURTAVANT et au Nord-Ouest de celle-ci à la SAULSOTTE. Une augmentation en ^{137}Cs est observable, en particulier dans le prélèvement de la SAULSOTTE ($13 \pm 1 \text{ Bq.l}^{-1}$). A cela il faut ajouter la présence de ^{134}Cs absent en 1982.

Cette augmentation est due en partie au transfert foin-lait, les animaux étant nourris à l'étable à cette époque (paragraphe suivant). Il est bon de préciser que les teneurs en ^{90}Sr n'ont pas varié.

* Le ^{134}Cs , d'une période de 2,2 ans, est absent des retombées des explosions nucléaires aériennes.

5.1.4 L'herbe, la luzerne, le foin

L'augmentation observée dans l'herbe et la luzerne est faible*, il faut noter que de nombreuses coupes ont été faites depuis le mois de mai ce qui a eu pour effet de diminuer l'activité initiale.

Par contre le foin de COURTAVANT dont la récolte date du mois de juin présente une activité plus élevée en ^{137}Cs et ^{134}Cs (respectivement 47 ± 9 et 26 ± 10 Bq.kg $^{-1}$ sec). Les valeurs en ^{90}Sr n'ont pas évolué.

5.1.5 Les légumes et les betteraves

Aucune élévation notable de la radioactivité d'origine artificielle n'est observable dans les derniers prélèvements.

5.1.6 Les mousses arboricoles

Les mousses ont été recueillies lors des deux études dans la forêt de la MOTTE-TILLY. Ce type de végétal est un excellent bio-indicateur du niveau de la radioactivité d'origine artificielle.

Une très nette élévation des teneurs en ^{137}Cs est observable (900 ± 45 Bq.Kg $^{-1}$ sec) à laquelle il convient d'ajouter le ^{134}Cs (385 ± 30 Bq.kg $^{-1}$ sec), le $^{106}\text{Rh} + ^{106}\text{Ru}$, et le $^{103}\text{Ru}^{**}$.

5.1.7 Les sols

Deux sols ont été choisis :

- un sol de prairie à COURTAVANT au N.E.,
- un sol de grande culture (maïs irrigué) à VILLIERS en aval du site.

* Des traces de $^{106}\text{Rh} + ^{106}\text{Ru}$, d'une période d'un an, (provenant du reliquat de l'explosion nucléaire aérienne chinoise de 1980) avaient été décelées dans la luzerne en 1982.

** ^{103}Ru d'une période de 40 jours

Une légère augmentation des valeurs en ^{137}Cs est observable, avec en plus, dans le sol de VILLIERS, les radionucléides suivants : ^{134}Cs , ^{106}Rh + ^{106}Ru et ^{103}Ru .

5.2 Le domaine aquatique

Le domaine aquatique concerne l'eau (matières en suspension et fraction dissoute), les sédiments, les végétaux et les poissons. Tous ces prélèvements ont été réalisés dans la semaine du 3 au 7 Novembre 1986 entre la centrale et NOGENT sur SEINE. Pour les résultats on se référera aux tableaux 3 (eau et sédiments) et 4 (végétaux et poissons).

- Activité d'origine naturelle

Les niveaux d'activité obtenus pour le potassium 40 sont du même ordre de grandeur en 1986 qu'en 1981 et ceci dans les quatre compartiments. On retiendra les valeurs suivantes pour l'année 1986 :

Eau (fraction dissoute) $126 \pm 64 \cdot 10^{-3} \text{ Bq.l}^{-1}$

Sédiments	36,5 $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$	moyenne de deux sables vase
	$230 \pm 40 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$	
Végétaux	600 $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$	moyenne de trois végétaux
Poissons	90 $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$	moyenne de trois poissons

- Activité d'origine artificielle

Pour le strontium 90, émetteur β , les résultats sont sous la forme inférieur ou égal au seuil de détection pour l'eau ($\leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ Bq.l}^{-1}$), pour deux sédiments sur trois ($\leq 2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et pour également deux poissons sur trois ($\leq 0,3 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$). Les valeurs significatives (1 sédiment, 1 poisson et trois végétaux) ne permettent pas de dire qu'il y ait marquage par l'accident de Tchernobyl.

Il y a par contre marquage pour le césium 137 dans les quatre compartiments. Pour l'eau, alors qu'il est absent en 1981, il est en 1986 recensé à la fois dans les matières en suspension et dans la fraction dissoute ; globalement on obtient une valeur de $9,6 \cdot 10^{-3} \text{ Bq.l}^{-1}$. Pour les sédiments, en tenant compte de leurs granulométries respectives, on observe un marquage pour les sables (moyenne de $7,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ en 1986 et 1,2 en 1981) et pour la vase ($69 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ en 1986 contre 6 en 1981). Pour les végétaux le facteur multiplicatif est de 12 pour la Fontinale, une mousse aquatique, et de 5 pour la myriophylle. Pour les poissons on obtient en 1986 une moyenne de l'ordre de 4 Bq.kg^{-1} frais alors que la seule valeur significative en 1981 était de 0,1.

Le césium 134, absent en 1981, est présent dans l'eau ($2,7 \cdot 10^{-3} \text{ Bq.l}^{-1}$), dans les sédiments ($3,3 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ pour les sables et 26 pour la vase), dans les végétaux ($10,6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et dans les poissons ($1,7 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais). Le césium 134 est caractéristique de l'accident de Tchernobyl car il n'a jamais été décelé après une explosion nucléaire aérienne. Le rapport des concentrations entre le césium 137 et le césium 134 va de 3,4 pour l'eau à 2,35 pour les poissons.

Le couple ruthénium 106 + rhodium 106 est présent en 1986 et 1981 à des concentrations comparables dans la Fontinale (de l'ordre de $95 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). On peut cependant parler de marquage par Tchernobyl pour ce couple de radionucléides car sa présence en 1981 n'était dû qu'à l'explosion nucléaire du mois d'Octobre 1980.

Le ruthénium 103 est présent dans la vase de novembre 1986 ($5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) ; il trouve son origine dans les retombées de Tchernobyl.

6. CONCLUSIONS

Un nouvel état de référence radiologique de l'environnement du site de NOGENT SUR SEINE a été réalisé dans les milieux terrestre et aquatique suite à deux campagnes limitées de prélèvements.

Les résultats confirment, pour la radioactivité d'origine naturelle (il s'agit essentiellement du potassium 40), les niveaux d'activités obtenus lors de l'étude complète précédente.

Une légère augmentation des niveaux de la radioactivité d'origine artificielle est constatée pour le césium 137, le ruthénium 103 et le couple rhodium 106-ruthénium 106. On note en même temps, l'apparition du césium 134, absent lors des prélèvements précédents. Cette hausse est imputable aux retombées de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl.

En résumé, les radionucléides suivants ont été décelés en fonction des prélèvements effectués lors de cette campagne.

- ^{137}Cs : Dans tous les prélèvements.
- ^{134}Cs : Eau de boisson, eau de rivière, lait, herbe, foin, maïs, sédiments aquatiques et sols, végétaux aquatiques et poissons.
- $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$: Mousses terrestres et aquatiques. Sols.
- ^{103}Ru : Mousses terrestres, herbe, sédiments aquatiques et sols.

LES TABLEAUX DE MESURE

TABLEAU N°1

Eau : 10^{-3} Becquerel.litre⁻¹Lait : Becquerel.litre⁻¹

1ère C A M P A G N E 1 9 8 1 - 1 9 8 2							2ème C A M P A G N E 1 9 8 6						
NATURE LIEU	SPECTROMETRIE γ Gell					90Sr (radio- chimie)	NATURE LIEU	SPECTROMETRIE γ Gell					90Sr (radio- chimie)
	40K	137Cs	134Cs	106Rh+Ru	103Ru			40K	137Cs	134Cs	106Rh	103Ru	
Eau de boisson (LE MERIOT)	120 ± 80	3 ± 3	-	-	-	5 3	Eau de boisson (LE MERIOT)	140 ± 80	9 ± 5	3 ± 1	-	-	< 1
Eau de boisson (LA MOTTE- TILLY)	180 ± 80	5 5	-	-	-	5 3	Eau de boisson (LA MOTTE- TILLY)	40 ± 40	5 7	5 6	-	-	< 1
Eau de boisson (MOYEN- VILLIERS)	-	5 11	-	-	-	5 3	Eau boisson (MOYEN- VILLIERS)	80 ± 60	5 7	5 6	-	-	5 1
Lait de ferme (COURTAVANT)	41 ± 6	0,08 ± 0,03	-	-	-	0,130±0,040	Lait de ferme (COURTAVANT)	45 ± 6	17 ± 1	7,7 ± 0,7	-	-	0,065±0,016
Lait de ferme (LA SAULSOTTE)	54 ± 6	0,03 ± 0,02	-	-	-	0,085±0,022	Lait de ferme (LA SAULSOTTE)	50 ± 1	13 ± 1	5,3 ± 0,5	-	-	0,050±0,010

: radionucléide non détecté

TABELEAU N° 2

1ère C A M P A G N E 1 9 8 1 - 1 9 8 2							2ème C A M P A G N E 1 9 8 6						
MATURE LIEU	SPECTROMÉTRIE γ Géli					90Sr (radio- chimie)	MATURE LIEU	SPECTROMÉTRIE γ Géli					90Sr (radio- chimie)
	40K	137Cs	134Cs	106Rn ^a	103Ru			40K	137Cs	134Cs	106Rn ^a	103Ru	
Herbe (LA SAULSOTTE)	1450 ± 250	5 4	-	-	-	6 ± 1	Herbe (LA SAULSOTTE)	1400 ± 300	13 ± 4	7 ± 1	-	2 ± 1	2 ± 0,4
Luzerne (LA SAULSOTTE)	1160 ± 160	5 1	-	7 ± 2 ^{aa}	-	6 ± 1	Luzerne (LA SAULSOTTE)	1200 ± 200	6 ± 2	3 ± 1	-	-	7 ± 1
Foin (COURTAVANT)	1100 ± 200	3 ± 2	-	-	-	15 ± 1	Foin (COURTAVANT)	1000 ± 100	47 ± 9	26 ± 10	-	-	NM
Maïs grain (VILLIERS)	100 ± 20	1 ± 0,3	-	-	-	5 0,2	Maïs grain (VILLIERS)	120 ± 10	-	-	-	-	5 0,04
Maïs fourrage (VILLIERS)	670 ± 100	5 ± 1	-	-	-	5 2	Maïs fourrage (VILLIERS)	770 ± 80	2 ± 1	1 ± 0,1	-	-	1 ± 0,2

Radionucléide non détecté

N.H. Non mesuré

2. Pour évaluer l'expression $^{106}\text{Rh} + ^{106}\text{Ru}$ on multipliera par 2 la valeur indiquée pour le seul ^{106}Rh

Valeur obtenue dans le prélèvement de COURTAVANT

TABLEAU N° 3

1ère C A M P A G N E 1 9 8 1 - 1 9 8 2							2ème C A M P A G N E 1 9 8 6						
MATURE LIEU	SPECTROMETRIE γ Gell					90Sr (radio- chimie)	MATURE LIEU	SPECTROMETRIE γ Gell					90Sr (radio- chimie)
	40K	137Cs	134Cs	106Rh*	103Ru			40K	137Cs	134Cs	106Rh*	103Ru	
Betteraves (MOYEN)	660 ± 70	1 ± 0,3	-	-	-	1 ± 0,2	Betteraves (MOYEN)	160 ± 40	5 0,1	-	-	-	< 0,0
Latues (BRAY S/SEINE)	4600 ± 600	1 ± 1	-	-	-	5 ± 1	Latues (BRAY S/SEINE)	2400 ± 300	2 ± 1	-	-	-	3 ± 1
Carottes (BRAY S/SEINE)	900 ± 100	5 2	-	-	-	2 ± 0,2	Carottes (BRAY S/SEINE)	1200 ± 200	5 1	-	-	-	2 ± 0,4
Mousses arboricoles (LA MOTTE- TILLY)	20 ± 10	8 ± 2	-	-	-	N.M.	Mousses arboricoles (LA MOTTE- TILLY)	NM	900 ± 45	385 ± 30	280 ± 100	77 ± 12	NM
Sol de prairie (COURTAVANT)	180 ± 40	10 ± 4	-	-	-	8 ± 0,5	Sol de prairie (COURTAVANT)	200 ± 50	22 ± 5	1,8 ± 0,6	< 1	< 2	8 ± 0,6
Sol grande culture (VILLIERS)	260 ± 40	13 ± 3	-	-	-	5,5 ± 1	Sol grande culture (VILLIERS)	195 ± 20	17 ± 2	4,8 ± 0,7	2,9 ± 0,6	0,8 ± 0,1	4,0 ± 0,5

* Pour évaluer l'expression $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ on multipliera par 2 la valeur indiquée pour le seul ^{106}Rh
 N.M. Non mesuré

CONCENTRATIONS DANS L'EAU ET LES SEDIMENTS

TABLEAU N° 4

1ère C A M P A G N E 1 9 8 0 - 1 9 8 1										2ème C A M P A G N E 1 9 8 6									
NATURE LIEU	SPECTROMETRIE γ Gell					90Sr (radio- chimie)	NATURE LIEU	SPECTROMETRIE γ Gell					90Sr (radio- chimie)						
	40K	137Cs	106Ru+ 106Rh	144Ce+ 144Pr	95Nb			40K	137Cs	134Cs	106Ru + 106Rh	103Ru							
EAU DE SEINE (10 Novembre 1981) à BEAULIEU en 10 ⁻³ Bq.l ⁻¹										EAU DE SEINE (23 Octobre 1986) à BEAULIEU en 10 ⁻³ Bq.l ⁻¹									
Matières en suspension(1)	-	-	-	-	-	-	Matières en suspension (1)	0,1 ± 0,4	1,3 ± 0,5	0,6 ± 0,3	-	-	-	-	-				
Ions dissous (1)	0,074±0,030	-	-	-	-	-	Ions dissous (1)	126 ± 64	8,3 ± 3,3	2,1 ± 0,7	-	-	-	-	-				
Eau brute(2)	76,13 ?					5 18	Eau brute(2)								5 1				
SEDIMENTS (Novembre 1981) en Bq.kg ⁻¹ sec							SEDIMENTS (5 Novembre 1986) en Bq.kg ⁻¹ sec												
Sables - rive droite	37 ± 10	1,1 ± 0,4	-	1 ± 0,2	1,2±0,3	5 7,4	Sables - rive droite	50 ± 15	8 ± 1	3,6 ± 0,2	-	-	-	-	4 ± 1,4				
Sables - rive gauche	40 ± 10	1,3 ± 0,4	-	5 1	1,1±0,3	5 7,4	Sables - rive gauche	23 ± 15	7 ± 2	3 ± 0,6	-	-	-	-	<2				
Vases	80 ± 20	6 ± 1	-	5,2 ± 6	5 1	N.M. (3)	Vases	230 ± 40	69 ± 8	26 ± 2	-	-	-	5 ± 1	<2				

- (1) Passage de 100 l en continu sur Prélédiss
 (2) Prélèvement de 10 l d'eau brute
 (3) Non mesure

CONCENTRATIONS DANS LES VEGETAUX ET LES POISSONS

TABLEAU N° 5

1ère C A M P A G N E 1 9 8 0 - 1 9 8 1										2ème C A M P A G N E 1 9 8 6									
MATURE LIEU	SPECTROMETRIE y Galil					90Sr (radio- chimie)	VEGETAUX ENTRE LA CENTRALE ET LA MOTTE-TILLY (Juillet 1981) en Bq.kg ⁻¹ sec	MATURE LIEU	SPECTROMETRIE y Galil					90Sr (radio- chimie)					
	40K	137Cs	144Ce+ 144Pr	106Ru+ 106Rh	103Ru				40K	137Cs	134Cs	106Ru+ 106Rh	103Ru						
POISSONS ENTRE LA CENTRALE ET NOGENT (Août 1980) en Bq.kg ⁻¹ frais								POISSONS ENTRE LA CENTRALE ET NOGENT (5 Novembre 1986) en Bq.kg ⁻¹ frais											
Brochet	84,7 ± 8,1	0,1 ± 0,04	-	-	-	5 0,5		Brochet	97,5 ± 14	5,4 ± 0,9	2,5 ± 0,3	-	-	0,15					
Gardon	100 ± 40	5 0,02	-	-	-	M.M.(3)		Gardon	82,2 ± 16,4	1,3 ± 0,5	0,5 ± 0,05	-	-	0,3 ± 0,15					
Perche	78,1 ± 14	5 0,07	-	-	-	M.M.(3)		Perche	91,8 ± 21,6	5,2 ± 1,4	2,1 ± 0,2	-	-	5 0,15					
Fontinale(1)	345 ± 115	3,8 ± 2,6	94 ± 2,6	94 ± 15,6	11,5 ± 2,6	5 2,7		Fontinale	351 ± 100	47,7 ± 10	20,1 ± 2,5	95,4 ± 20	-	1,3 ± 0,3					
Myrtophylle(2)	875 ± 270	2,5 ± 0,9	21 ± 3,6	5 10,8	5 0,4	M.M.(3)		Myrtophylle	762 ± 157	12,8 ± 4,5	5,6 ± 1,1	-	-	1,3 ± 0,3					
								Callitriche	696 ± 145	19,1 ± 5,8	6,1 ± 0,6	-	-	1,5 ± 0,3					

(1) ⁹⁵Nb : 74 ± 7,6 ; ⁹⁵Zr : 38 ± 6,3(2) ⁹⁵Nb : 30,3 ± 3,7 ; ⁹⁵Zr : 14,4 ± 1,9

(3) - Non mesuré

CARTE DE SITUATION DES PRELEVEMENTS

C.E.N. CADARACHE

DEPARTEMENT D'ETUDES ET DE RECHERCHES EN SECURITE

SERVICE D'ETUDES ET DE RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT

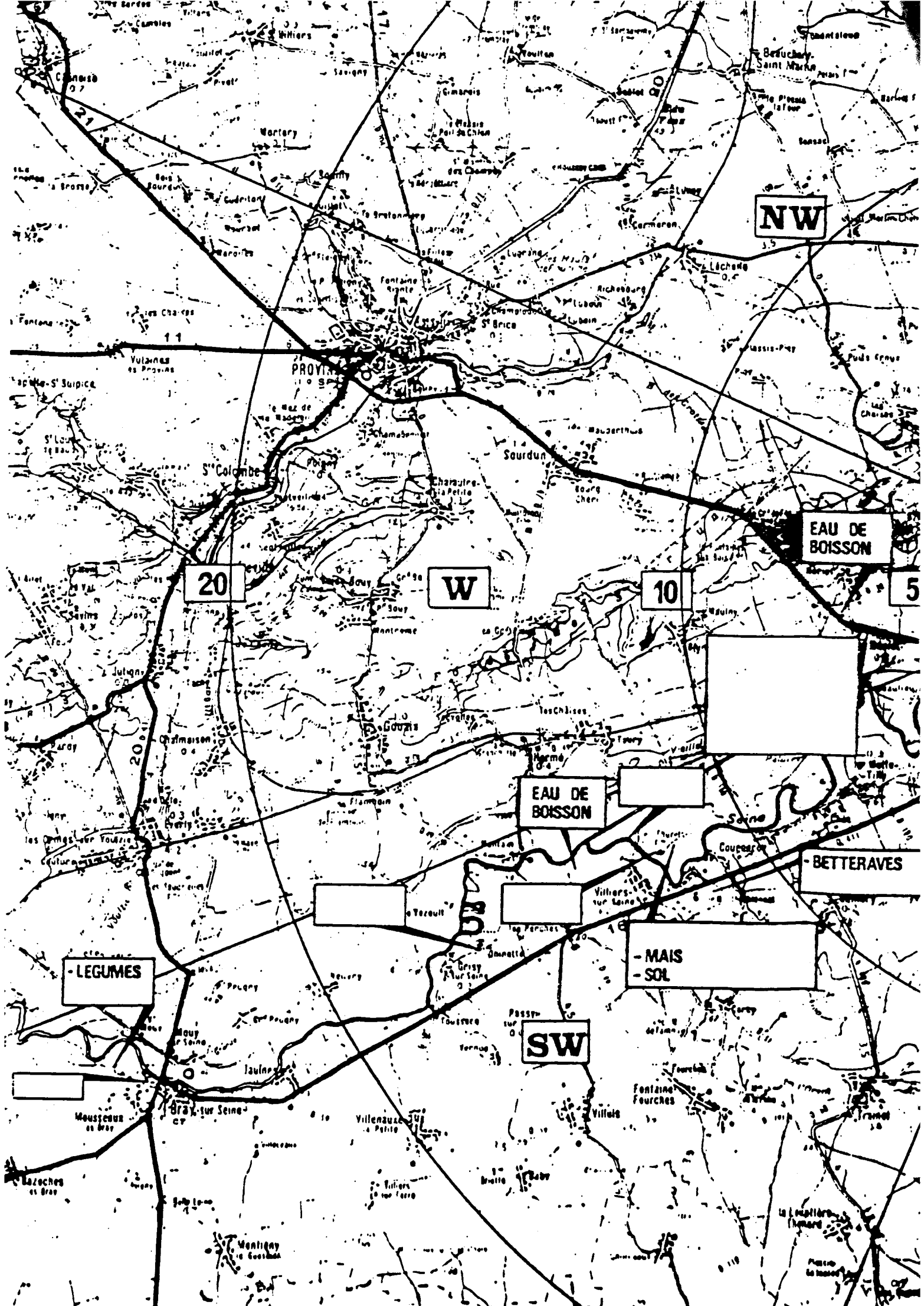
**POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DU SITE
DE NOGENT sur SEINE**

Ecosystèmes terrestres et aquatiques

**CARTE DE SITUATION
DES PRELEVEMENTS**

CAMPAGNE 1986

ECHELLE : 1/100 000^e



NW

W

10

5

EAU DE BOISSON

EAU DE BOISSON

BETTERAVES

MAIS
- SOL

SW

LEGUMES

20



IPSN/DERS/SERE

LABORATOIRE D'ETUDES D'IMPACTS

Acpt. 87
(2)

**DEUXIEME ETUDE
COMPLEMENTAIRE DE
L'ENVIRONNEMENT DU SITE DE
NOGENT S/SEINE**

Etude faite à la demande
d'Electricité de France
Région d'Equipement Paris

Contrat CEA V 1752 0121
Commande EDF n°1583

- Décembre 1987 -



IPSN/DERS/SERE

LABORATOIRE D'ETUDES D'IMPACTS

**DEUXIEME ETUDE COMPLEMENTAIRE
DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE
DE NOGENT S/SEINE**

L. OTTAVI - O. CHARLENT - S. MARCHAND

**Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache
13108 - SAINT PAUL LEZ DURANCE**

SOMMAIRE

	<u>PAGES</u>
1. Motivation du complément d'étude	2
2. Lieux de prélèvement - Méthodes - Mesures effectuées	3
3. Résultats obtenus	4
a. Radioactivité naturelle	
b. Radioactivité artificielle	
4. Conclusion	5

Carte de situation des prélèvements. Echelle 1/100 000e

Plans détaillés - Echelle 1/25 000e

1. MOTIVATION DU COMPLEMENT D'ETUDE

Le point zéro radioécologique complet de l'environnement du site de NOGENT S/SEINE s'est déroulé de Septembre 1981 à Septembre 1982.

En octobre 1986, une étude complémentaire a mis en évidence la contribution autour de ce site des retombées de l'accident de la centrale nucléaire soviétique de TCHERNOBYL : on observait (en particulier dans le cas des fourrages et des mousses arboricoles) une légère augmentation des niveaux de la radioactivité d'origine artificielle pour le césium 137, le ruthénium 103 et le couple ruthénium 106 - rhodium 106 ainsi que l'apparition du césium 134, absent des précédents prélèvements.

Il paraissait donc logique d'effectuer en 1987 une deuxième étude complémentaire limitée aux fourrages et aux mousses arboricoles afin d'observer l'évolution des niveaux d'activité. Les prélèvements ont eu lieu les 24 et 25 Septembre 1987.

2. LIEUX DE PRÉLEVEMENT - METHODES - MESURES EFFECTUEES

Le foin de la récolte 1987 a été échantillonné à COURTAVANT et à la SAULSOTTE, dans les deux fermes qui constituaient dans l'étude initiale les stations de prélèvement d'eau de pluie, de sol, d'herbe et fourrage et de lait. Elles avaient été choisies pour leur situation respectivement dans et hors vents dominants.

Les mousses arboricoles ont été ramassées en deux points situés dans les vents dominants, dans le bois dit de la MOTTE-TILLY (non loin de BLUNAY, comme auparavant), et dans le bois de MARNAY (pour la première fois).

Pour plus de précision sur les lieux de prélèvement, on pourra se reporter à la carte de situation au 1/100 000e ainsi qu'aux plans détaillés au 1/25 000e figurant en annexe.

Les modes de prélèvement et de mise en forme des échantillons sont identiques à ceux employés lors des deux campagnes précédentes, permettant ainsi une comparaison directe des résultats.

Les mesures effectuées sur les échantillons sont :

- une spectrométrie γ Ge,
- une extraction radiochimique du ^{90}Sr .

3. RESULTATS OBTENUS

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-après. Nous avons fait figurer pour comparaison les résultats correspondants de l'étude initiale et de la première étude complémentaire.

a. Radioactivité naturelle

Par souci de simplification, nous n'avons conservé, parmi les éléments naturels, que le potassium 40 ; il sert de référence, et l'on peut observer sa relative stabilité.

b. Radioactivité artificielle

Les analyses en radiochimie du strontium 90, qui n'avaient pas révélé de hausse significative après les retombées de l'accident de Tchernobyl, confirment des niveaux d'activité très bas voisins des limites de détection.

Le ruthénium 103, de courte période radioactive (40 jours), n'est plus détectable.

Le couple ruthénium 106 - rhodium 106 (période 1 an) n'apparaît que dans les mousses et à des valeurs inférieures à celles de 1986.

Les césiums 137 et 134 sont décelés dans les foins ; la diminution est nette par rapport à 1986 : les transferts racinaires n'ont pas été importants. Les niveaux d'activité sont maintenant comparables pour le césium 137 à ceux de 1981-1982 avant l'accident de Tchernobyl. Dans les mousses, l'activité due aux césiums 137 et 134 est encore notable : la diminution est plus lente dans ces excellents marqueurs biologiques que dans les foins.

4. CONCLUSION

Dans les échantillons mesurés le potassium 40, élément naturel, reste stable. Le strontium 90 n'est toujours présent qu'à l'état de traces. Les radioéléments à vie courte ont disparu. On détecte les césiums 137 et 134 dans les foins et les mousses. Les niveaux d'activité dans les mousses ont diminué d'un facteur de l'ordre de 3 par rapport aux niveaux mesurés en 1986. Dans le foin, l'activité a retrouvé son niveau de 1981 pour le césium 137, le césium 134 n'étant plus présent qu'à l'état de traces. Le couple ruthénium 106 - rhodium 106 n'est détecté que dans les mousses.

SITE DE NOGENT S/SEINE

ECOSYSTEME TERRESTRE

Bq.kg⁻¹.sec

ETUDE INITIALE 1981 - 1982										1ère ETUDE COMPLEMENTAIRE 1986										2ème ETUDE COMPLEMENTAIRE 1987									
Nature LIEU		Spectrométrie YGe					90Sr radio- chimie	Nature LIEU		Spectrométrie YGe					90Sr radio- chimie	Nature LIEU		Spectrométrie YGe					90Sr radio chimie						
		40K	137Cs	134Cs	106Rh*	103Ru				40K	137Cs	134Cs	106Rh*	103Ru				40K	137Cs	134Cs	106Rh*	103Ru							
FOIN 1981 COURTAVANT		1100 ± 200	3,0 ± 2,0	-	-	-	15 ± 1	Foin 1986 COURTAVANT		1000 ± 100	47 ± 9	26 ± 10	-	-	N.M.	Foin 1987 COURTAVANT		505 ± 35	0,9 ± 0,3	≤ 0,4	-	-	4,2 ± 0,2						
Herbe la SAULSOTTE		1450 ± 250	≤ 4,0	-	-	-	6,0 ± 1,0	Herbe la SAULSOTTE		1400 ± 300	13 ± 4	7,0 ± 1,0	-	2,0 ± 1,0	2,0 ± 0,4	Foin 1987 la SAULSOTTE		915 ± 45	2,2 ± 0,3	0,6 ± 0,02	-	-	4,0 ± 0,4						
Mousses arboricoles la MOTTE-TILLY		20 ± 10	8,0 ± 2,0	-	-	-	N.M.	Mousses arboricoles la MOTTE-TILLY		N.M.	900 ± 45	385 ± 30	280 ± 100	77 ± 12	N.M.	Mousses arboricoles la MOTTE-TILLY		54 ± 17	385 ± 35	135 ± 15	51 ± 31	-	1,5 ± 0,2						
Mousses arboricoles MARNAY		-	-	-	-	-	-	N.M.		-	-	-	-	-	-	Mousses arboricoles MARNAY		150 ± 30	215 ± 20	76 ± 9	16 ± 17	-	≤ 1,3						

* Pour évaluer l'expression 106Ru + 106Rh, on multiplie par 2 la valeur indiquée pour le seul 106Rh

N.M. : non mesuré



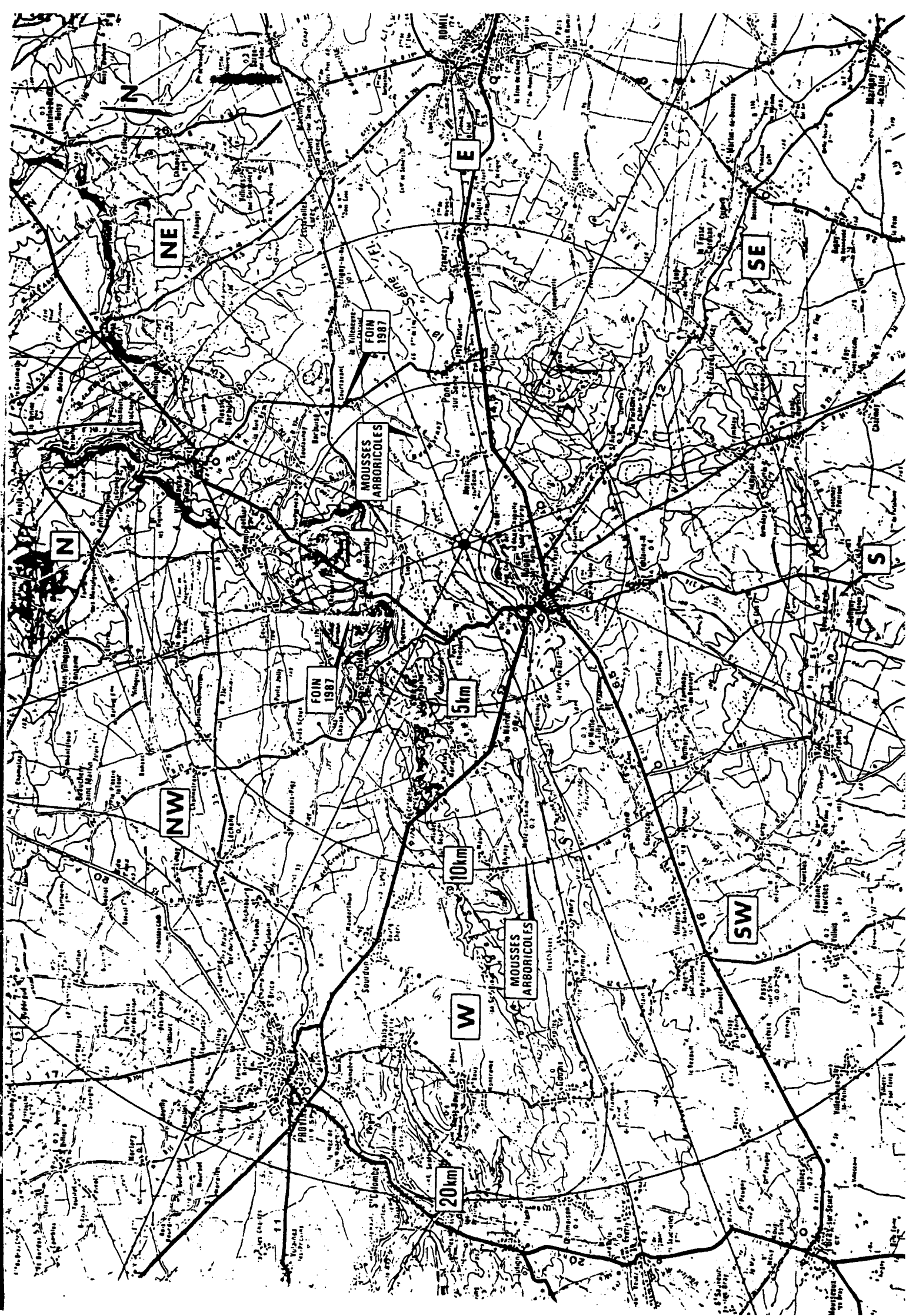
IPSN/DERS/SERE

LABORATOIRE D'ETUDES D'IMPACTS

**POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE
DU SITE DE NOGENT SUR SEINE
DEUXIEME ETUDE COMPLEMENTAIRE**

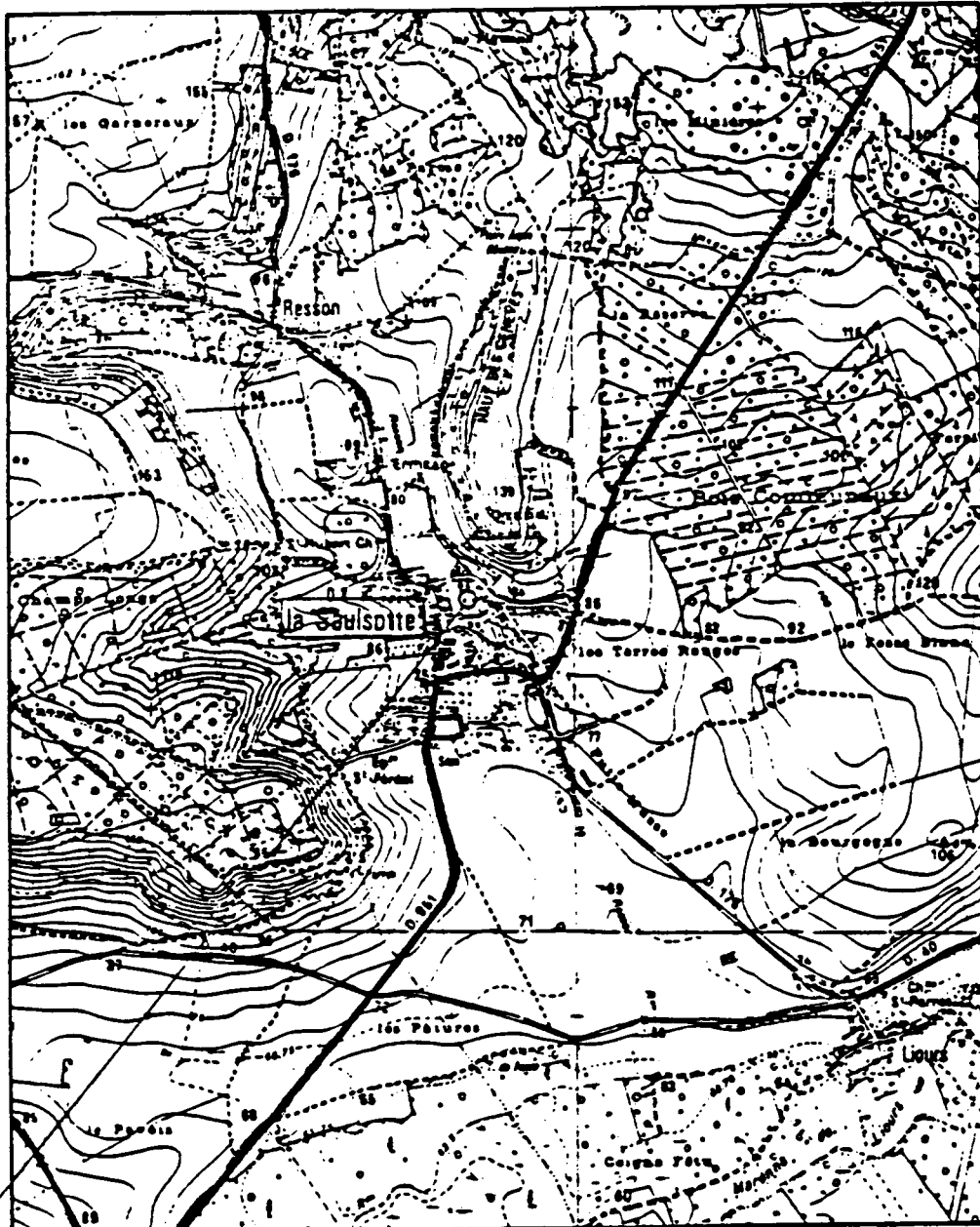
**CARTE DE SITUATION
DES PRELEVEMENTS**

Echelle 1 100 000e



SECTEUR NORD
ZONE DE 0 à 5 km

ⓑ



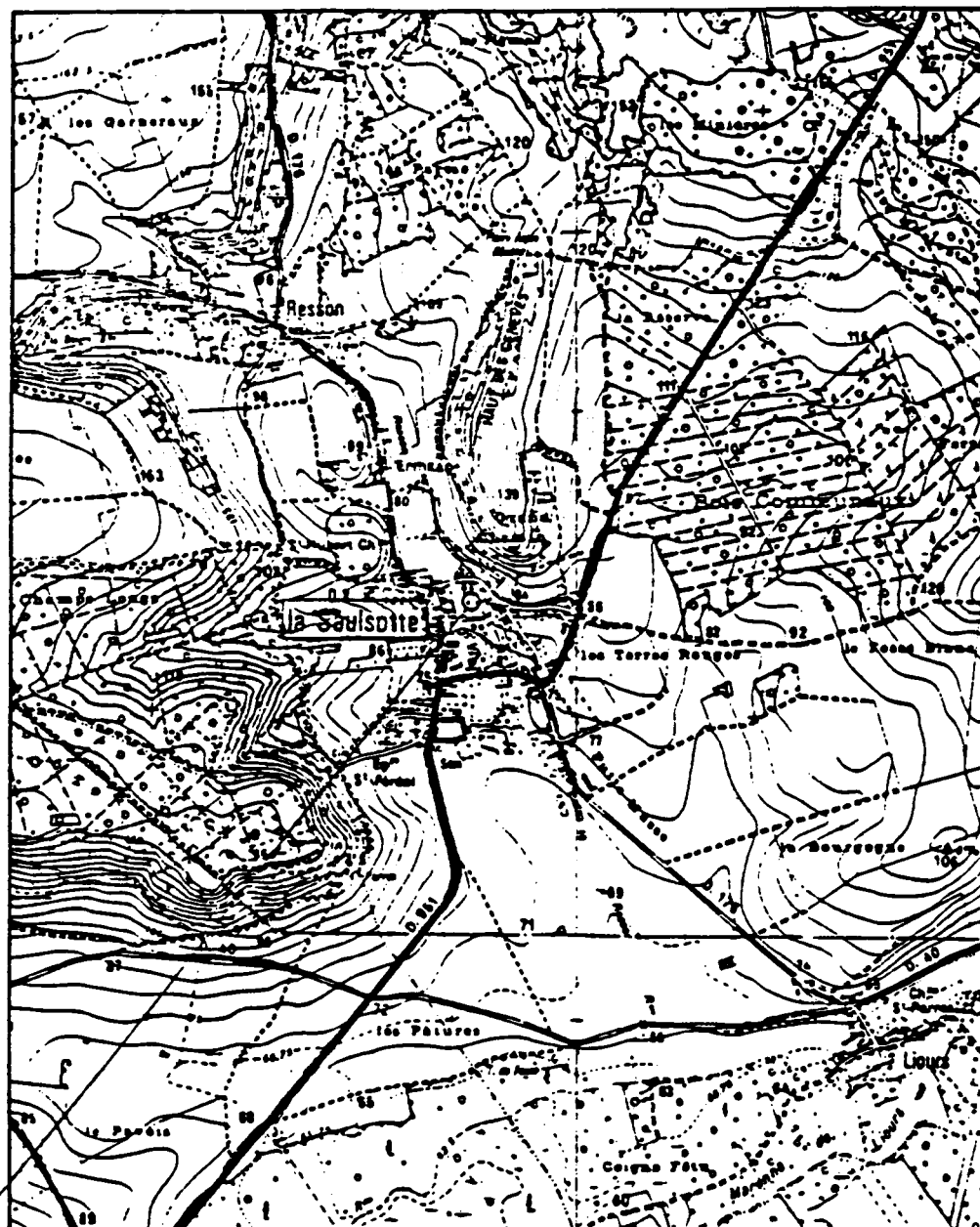
Carte IGN au 1/25000^e NOGENT-SUR-SEINE

Prélèvement : Foin récolte 1987

Monsieur ROPARS
Agriculteur
La SAULSOTTE .

SECTEUR NORD
ZONE DE 0 à 5 km

Ⓑ



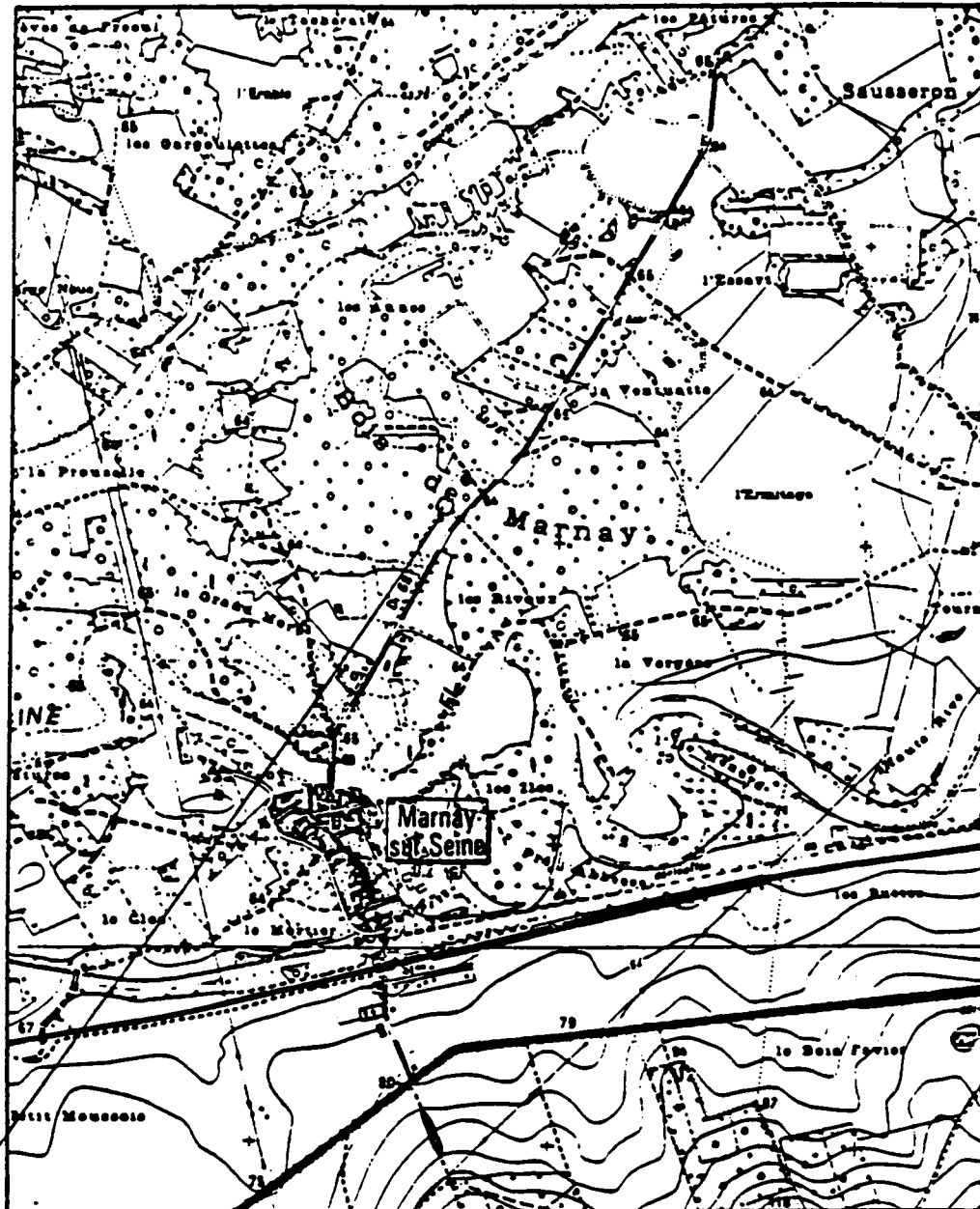
Carte IGN au 1/25000^e NOGENT-SUR-SEINE

Prélèvement : Foin récolte 1987

Monsieur ROPARS
Agriculteur
La SAULSOTTE

SECTEUR EST/NORD-EST
ZONE DE 0 à 5 km

①



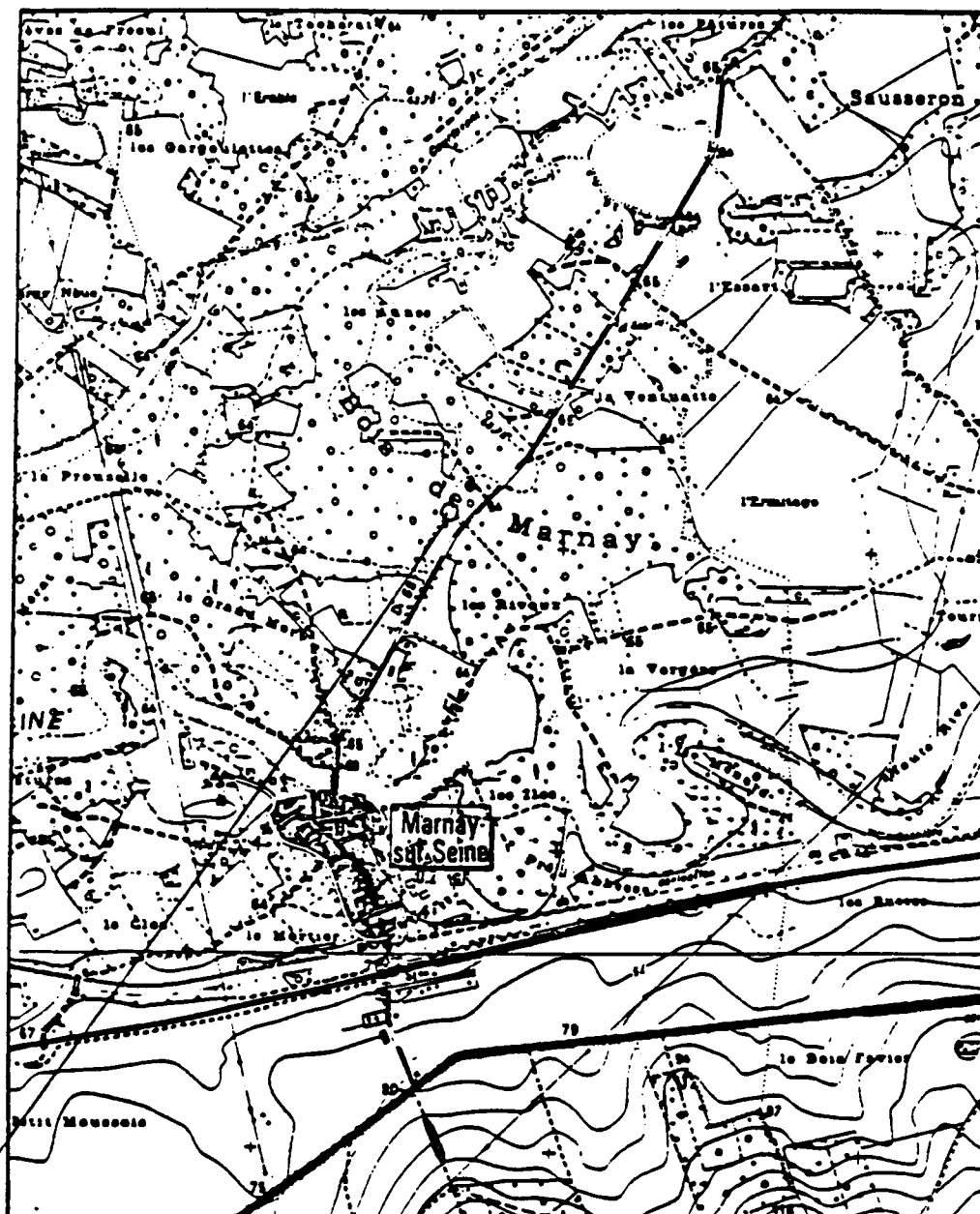
Carte IGN au 1/25000^e NOGENT-SUR-SEINE

Prélèvement : Mousses arboricoles

Bois de MARNAY

SECTEUR EST/NORD-EST
ZONE DE 0 à 5 km

D

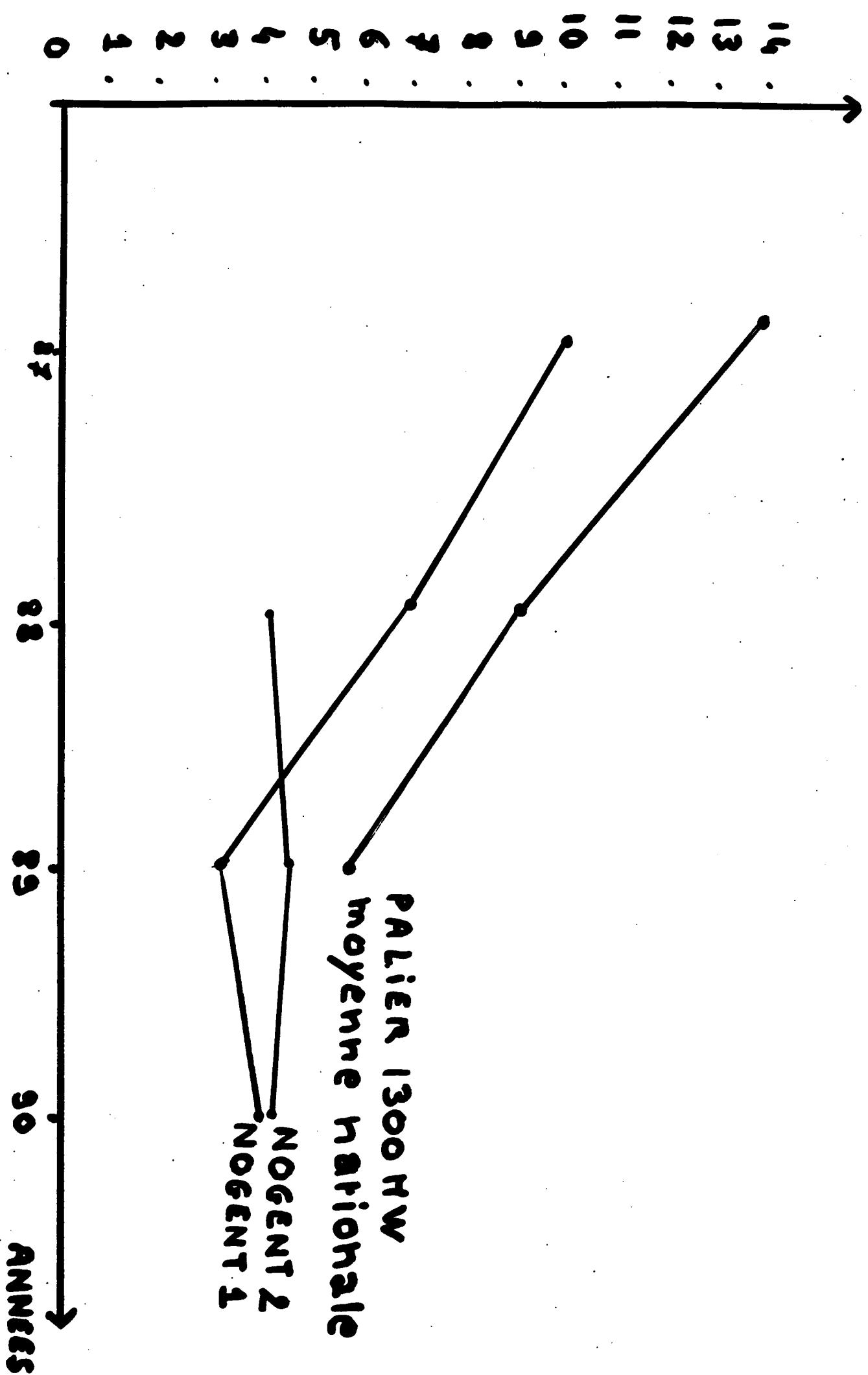


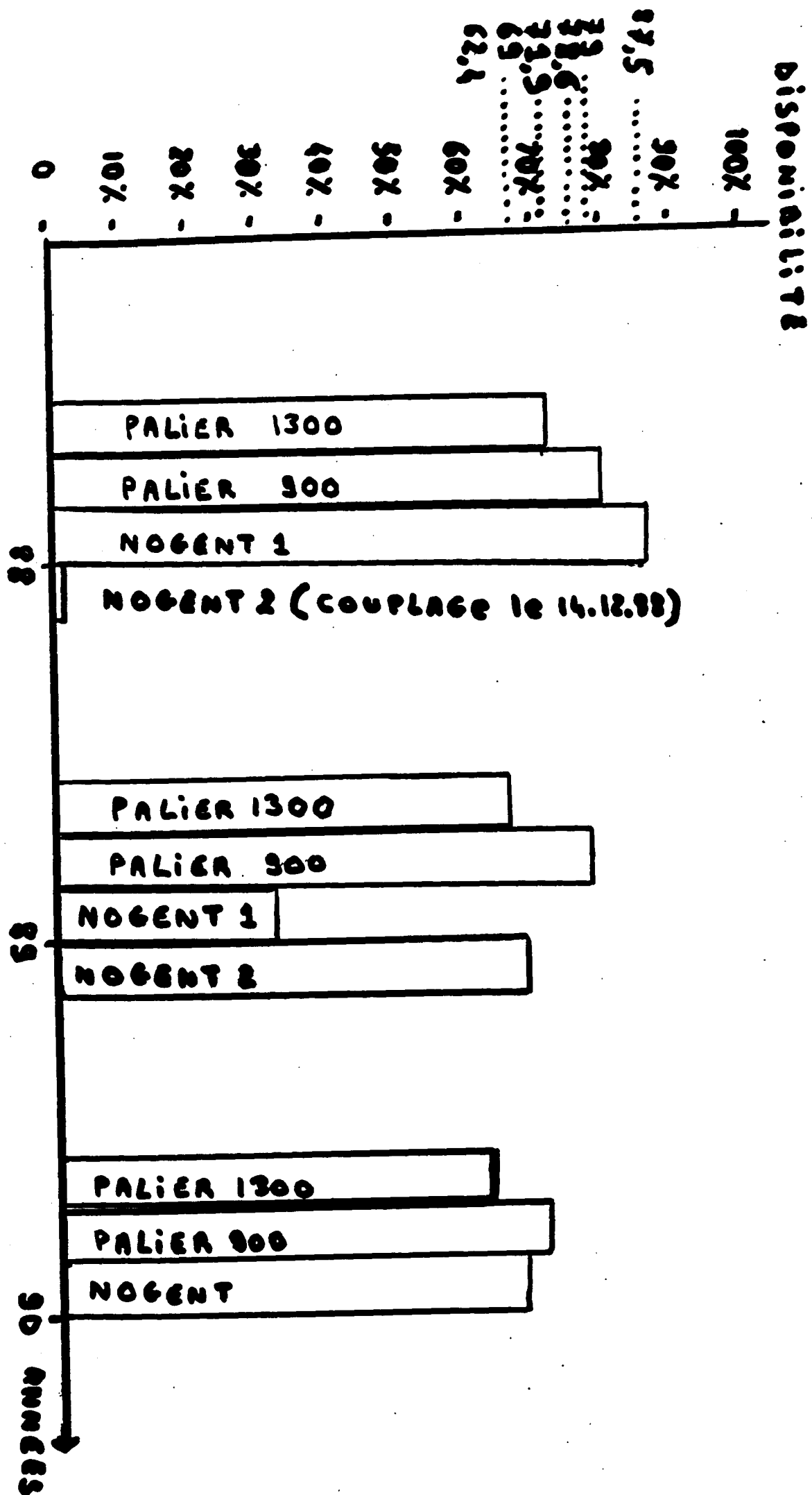
Carte IGN au 1/25000^e NOGENT-SUR-SEINE

Prélèvement : Mousses arboricoles

Bois de MARNAY

INCIDENTS SIGNIFICATIFS





REPONSE AUX QUESTIONS DE M. VIDAL

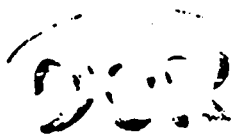
Question : Ne peut-on douter de la qualité de l'information faite par EDF lorsqu'on entend par répondeur téléphonique que "le 8 septembre un arrêt de production a eu lieu en raison de l'arrêt automatique du réacteur", cela sans explication ?

Réponse : Le 8 septembre, lors d'un réglage de la tension délivrée par l'alternateur principal, une séparation du réseau a été malencontreusement provoquée. Ce passage à zéro de la puissance est donc un arrêt de production du groupe turboalternateur. Dans ce cas, le réacteur s'arrête automatiquement.

Ceci n'est donc pas un incident à caractère nucléaire ; il n'est pas classé dans l'échelle de gravité à 6 niveaux ; il n'entre même pas dans les critères de déclaration à l'Autorité de Sûreté.

Question : Comment se fait-il que les membres de la Commission Locale d'Information de Nogent ne reçoivent plus les rapports hebdomadaires de la Centrale ?

Réponse : La Centrale n'a jamais cessé d'élaborer un rapport hebdomadaire des événements marquants qu'elle envoie, entre autres destinataires, au Sous Préfet de Nogent qui assure le secrétariat de la CLI.



RÉGION D'ÉQUIPEMENT PARIS
AMÉNAGEMENT DE NOGENT-SUR-SEINE

10400 NOGENT-SUR-SEINE

TÉL. 25 39 93 34

Monsieur le Sous-Préfet
Commissaire Adjoint de la République
Secrétaire de la Commission Locale
d'Information

Sous-Préfecture

10400 NOGENT SUR SEINE

N. / RÉF. : JML / IB 0 4430

V. / RÉF. :

OBJET : Document de synthèse sur le
"Contrôle radiologique à
NOGENT après l'accident de
TCHERNOBYL"

NOGENT-SUR-SEINE, LE 10 NOV 1987

Monsieur le Sous-Préfet, .

Je vous prie de trouver, ci-joint, un document de synthèse sur le "Contrôle radiologique à NOGENT après l'accident de TCHERNOBYL" qui doit répondre aux questions posées par des membres de la C.L.I. sur le point zéro post TCHERNOBYL et qui peut bien évidemment être communiqué.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Sous-Préfet, l'expression de mes sentiments très distingués.

C.C.I.	S. Ad. I.	S. Q.	S. R. p.	Adjoint au Chef d'établissement
CENTRALE DE NOGENT				
049485		12 NOV. 87		
G. P.		D. ...		

SL

J. LAURENT

P.J. : 1

COPIE : M. PEYRAUD

GT 087 PRD-2
JDNF-2

CONTROLE RADIOLOGIQUE A NOGENT

APRES L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL

Un constat de la radioactivité dans l'environnement du site de Nogent a été dressé pour l'étude d'impact de la centrale, quelques années avant sa mise en service : c'est le point 0 radioécologique.

Un deuxième point a été fait en Octobre et Novembre 1986 pour comparer les niveaux de radioactivité de l'environnement résultant des retombées de l'accident de Tchernobyl à ceux relevés lors du premier, et vérifier que les résultats ne modifiaient pas les conclusions de l'étude d'impact.

En ce qui concerne la radioactivité naturelle (due essentiellement au potassium 40) cette campagne de mesure a confirmé les résultats obtenus en 81-82.

1 - Résultats des mesures

En ce qui concerne la radioactivité artificielle, les principaux résultats peuvent être résumés de la façon suivante :

- l'activité de l'eau de boisson reste inférieure aux limites de détection,
- l'activité du lait en Cs 137 a augmenté de 0,08 à 17 Bq/l ; il faut lui ajouter la présence de Cs 134 qui ne figurait pas dans la première campagne de mesures (7,7 Bq/l),
- dans le foin, qui est la récolte du mois de Juin, l'augmentation d'activité selon les radioéléments est la suivante :

Cs 137 :	5	$\overline{a}$	50 Bq/kg
Cs 134 :	0	$\overline{a}$	30 Bq/kg

- dans les mousses arboricoles, qui sont un excellent bio-indicateur du niveau de la radioactivité d'origine artificielle, on note une nette élévation des teneurs en Cs 137 (de 5 à 900 Bq/kg) à laquelle il faut ajouter l'apparition de Cs 134 (380 Bq/kg),
- pour ce qui concerne les autres compartiments étudiés : légumes, sol, eau, sédiments, poissons, l'activité n'étant qu'à l'état de trace, on ne peut donner aucune valeur significative.

Ces résultats permettent de conclure que les retombées de Tchernobyl se manifestent par une augmentation en Cs 137 et l'apparition de Cs 134. Cette augmentation est surtout décelable dans le foin et le lait. L'augmentation dans le lait est due en partie au transfert foin-lait, les animaux étant nourris à l'étable à cette époque. Les correspondances entre les activités foin-lait ont été déterminées à partir d'expériences et sont utilisées dans les études de prévisions d'impact.

2 - Comparaison avec la réglementation

Pour assurer la protection des populations, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a élaboré le concept de LIAP qui est la limite d'incorporation annuelle pour le public, définie comme l'activité, qui, introduite dans l'organisme, entraîne une dose égale à la limite de dose annuelle autorisée. Cette valeur, fixée pour chaque radioélément de façon particulièrement restrictive, garantit que, si elle n'est pas dépassée, il n'y a aucun problème pour la santé publique.

En ce qui concerne le césium 134 ou 137, la LIAP est de 3.10^5 Bq.

A partir des résultats des mesures obtenus en Novembre 86 et en considérant la consommation moyenne journalière d'un adulte, la quantité totale ingérée par jour (en Cs 137 et 134) est de l'ordre de 11 Bq. La quantité ingérée en un an est donc de l'ordre du centième de la LIAP.

De même, une comparaison peut être faite avec les valeurs-repères indiquées par les Communautés Européennes, toujours pour le Cs 134 et 137, et qui sont les suivantes :

- eau de boisson	800 Bq/l
- lait	1000 Bq/l
- viande et autres denrées alimentaires	1250 Bq/kg
- alimentation pour le bétail	2500 Bq/kg

Ces valeurs sont des limites pratiques pour les contrôles en douanes, très inférieures aux limites préconisées par les experts.

Au total, il apparaît que les retombées de Tchernobyl ont été décelées (r les mesures faites dans le deuxième point O. Les valeurs trouvées sont inférieures, d'un facteur 100, aux limites de la réglementation. De plus, l'expérience montre que le césium a tendance à se fixer dans le sol et qu'ainsi l'activité dans les récoltes baisse plus rapidement que la décroissance radioactive naturelle.

L'activité due au fonctionnement de la centrale de Nogent sera elle-même encore plus faible, de sorte que la somme des deux reste négligeable.

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
DEPARTEMENT D'ETUDES ET DE RECHERCHES EN SECURITE
Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement

POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE
DU SITE DE NOGENT SUR SEINE

S O M M A I R E

- 1.- Note de synthèse de l'étude
(B. DESCAMPS, Y. BAUDIN-JAULENT, Mars 1984)
- 2.- Point zéro Hydrologique, sédimentologique et hydrobiologique
(H. MAUBERT, B. DESCAMPS, Décembre 1983)
 - 2a - Texte
 - 2b - Méthodologie
 - 2c - Tableaux
- 3.- Ecosystèmes terrestres
(L. OTTAVI, R. DISTIER, S. MARCHAND, D. CARRERE, Octobre 1983)
 - 3a - Texte
 - 3b - Annexes I et II
- 4.- Mesure du rayonnement Gamma ambiant
(T. MARINI, L. OTTAVI, C. SOYER, Juin 1982)
 - 4a - Texte
 - 4b - Méthodologie
 - 4c - Cartes

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
INSTITUT DE PROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE
DEPARTEMENT D'ETUDES ET DE RECHERCHES EN SECURITE
Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement

**RAPPORT
DEFINITIF**

6



**POINT ZÉRO RADIOÉCOLOGIQUE
DU SITE DE NOGENT SUR SEINE**

B. DESCAMPS, Y. BAUDIN-JAULENT

Laboratoire de Radioécologie des eaux continentales

Etude faite à la demande d'E.D.F./R.E.P.

Contrat n° 1305

MARS 1984

LISTE DE DIFFUSION
DU POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE
DU SITE DE NOGENT SUR SEINE

N° 1	E.D.F-R.E.P.
N° 2	"
N° 3	"
N° 4	"
N° 5	"
N° 6	E.D.F-S.E.I.
N° 7	C.E.A-I.P.S.N-D.E.R.S.
N° 8	C.E.A-I.P.S.N-D.E.R.S-S.E.R.E.
N° 9	C.E.A-I.P.S.N-D.E.R.S-S.E.R.E-S.R.A.
N° 10	C.E.A-I.P.S.N-D.E.R.S-S.E.R.E-S.R.P.
N° 11	C.E.A-I.P.S.N-D.E.R.S-S.E.R.E-S.R.T.C.M.
N° 12	C.E.A-I.P.S.N-D.E.R.S-S.E.R.E-S.R.T.C.M.
N° 13	C.E.A-I.P.S.N-D.E.R.S-S.E.R.E-S.R.T.C.M.

SOMMAIRE

	Page
Chapitre 1 : But de l'étude	1
Chapitre 2 : Le domaine aquatique	2
2.1. L'HYDROLOGIE	2
2.1.1. Activité en strontium et en tritium	2
2.1.2. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li	4
2.2. LA SEDIMENTOLOGIE	5
2.2.1. Les mesures radioactives	5
2.2.1.1. Résultats obtenus par sonde trainée	5
2.2.1.2. Résultats obtenus par spectrométrie γ NaI	6
2.2.1.3. Résultats obtenus par spectrométrie γ Ge-Li	6
2.2.2. Relation entre le niveau de radioactivité observé et les caractéristiques granulométriques, la capacité d'échange et la minéralogie	8
2.2.2.1. Influence de la granulométrie	8
2.2.2.2. Influence de la capacité d'échange	10
2.2.2.3. Influence de la minéralogie	10
2.3. LES VEGETAUX	11
2.3.1. Mesure du strontium 90 par radiochimie	11
2.3.2. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li	11
2.4. LES POISSONS	13
2.4.1. Mesure du strontium 90 par radiochimie	13
2.4.2. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li	13

	Page
Chapitre 3 : Le domaine terrestre	15
3.1. LES EAUX	15
3.1.1. Les eaux de pluie	15
3.1.1.1. Les mesures β total et α	15
3.1.1.2. La mesure du tritium	17
3.1.1.3. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li	17
3.1.2. Les eaux de boisson et d'irrigation	17
3.1.2.1. La chimie des eaux	17
3.1.2.2. Les mesures β total et α	18
3.1.2.3. La mesure du tritium	18
3.1.2.4. La mesure radiochimique du strontium 90	18
3.1.2.5. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li	19
3.2. LES VEGETAUX	19
3.2.1. Les herbages et le fourrage	19
3.2.1.1. La mesure β total	19
3.2.1.2. La mesure radiochimique du strontium 90	19
3.2.1.3. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li	19
3.2.2. Les végétaux cultivés et les légumes	21
3.2.2.1. La mesure β total	21
3.2.2.2. La mesure radiochimique du strontium 90	21
3.2.2.3. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li	21
3.3. LE LAIT	21
3.4. LES PRODUITS TRANSFORMES	23
3.5. LES SOLS	24
Chapitre 4 : Le rayonnement γ ambiant	25
Chapitre 5 : Conclusion	26

CHAPITRE 1

BUT DE L'ETUDE

Avant la mise en service d'une installation nucléaire, la réglementation impose de définir l'état radioécologique de référence de son environnement (1). Cette étude permet de déceler et de mesurer la radioactivité, d'origine naturelle et artificielle, et de mettre en évidence les espèces et les zones qui sont les plus aptes à concentrer les radionucléides qui se trouvent dans les rejets liquides ou gazeux.

La centrale nucléaire de NOGENT SUR SEINE, composée de deux réacteurs de 1 300 MWe, est implantée sur la rive droite de la SEINE à 3 km en amont de NOGENT SUR SEINE, à 32 km de MONTEREAU et à 60 km de MELUN. A la date de nos prélèvements l'environnement du site est soumis aux seules retombées atmosphériques. Pour ce "point zéro radioécologique" nous avons étudié les milieux aquatique et terrestre et mesuré le rayonnement gamma ambiant.

Le milieu aquatique est principalement influencé par les rejets liquides, les mesures ont été faites sur l'eau de la SEINE, les végétaux aquatiques et semi-aquatiques, les poissons et les sédiments.

Le milieu terrestre est soumis aux rejets gazeux mais aussi, essentiellement par l'intermédiaire de l'eau d'irrigation, aux rejets liquides. Les mesures ont porté sur les eaux de pluie, de boisson et d'irrigation, les productions végétales, les sols, le lait et les produits transformés. Nous avons également mesuré le gamma ambiant.

(1) Arrêté ministériel du 10 août 1976 (J.O. du 12 septembre 1976).

CHAPITRE 2

LE DOMAINE AQUATIQUE

La carte n° 1 et le tableau n° 1 résument les principales données relatives aux prélèvements et aux mesures. L'étude hydrologique, sédimentologique et hydrobiologique concerne la SEINE et bras morts, noues, étangs et ruisseaux entre MARNAY SUR SEINE et SAINT SAUVEUR LES BRAY, soit un bief d'environ 45 kilomètres.

2.1. L'HYDROLOGIE

Trois prélèvements d'eau ont été réalisés ; le premier du 30.07. au 31.07.1981 - le débit de la SEINE était moyen soit $49 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, le deuxième du 09.11. au 11.11.1981 - la SEINE était en crue avec un débit de $105 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ - et le troisième du 22.06 au 23.06.1982 - la SEINE ayant un débit de $16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ - .

2.1.1. Activité en strontium et en tritium

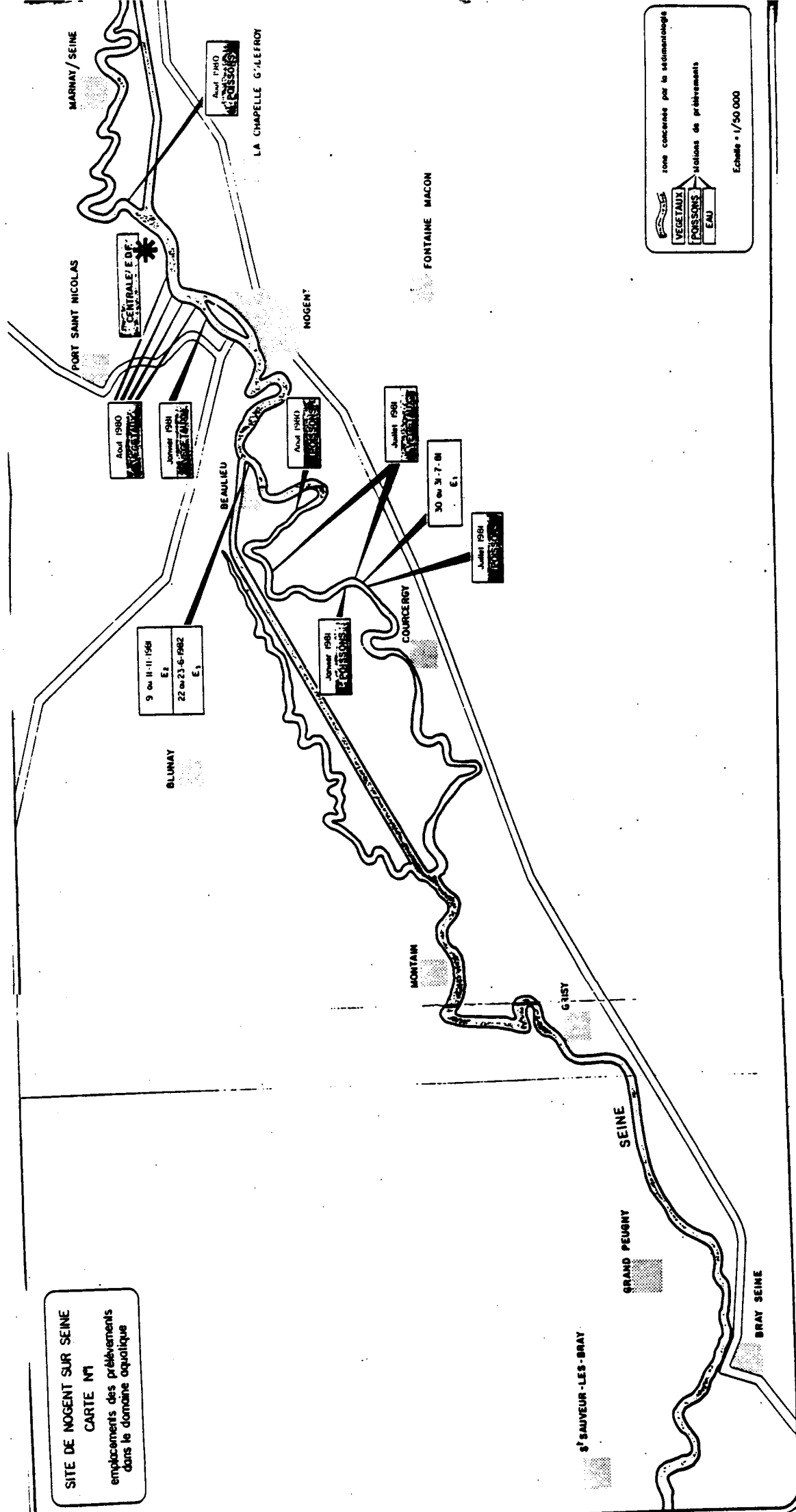
. Le strontium 90

Dans tous les cas la mesure du strontium 90 est inférieure à la limite de détection.

. Le tritium

Les niveaux d'activité du tritium se situent au dessus des valeurs habituellement rencontrées dans les autres grandes rivières françaises (tableau n° 2).

SITE DE NOGENT SUR SEINE
CARTE N°1
emplacements des prélèvements
dans le domaine aquatique



zone concernée par la sédimentologie

VEGETAUX
POISSONS
EAU

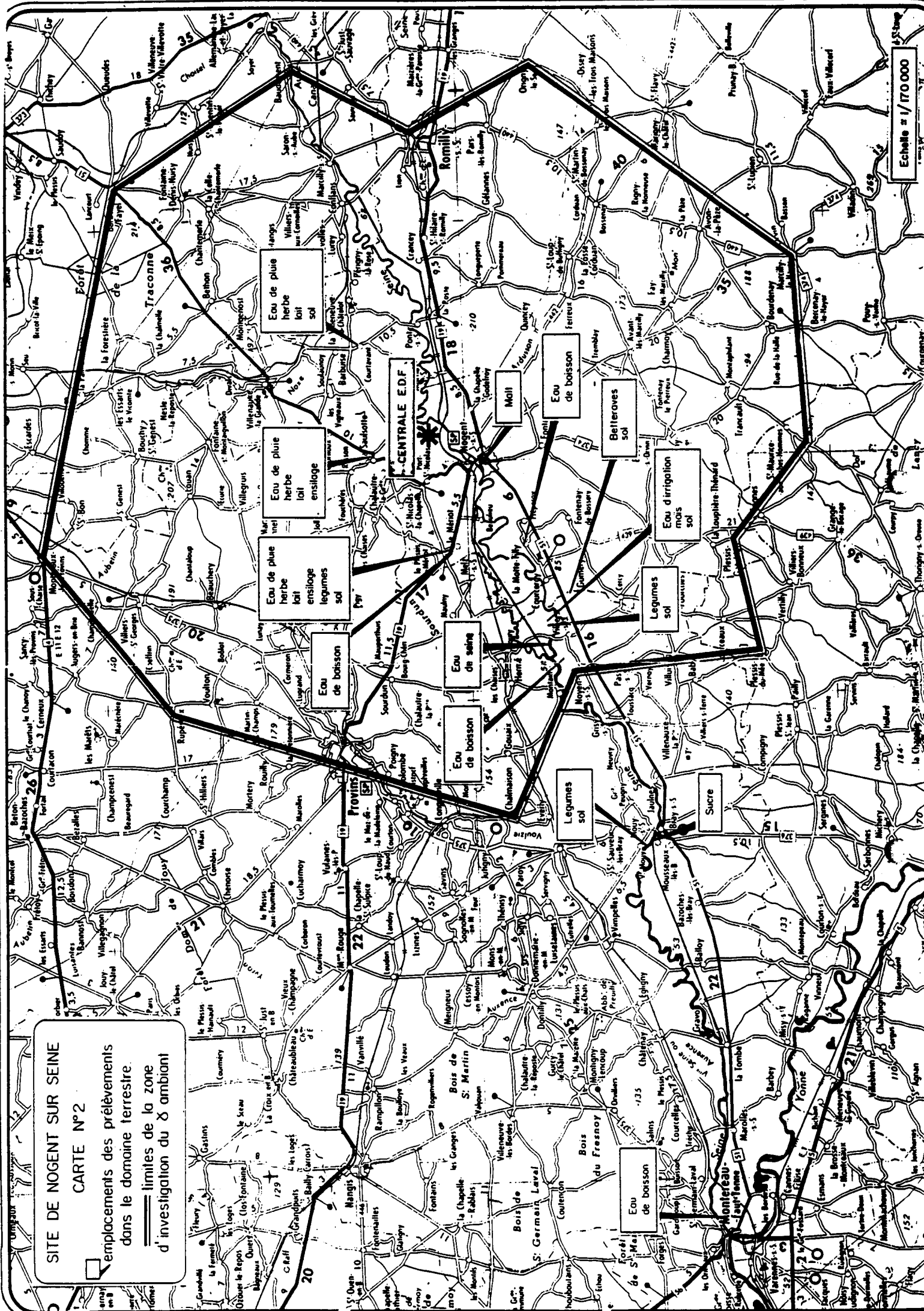
stations de prélèvements

Echelle - 1/50 000

SITE DE NOGENT SUR SEINE

CARTE N°2

□ emplacements des prélèvements
 dans le domaine terrestre.
 — limites de la zone
 d'investigation du δ ambiant



Echelle = 1/170 000

Tableau n° 1

PRELEVEMENTS ET MESURES REALISES
DANS LE DOMAINE AQUATIQUE
HYDROLOGIE - SEDIMENTOLOGIE ET HYDROBIOLOGIE

HYDROLOGIE			VEGETAUX		
RELÈVES ET PRELEVEMENTS	ANALYSES ET MESURES	NOMBRE	PRELEVEMENTS	ANALYSES ET MESURES	NOMBRE
<u>Au niveau de Nogent</u>			<u>Entre centrale et Nogent</u>		
. 1 profil rive droite	Température - Bathymétrie	9, 9	. Cératophylle	Potassium	7
. 1 profil milieu	Vitesse - Conductivité	9, 9	. Iris pa. ps (4)	Calcium	7
. 2 profil rive gauche			. Myriophylle	γ Co-Li	7
novembre 1981			. Nénuphar pa. ps	90Sr	2
			. Renoncules		
1 prélèvement eau aval	γ Co-Li, ³ H, ⁹⁰ Sr	3, 1, 1	Août 1980		
d = 49 m ³ .s ⁻¹ . Camping de la			Nogent - Janvier 1981		
Notte-Tilly - Juillet 1981			. Fontinale	Potassium - Calcium - γ Co-Li	1
1 prélèvement eau	γ Co-Li, ³ H, ⁹⁰ Sr	3, 1, 1	La Notte-Tilly -		
d = 105 m ³ .s ⁻¹ . Ruisseau de			Juillet 1981		
l'écluse de Soullieu -			. Cératophylle	Potassium	4
Novembre 1981			. Fontinale	Calcium	4
1 prélèvement eau	γ Co-Li, ³ H, ⁹⁰ Sr	3, 1, 1	. Myriophylle	γ Co-Li	4
d = 16 m ³ .s ⁻¹ . Ruisseau de			. Renoncules	90Sr	1
l'écluse de Soullieu -					
Juin 1982					
SEDIMENTOLOGIE - Novembre 1981			POISSONS		
40 km de sonde traînée	γ global, γ NaI		<u>Aval immédiat du site</u>		
36 km de dragage des fonds	γ global, γ NaI	29, 29	Août 1980		
Prélèvements sur berges	γ global, γ NaI	36, 36	. Brochet	Caractéristiques bioélectriques	63
Prélèvements cours d'eau	γ global, γ NaI	28, 28	. Chevaline	Potassium - Calcium	5, 5
Prélèvements sur plage	γ global, γ NaI	2, 2	. Gardon	γ Co-Li	5
Prélèvements bassin			. Perche	90Sr	3
de décantation	γ global, γ NaI	2, 2	. Tanche		
Prélèvements dans entreprise			La Notte-Tilly		
d'extraction de graviers	γ global, γ NaI	2, 2	Août 1980		
Prélèvements dans la Voulzie	γ global, γ NaI	3, 3	. Barbeau	Caractéristiques bioélectriques	94
Prélèvements composites	γ Co-Li	14	. Brème bordelière	Potassium - Calcium	9, 9
Mesures sédimentologiques (1)	Caractéristiques physico-	14	. Chevaline (5)	γ Co-Li	9
chimiques (2)	Minéralogie globale et des argiles	3	. Gardon	90Sr	1
Minéralogie globale et des argiles	Analyse totale (3)	3	. Lotte		
Analyse totale (3)			La Notte-Tilly		
Prélèvements composites	γ Co-Li, ⁹⁰ Sr	2, 2	Janvier 1981		
Mesures sédimentologiques		2	. Brème (5)	Caractéristiques bioélectriques	6
Caractères physico-chimiques		2	. Chevaline	Potassium - Calcium - γ Co-Li	8, 8, 8
Minéralogie globale et des argiles		2		90Sr	2
Analyse totale		2	La Notte-Tilly		
			Juillet 1981		
			. Barbeau	Caractéristiques bioélectriques	4
			. Brochet	Potassium - Calcium	1, 1
			. Sandre	γ Co-Li, ⁹⁰ Sr	3, 3

- (1) Elles comprennent : poids spécifique du mélange eau-sédiment, poids spécifique apparent, teneur en eau
 (2) Elles comprennent : granulométrie, pH eau et Kcl éléments échangeables et hydrosolubles, calcaire total et actif
 (3) Elles comprennent : SiO₂, CaO, Al₂O₃, MgO, K₂O, Na₂O, TiO₂, Fe₂O₃
 (4) pa - parties aériennes, ps - parties souterraines
 (5) Espèces disséquées

Tableau n° 2

COMPARAISON DES ACTIVITES EN TRITIUM DES EAUX
DE PLUSIEURS SITES FRANCAIS SOUMIS AUX SEULES RETOMBEES

SITE	PRELEVEMENTS	DATE	ACTIVITE EN Bq.l ⁻¹
NOGENT SUR SEINE	E1	30 au 31.07.1981	23,4 ± 0,5
	E2	09 au 11.11.1981	29 ± 0,6
	E3	22 au 23.06.1982	13,4 ± 0,6
VILLIERS		08.07.1982	27 ± 0,6
CREYS	E1	21 au 24.04.1980	14,8 ± 7,4
	E2	25 au 25.06.1980	11,1 ± 5,5
CATTENOM (1)	M1	02.02.1982	7,1 ± 0,6
	G1	02.02.1982	6,5 ± 0,5

(1) Document à paraître

Cette activité pourrait s'expliquer par le fait que les niveaux d'activité des eaux de pluie de la région parisienne sont supérieurs à ceux obtenus dans d'autres régions françaises. Il faut également citer la possibilité d'un stockage, dans les formations crayeuses de la région, d'une eau marquée par l'activité importante de 1950 à 1962 due aux explosions nucléaires aériennes (avant l'accord russo-américain de 1963).

2.1.2. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li

Une mesure séparée, pour chaque échantillon prélevé, du filtre, des résines et du charbon permet d'évaluer l'activité naturelle et artificielle associées aux matières en suspension, à la fraction dissoute et à la fraction non polaire.

- L'activité naturelle

Dans les trois prélèvements elle est due essentiellement au potassium 40 et à la famille de l'uranium 238. L'activité du potassium 40 associé aux M.E.S. a pour valeurs limites 1 et 398 mBq.l^{-1} , en ce qui concerne la fraction dissoute les valeurs sont comprises entre 18,6 et 142 mBq.l^{-1} . Les activités naturelles sont faibles et comparables à celles relevées sur les autres sites étudiés.

- L'activité artificielle

Seul le ^{137}Cs a été décelé dans le premier prélèvement et cela à un niveau très faible : $1,4 \pm 1 \text{ mBq.l}^{-1}$ associé aux M.E.S. et $0,5 \pm 0,5 \text{ mBq.l}^{-1}$ sous forme dissoute, c'est typiquement ce qui est obtenu sur des sites soumis aux seules retombées des tirs atmosphériques.

2.2. LA SEDIMENTOLOGIE

L'étude des dépôts sédimentaires s'est faite du 26.10 au 27.11.1981. La mesure de l'activité γ globale ainsi qu'une spectrométrie qualitative, γ NaI, des dépôts sont réalisées pendant la campagne de prélèvement. Elles ont permis de constituer des échantillons dits "composites", représentatifs d'une zone de dépôts, sur lesquels seront effectués les mesures radioactives quantitatives et sédimentologiques.

2.2.1. Les mesures radioactives

2.2.1.1. Résultats obtenus par sonde traînée

L'activité γ globale des fonds, mesurée par la technique de la sonde traînée varie de 20 à 75 chocs/secondes, ces résultats sont identiques à ceux obtenus sur d'autres sites français.

2.2.1.2. Résultats obtenus par spectrométrie γ NaI

Les échantillons de 4 litres sont mesurés en spectrométrie γ NaI. La mesure obtenue va de 6 à 25 chocs/seconde (1). La spectrométrie γ NaI a révélé la présence dans tous les échantillons de potassium 40 et des éléments de la famille de l'uranium 238. Aucun radionucléide artificiel n'a été décelé.

2.2.1.3. Résultats obtenus par spectrométrie γ Ge-Li

Ces mesures sont effectuées sur 16 échantillons composites dont 1 pour les boues de décantation (B2) et 3 pour l'étude de l'influence de la granulométrie (Z'A, Z'B, Z14).

Origine et nature des échantillons	Sable de la SEINE Lit + berges	Sables des ruisseaux et étangs LA VOULZIE	Vases SEINE et canaux	Vases des ruisseaux et étangs	Gravières	Bassins de décantation
	Z1, Z8, Z10, Z11, Z13	Z3, Z5	Z7, Z9, Z12, Z14	Z4	Z6	B2

- L'activité naturelle

L'activité naturelle dans les échantillons est essentiellement due au potassium 40 avec des activités allant de 21 ± 7 à 160 ± 30 Bq.kg⁻¹, ces valeurs sont plus faibles que celles trouvées sur d'autres sites français, ceci provenant sans doute de la large prédominance de calcaire sur ce site. On trouve également de l'uranium 238 (de 4 ± 2 à 22 ± 8 Bq.kg⁻¹), du radium 226 (de 7 ± 4 à 22 ± 10 Bq.kg⁻¹) et des nucléides de la famille du thorium ($^{232}\text{th} + ^{228}\text{Ac}$) avec des activités comprises entre 3 ± 2 et 21 ± 5 Bq.kg⁻¹. On constate la présence du béryllium ~ 7 dans deux échantillons de sables des berges. On note dans un échantillon de boues de décantation une activité naturelle plus élevée.

(1) Avec déduction du bruit de fond.

- L'activité artificielle

Trois radionucléides ont été décelés : le césium 137, le cérium 144 + praséodyme 144 et le niobium 95.

. Le césium 137 a été détecté dans tous les échantillons sauf un ; les niveaux d'activité varient de $0,6 \pm 0,2$ à 20 ± 2 Bq.kg⁻¹, les valeurs allant en augmentant quand le sédiment est constitué de particules plus fines et de matière organique. Le ¹³⁷Cs provient des retombées atmosphériques (tableau n° 3).

Tableau n° 3

NIVEAUX D'ACTIVITE ARTIFICIELLE
DES ECHANTILLONS COMPOSITES
PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE

Résultats en Bq.kg⁻¹ sec

ORIGINE DES ECHANTILLONS COMPOSITES	¹³⁷ Cs	¹⁴⁴ Ce + ¹⁴⁴ Pr	⁹⁵ Nb
Sables de la SEINE : lit + berges	0,4-1,7	0,8-1,2 (1) 1/4	0,5-1,5 3/4
Sables des ruisseaux et étangs : LA VOULZIE	2,2- 5	1,3-2,1 1/2	0,7-1,5 1/2
Vases : SEINE et canaux	5 - 22	0 -13 3/4	1 - 9 3/4
Vases des ruisseaux et étangs	10 - 14	5,9-7,7	3,3-4,9
Gravières	≤ 0,5	≤ 1	≤ 1
Bassins de décantation	15 - 23	6 - 10	≤ 4

(1) Nombre de mesures significatives

. Le couple cérium 144 et praséodyme 144 a été décelé dans 8 échantillons ; les valeurs significatives s'échelonnent entre $1 \pm 0,2$ et 12 ± 1 Bq.kg⁻¹.

. Le niobium 95 a été détecté dans 9 échantillons, les valeurs significatives s'échelonnent entre $0,8 \pm 0,3$ et 8 ± 1 Bq.kg⁻¹.

Dans le cas des boues de décantation l'activité artificielle est du même ordre de grandeur. Ces deux derniers nucléides proviennent probablement du tir chinois d'octobre 1980.

2.2.2. Relation entre le niveau de radioactivité observé et les caractéristiques granulométriques, la capacité d'échange et la minéralogie

2.2.2.1. Influence de la granulométrie

. Sur l'activité naturelle

L'activité naturelle croît avec la diminution de la taille des particules, ceci pour tous les échantillons, cela est vrai pour le site de NOGENT SUR SEINE mais ce n'est pas une règle générale. Les sédiments grossiers du bassin séquanien sont essentiellement des calcaires qui sont des roches peu actives, mais certains échantillons contiennent jusqu'à 30 % d'argiles, ce sont ceux là qui ont l'activité la plus importante (pour l'uranium jusqu'à 22 ± 5 Bq.kg⁻¹).

. Sur l'activité artificielle

L'étude a porté uniquement sur le ¹³⁷Cs (dont l'activité varie de 0,4 à 23 Bq.kg⁻¹), l'activité en ¹³⁷Cs croît avec la finesse des particules (figure 1), ce qui est conforme à tout ce qui a pu être observé sur d'autres sites. La fixation du radionucléide dépend surtout de la surface d'échange sédiment-eau.

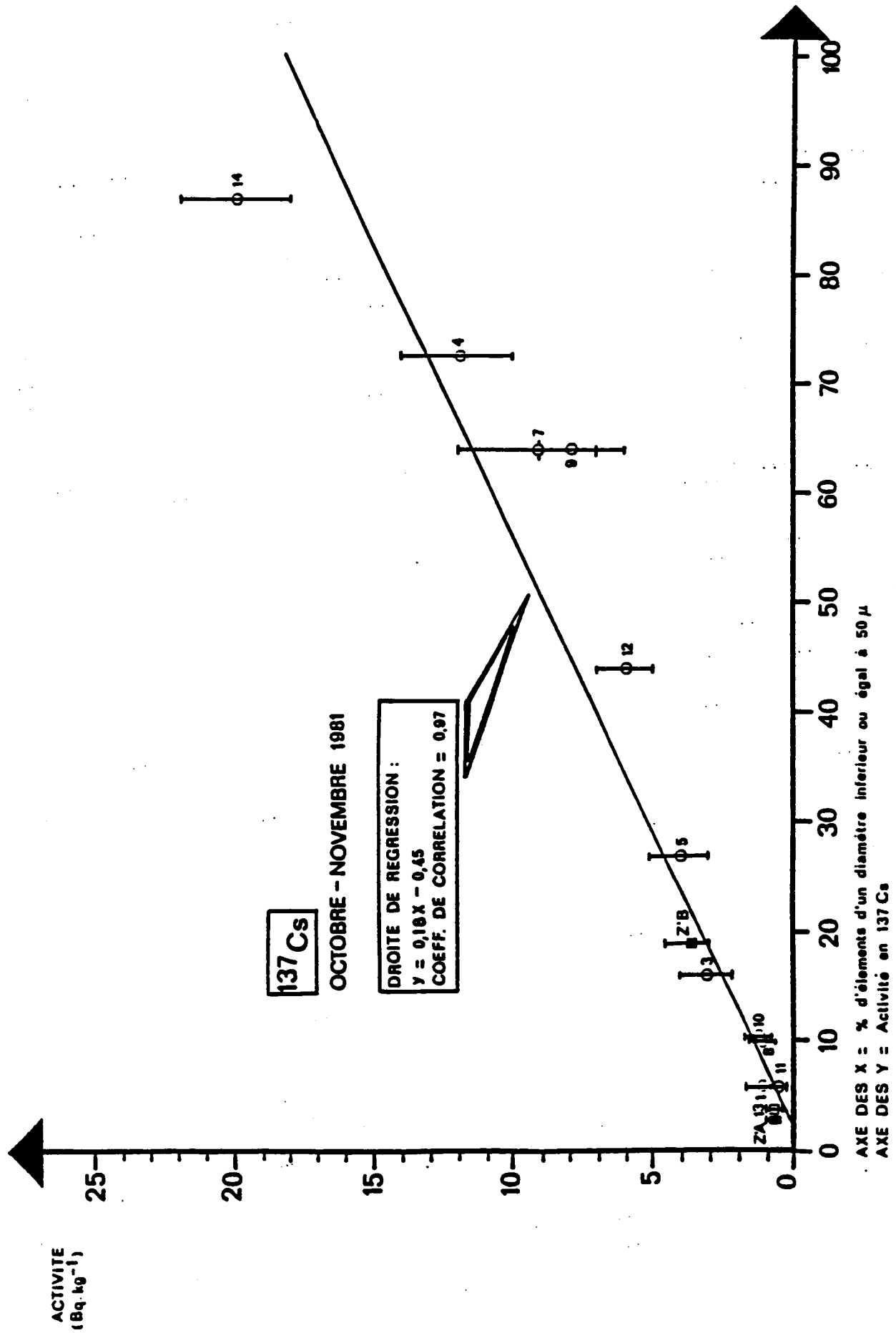


FIGURE 1 - RELATIONS ENTRE L'ACTIVITE EN ^{137}Cs ET LA GRANULOMETRIE DES ECHANTILLONS DE SEDIMENTS DE NOGENT-sur-SEINE

2.2.2.2. Influence de la capacité d'échange

Nous avons étudié la corrélation entre la capacité d'échange et un radionucléide artificiel, le ^{137}Cs . Nous constatons que l'activité du ^{137}Cs augmente en fonction de la capacité d'échange (tableau n° 4) et du pourcentage de calcaire actif (c'est un calcaire finement divisé donc plus apte à fixer le ^{137}Cs).

Tableau n° 4

INFLUENCE DE LA CAPACITE D'ECHANGE SUR L'ACTIVITE EN ^{137}Cs DANS LES SEDIMENTS

CAPACITE D'ECHANGE EN meq/100 g	ACTIVITE EN ^{137}Cs EN Bq.kg ⁻¹
entre 1,3 et 4,2	$^{137}\text{Cs} < 1$
entre 3,2 et 7,6	$1 < ^{137}\text{Cs} < 5$
entre 14,7 et 15,3	$5 < ^{137}\text{Cs} < 10$
entre 13,3 et 23,8	$^{137}\text{Cs} > 10$

2.2.2.3. Influence de la minéralogie

On trouve une nette dominance de la calcite sur les autres minéraux, soit de 59 % pour les matériaux les plus fins (Z4) à 94 % pour les très grossiers (Z11) ; on remarque que le cortège argileux est surtout constitué de smectites (49 à 71 %), les smectites sont des argiles à feuillets extensibles qui présentent de très fortes capacités d'échange, elles prennent une part prépondérante dans le processus de fixation.

2.3. LES VEGETAUX

Ce sont de bons indicateurs du niveau d'activité en milieu aquatique. Trois campagnes de prélèvements se sont déroulées du 26 au 31.08.1980, du 27 au 31.01.1981 et du 30.07 au 01.08.1981, afin de tenir compte des variations de leur activité physiologique et des changements, toujours possibles, du niveau des retombées atmosphériques. Les lieux et les dates de prélèvements sont portés dans la carte n° 1.

2.3.1. Mesure du strontium 90 par radiochimie

Trois mesures de strontium ont été réalisées sur les végétaux aquatiques, les valeurs obtenues sont inférieures ou égales à $6,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$, ces niveaux sont ceux que l'on rencontre dans des zones soumises aux seules retombées.

2.3.2. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li

Les résultats portent sur cinq genres aquatiques et un genre semi-aquatique. Les résultats sont regroupés dans le tableau n° 5.

. L'activité naturelle

Le potassium 40 est le radionucléide dont l'activité est la plus abondante, de 250 ± 28 à $2\,750 \pm 255 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$. Pour les familles de l'uranium 238 et du thorium 232, les teneurs sont beaucoup plus faibles mais presque toujours significatives. Le béryllium 7, d'origine cosmique, est présent 10 fois sur 12 ; les niveaux d'activité vont de $23,7 \pm 3$ à $116 \pm 14 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$, il semble y avoir des variations inter-spécifiques assez importantes.

. L'activité artificielle

Le césium 137 est décelé dans tous les échantillons - entre $0,3$ et $6,4 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$.

Tableau n° 5

ACTIVITE NATURELLE ET ARTIFICIELLE DES VEGETAUX PRELEVES
SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

Résultats en Bq.kg⁻¹ sec

RADIOISOTOPES LIEUX ESPECES EDIBLES DE PRELEVEMENT	NATURELS						ARTIFICIELS					
	²³⁸ U → ²³⁴ Pa	²²⁶ Ra	²³² Th → ²²⁸ Ac	⁴⁰ K	⁷ Be	¹³⁷ Cs	¹⁴⁴ Co, ¹⁴⁴ Pr	⁹⁵ Nb	¹⁰³ Ru	⁹⁵ Zr	¹⁰⁶ Rh, ¹⁰⁶ Ru	⁵⁴ Mn
Entre la centrale et Nogent - Août 1980												
• Cératophylle	10,7 ± 2,2	0,5 ± 2,2	0,5 ± 2,2	1 175 ± 110	30,2 ± 4,3	4,4 ± 1,1						
• Iris (<i>Sensu lat.</i>)												
parties aériennes	≤ 10,3	2,0 ± 0,8	2,4 ± 0,4	410 ± 52	40 ± 4	1,2 ± 0,4						
parties souterraines	2,5 ± 0,85	1,4 ± 0,6	1,9 ± 1,1	250 ± 20	11,4 ± 1,7	1,1 ± 0,3						
• Myriophylle	28,1 ± 6,5	10,7 ± 0,5	10,7 ± 2,2	1 040 ± 130	116 ± 13	4,3 ± 1,3						
• Monophar :												
parties aériennes	0,5 ± 0,5	3,0 ± 1,8	0,3 ± 1,0	1 340 ± 135	≤ 0,3	1,1 ± 0,4						
parties souterraines	3,5 ± 2,7	2 ± 1,5	3,5 ± 1	810 ± 105	≤ 4,0	0,5 ± 0,2						
• Ranunculus	3,8 ± 0,9	7,6 ± 1,8	5,7 ± 0,9	1 040 ± 96	23,7 ± 3	3 ± 0,5						
Nogent - Janvier 1981												
• Fontinale	≤ 30,3	7,1 ± 4,1	10,3 ± 6,1	345 ± 71	101 ± 13	2,5 ± 0,8	32,6 ± 4,4	30,5 ± 5,2	30,5 ± 5,2	20,5 ± 5,2	22,2 ± 10,4	
La Motte-Lilly - Juillet 1981												
• Cératophylle	5,1 ± 1	3,1 ± 2	5,1 ± 1	2 160 ± 155	30 ± 3,1	1,7 ± 0,4	30,6 ± 10,4	10,5 ± 1	1,8 ± 0,2	10,4 ± 1	≤ 0,4	2,4 ± 0,2
• Fontinale	24 ± 5,2	17,0 ± 10	12,6 ± 5	345 ± 115	110 ± 14	3,0 ± 2,6	94 ± 2,6	74 ± 7,6	11,5 ± 2,6	30 ± 6,3	94 ± 15,6	≤ 1,3
• Myriophylle	7,2 ± 5,4	10,1 ± 0,9	5,4 ± 1,9	875 ± 270	44,8 ± 5,4	2,5 ± 0,9	21,4 ± 3,6	30,3 ± 3,7	≤ 0,4	14,4 ± 1,9	≤ 10,8	≤ 0,9
• Ranunculus	5,4 ± 1,3	2,6 ± 2,6	6,5 ± 2,6	2 750 ± 255	26,6 ± 3,8	1,0 ± 0,5	20 ± 2,6	23,1 ± 2,3	3 ± 0,5	11,5 ± 2,6	20,4 ± 2,6	2,2 ± 0,3

Six autres radionucléides artificiels ont été trouvés seulement dans les végétaux prélevés en janvier et juillet 1981, après l'explosion chinoise du 16 octobre 1980 ; le niveau d'activité maximal est de $94 \pm 15,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ sec pour le $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ dans le cas de la Fontinale prélevée en juillet 1981. La Fontinale (mousse aquatique) semble être un meilleur radioindicateur que les autres végétaux.

2.4. LES POISSONS

Les pêches ont été réalisées en même temps que la récolte des végétaux, les lieux et les dates de prélèvements sont portés sur la carte n° 1. On a capturé le barbeau, la brème commune, la brème bordelière, le brochet, le chevesne, le gardon, la lotte, la perche commune, le sandre et la tanche.

2.4.1. Mesure du strontium 90 par radiochimie

Neuf mesures du strontium ont été effectuées. Dans tous les cas les valeurs sont inférieures ou égales à $0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais. Ces résultats témoignent de la faiblesse actuelle des retombées en strontium 90.

2.4.2. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li

Le tableau n° 6 résume les résultats relatifs aux mesures effectuées sur les poissons entiers.

Tableau n° 6

ACTIVITES NATURELLE ET ARTIFICIELLE DES POISSONS PECHES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

Résultats en Bq.kg^{-1} frais

CAMPAGNE DE PECHES	ACTIVITE NATURELLE					ACTIVITE ARTIFICIELLE ^{137}Cs	
	$^{238}\text{U} + ^{234}\text{Pa}$	^{226}Ra	$^{232}\text{Th} + ^{228}\text{Ac}$	^{40}K			
Aval immédiat du site Août 1980	0 - 1,5	0 - 1,1	0 - 0,4	53-140	(1) 80	0,03-0,61	(2) 3/5
La Motte Tilly Août 1980	-	0,5- 3,2	-	62-100	79	0-0,90	2/4
La Motte Tilly Janvier 1981	0,1 - 1,3	0 - 0,5	-	60-100	79	0,03-0,25	2/2
La Motte Tilly Juillet 1981	0 - 6	0 - 7,2	-	71-151	112	0-0,75	3/3

(1) Moyenne des valeurs

(2) Nombre de mesures significatives

. L'activité naturelle

Le potassium 40 est le radionucléide qui, pris individuellement, présente le niveau d'activité maximal ; la moyenne des valeurs pour des poissons mesurés entiers est d'environ 80 Bq.kg^{-1} frais. Les autres radionucléides naturels ont des niveaux d'activité très faibles. Le béryllium 7 n'est pas décelé chez les poissons, ce qui est habituel.

. L'activité artificielle

Elle est due uniquement au césium 137. Il est présent dans les poissons entiers à des teneurs significatives dans 10 cas ; la moyenne de ces 10 valeurs est d'environ $0,15 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais. Cette moyenne est faible car le site de NOGENT SUR SEINE n'est soumis qu'aux seules retombées atmosphériques. Pour les parties consommées on ne constate pas de différences significatives entre eux.

On constate que les végétaux sont beaucoup plus "marqués" que les poissons, en effet on décèle 7 radionucléides artificiels alors que pour les poissons on n'en trouve qu'un seul. Les végétaux sont de meilleurs radioindicateurs que les poissons puisqu'ils ont "enregistrés" l'explosion d'octobre 1980.

CHAPITRE 3

LE DOMAINE TERRESTRE

La campagne de prélèvements s'est déroulée sur une période d'un an, de septembre 1981 à août 1982. Le choix des stations a été motivé par divers paramètres : observations météorologiques, géologie, hydrogéologie, hydrologie... La carte n° 2 et le tableau n° 7 résument les principaux prélèvements et mesures effectués. La partie concernée par l'écosystème terrestre va de MONTEREAU à COURTAVANT.

3.1. LES EAUX

3.1.1. Les eaux de pluie

Les prélèvements se font mensuellement aux stations de COURTAVANT, La SAULSOTTE et le MERIOT. Compte tenu de la direction - Sud Ouest - des vents dominants la station de COURTAVANT pouvait être influencée par les rejets atmosphériques de la centrale.

3.1.1.1. Les mesures β total (1) et α

Les mesures portent sur l'eau brute et l'eau filtrée. On note une augmentation de l'activité β total dans les trois stations entre le 07.07.1982 et le 25.08.1982, avec une valeur maximale de 800 mBq.l^{-1} à COURTAVANT du 29.07. au 25.08.1982, et la station de COURTAVANT du 09.04.1982 au 11.05.1982 et à la station de la SAULSOTTE du 11.05.1982 au 11.06.1982.

L'activité α est toujours inférieure ou égale à la limite de détection soit 111 mBq.l^{-1} .

(1) Les mesures " β total" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

Tableau n° 7

PRELEVEMENTS ET MESURES EFFECTUES DANS LE DOMAINE TERRESTRE

PRELEVEMENTS	LIEUX	MESURES ET ANALYSES	NOMBRE DE MESURES	DATES	PERIODICITE
Eaux de pluie	Courtavant Le Nériot La Saulsette	Pluviométrie, pH, S total et α sur eau brute et eau filtrée, ^{34}N S total sur résidu de filtration γ Co-Li	35 de chaque 2 22	du 09.09.81 au 25.08.82	Mensuelle
Eaux de boisson	Notte-Villy Le Nériot Noyen et Villiers Montreuil	pH, résistivité, température, cations majeurs, S total et α sur eau brute et eau filtrée, ^{34}N , ^{90}Sr , γ Co-Li Eléments totaux, S total sur résidu de filtration	23 de chaque 6,6	du 11.09.81 au 08.07.82	Sinistérielle (pour les éléments totaux 2 fois par an)
Eaux d'irrigation	Les Thurets à Villiers	Idem que pour les 23 mesures de l'eau de boisson	5	du 11.09.81 au 25.08.82	5 prélèvements dans l'année
Herbe et fromage	Courtavant Le Nériot La Saulsette	Calcium et potassium S total, ^{90}Sr , γ Co-Li	21 de chaque	du 11.09.81 au 09.07.82	Sinistérielle
<u>Végétaux cultivés</u> . Maïs . Betteraves	Les Thurets à Villiers Athis	Calcium et potassium S total, ^{90}Sr , γ Co-Li	4 de chaque	11.09.81	Annuelle
<u>Légumes</u> . Endives . Cornichons . Laitues . Tomates . Carottes	Villiers Le Nériot Bray sur Seine	Calcium et potassium S total, ^{90}Sr , γ Co-Li	5 de chaque	14.01.82 09.07.82	Annuelle
Le lait	Courtavant Le Nériot La Saulsette	Calcium et potassium S total, ^{34}N , ^{90}Sr , γ Co-Li	18 de chaque	du 11.09.81 au 09.07.82	Sinistérielle
<u>Produits transformés</u> . Fromage . Sucre . Malt	Grisy sur Seine Bray sur Seine Nogent	Calcium et potassium S total, ^{90}Sr , γ Co-Li	4, 4 2, 2, 4	12.03.82 14.05.82	Annuelle
<u>Les sols</u> . de betterave . de maïs . maraîchers . de pâturage	Villiers (RG) Villiers (RG) Villiers Bray sur Seine Le Nériot Courtavant	Densité ^{90}Sr , ^{90}Y γ Co-Li Analyse totale Granulométrie	8 de chaque	12.09.81 12.09.81 11.03.82 08.07.82 11.03.82 25.08.82	Annuelle

3.1.1.2. La mesure du tritium

Les mesures sont inférieures aux limites de détection soit 11 Bq.l^{-1} .

3.1.1.3. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li

Parmi les radionucléides naturels, le béryllium 7 d'origine cosmique domine, les valeurs significatives (17 sur 22) sont comprises entre $0,5 \pm 0,1$ et $3\,600 \pm 300 \text{ mBq.l}^{-1}$. Les autres radionucléides naturels ne sont décelés que très rarement et à de très faibles valeurs.

Le ^{137}Cs a été décelé 12 fois avec des valeurs significatives ; les valeurs sont comprises entre 0 et 18 mBq.l^{-1} .

Le $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$ a été trouvé deux fois seulement avec des valeurs de $24 \pm 6 \text{ mBq.l}^{-1}$ à la station Le MERIOT et $26 \pm 6 \text{ mBq.l}^{-1}$ à la station La SAULSOTTE.

3.1.2. Les eaux de boisson et d'irrigation

Les prélèvements se font de façon bimestrielle à La MOTTE TILLY, Le MERIOT, NOYEN, VILLIERS et MONTEREAU.

3.1.2.1. La chimie des eaux

Le tableau n° 8 nous donne la moyenne annuelle des cations dans les eaux.

Tableau n° 8
MOYENNE ANNUELLE DES CATIONS
DANS DES EAUX DE BOISSONS ET D'IRRIGATION

LIEUX DE PRELEVEMENTS		NOMBRE DE PRELEVEMENTS	Ca^{++}	Na^{+}	K^{+}	Mg^{++}
eau de boisson	Le Mériot	6	110,16	11,68	8,59	3,35
	La Motte Tilly	6	91,94	8,37	7,18	2,81
	Noyen	6	86,42	4,62	1,50	3,46
	Montereau	5	116,10	7,79	1,20	4,28
eau d'irri- gation	Villiers	5	89,58	5,21	0,89	2,63

Ce sont les captages de MONTEREAU et Le MERIOT qui sont les plus chargés en cations, ils sont alimentés par la nappe des coteaux crayeux. Les captages de NOYEN et de VILLIERS sont par contre les moins chargés. L'alimentation par la nappe alluviale doit être, dans ce cas, plus importante ce qui confirme la vulnérabilité de ces captages.

3.1.2.2. Les mesures β total et α

Pour l'activité β total les niveaux obtenus sont souvent inférieurs au seuil de détection, sauf dans le cas des captages de Le MERIOT où l'activité maximale pour l'eau brute est de 465 mBq.l^{-1} et pour La MOTTE TILLY de 390 mBq.l^{-1} ; en effet, les résultats des mesures sont liés aux teneurs en potassium des échantillons.

Les mesures α sont toutes inférieures ou égales aux limites de détection, soit 111 mBq.l^{-1} sauf à NOYEN le 08.07.1982 où on trouve 699 mBq.l^{-1} .

3.1.2.3. La mesure du tritium

Les mesures ont été faites après enrichissement, les valeurs minimales et maximales sur l'année sont les suivantes :

LE MERIOT	2 890 - 6 105	mBq.l^{-1}
LA MOTTE TILLY	2 405 - 6 695	mBq.l^{-1}
NOYEN	4 220 - 7 545	mBq.l^{-1}
MONTEREAU	3 145 - 9 210	mBq.l^{-1}
VILLIERS (irrigation)	5 030 - 20 980	mBq.l^{-1}

Les valeurs trouvées dans les eaux de nappe sont inférieures à celles trouvées dans l'eau de SEINE.

3.1.2.4. La mesure radiochimique du strontium 90

4 valeurs seulement sont significatives, 3 à VILLIERS et 1 à NOYEN; la valeur maximale étant obtenue à VILLIERS le 10.03.1982 : $11 \pm 2,2 \text{ mBq.l}^{-1}$.

3.1.2.5. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li

Le ^{40}K est le radionucléide naturel qui prédomine, bien que sa présence ne soit pas toujours mise en évidence. On note aussi quelquefois la présence d'autres radionucléides naturels de la famille de l'uranium 238 à des teneurs faibles. Le seul radionucléide artificiel décelé est le ^{137}Cs , 9 mesures représentatives sur 29 avec pour valeur maximale $8,1 \text{ mBq.l}^{-1}$ à NOYEN le 11.09.1981.

3.2. LES VEGETAUX

3.2.1. Les herbages et le fourrage

Les prélèvements sont bimestriels.

3.2.1.1. La mesure β total

La moyenne obtenue pour chaque station est peu différente de $750 \text{ mBq.g}^{-1} \text{ sec.}$ Les valeurs obtenues sont en général bien corrélées avec la teneur en potassium.

3.2.1.2. La mesure radiochimique du strontium 90

L'activité du strontium 90 est comprise entre $0,56$ et $22,9 \text{ mBq.g}^{-1} \text{ sec.}$

3.2.1.3. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li

. L'activité naturelle

Elle est due principalement au potassium 40, elle est comprise entre 74 et $1\,690 \text{ mBq.g}^{-1} \text{ sec.}$ Les autres radionucléides naturels sont quelquefois présents mais à des teneurs peu importantes ; on note aussi la présence de ^7Be dans quelques échantillons d'herbe et de luzerne.

. L'activité artificielle

L'activité d'origine artificielle est en grande partie due au ^{137}Cs ; on trouve aussi le ^{95}Nb , le $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$ et parfois le ^{95}Zr , le ^{54}Mn et le $^{106}\text{Rh} + ^{106}\text{Ru}$. Pour ces cinq radionucléides (ou couples de radionucléides) typiques des retombées atmosphériques on note deux périodes : celle, du 11.09.1981 au 11.03.1982, où ils sont encore présents après l'explosion chinoise d'octobre 1980 et celle, du 12.05.1982 au 9.07.1982, où ils ne le sont plus (tableau n° 9).

Tableau n° 9

RESULTATS DES MESURES EFFECTUEES SUR LES HERBAGES ET LE FOURRAGE
PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE

Résultats en mBq.g^{-1} sec

DATES DES PRELEVEMENTS	MESURES PRODUITS	RADIONUCLÉIDES NATURELS						RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS					
		^{238}U + ^{234}Pa	^{226}Ra	^{232}Th + ^{228}Ac	^{40}K	^7Be	^{137}Cs	^{95}Zr	^{95}Nb	^{106}Rh + ^{106}Ru	^{54}Mn	^{144}Ce + ^{144}Pr	
DU 11.09.1981 AU 11.03.1982	-Betteraves pulpe												
	-foin	0-70	0-112	0-160	140-1 690	0-330	0,1-50,4	10,5-16,1	1,9-32,1	9,66-18,16	1,1-2,3	6,28-91	
	-Herbe												
	-Herbe ensilage	6/14 (1)	6/14	4/14		3/14	10/14	1/14	3/14	1/14	1/14	9/14	
	-Luzerne												
DU 12.05.1982 AU 09.07.1982	-Mafis ensilage												
	-Betteraves pulpe	0-15,4	-	-	74-1 632	35,1-198	0-5,74	-	-	-	-	-	
	-foin	2/7				3/7	5/7						
	-Herbe												

(1) Nombre de mesures significatives.

Pour le ^{137}Cs les valeurs limites trouvées vont de 0 à 50,4 $\text{mBq.g}^{-1} \text{ sec.}$

3.2.2. Les végétaux cultivés et les légumes

Ce paragraphe concerne d'une part le maïs et les betteraves et d'autre part les endives, cornichons, laitues, tomates et carottes.

3.2.2.1. La mesure β total

Les valeurs s'échelonnent de 35 à 545 $\text{mBq.g}^{-1} \text{ sec}$ dans le premier cas et de 648 à 2 198 $\text{mBq.g}^{-1} \text{ sec}$ dans le deuxième cas.

3.2.2.2. La mesure radiochimique du strontium 90

La valeur obtenue pour les racines de betteraves est de $1,5 \pm 0,2 \text{ mBq.g}^{-1} \text{ sec}$; les teneurs représentatives pour les légumes sont réparties entre 2,55 (endives) et 22,8 $\text{mBq.g}^{-1} \text{ sec}$ (carottes). Pour le maïs, fourrage ou grains, les valeurs trouvées sont inférieures au seuil de détection.

3.2.2.3. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li

Nous avons résumé les résultats dans le tableau n° 10. Les teneurs en ^{137}Cs sont identiques. Le ^7Be est en plus grande quantité dans les laitues. Nous constatons dans les végétaux cultivés prélevés en septembre 1981, la présence du ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{125}Sb et $^{144}\text{Pr} + ^{144}\text{Ce}$, alors que les légumes prélevés en 1982 ne sont plus marqués.

3.3. LE LAIT

Les prélèvements ont été faits tous les deux mois, dans les mêmes stations que l'eau de pluie ; les principaux résultats sont portés dans le tableau n° 11.

Tableau n° 10

RESULTATS DES MESURES EFFECTUEES SUR LES VEGETAUX CULTIVES
ET LES LEGUMES PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE

Résultats en $\text{mBq} \cdot \text{g}^{-1}$ sec

MESURES PRODUITS	RADIONUCLÉIDES NATURELS					RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS				
	$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Pa}$	^{226}Ra	^{40}K	^7Be	^{137}Cs	^{95}Zr	^{95}Nb	^{125}Sb	$^{144}\text{Pr} + ^{144}\text{Ce}$	
<u>Végétaux cultivés</u>										
.Betteraves racines	0 - 2,6	0 - 7,8	85 - 4 270	12,3 - 160	0 - 7	0,15-6	9,8 - 14,6	1,3-2,3	25,4 - 47,4	
.Betteraves feuilles		2/4 (1)		2/4		2/4	2/4	1/4	2/4	
.Maïs grains										
.Maïs fourrage										
<u>Légumes</u>										
.Endives										
.Cornichons										
.Laitues	4,5-13,5	12,6-27	768 - 5 180	148 - 228	0 - 7,9	-	-	-	-	
.Jonates	1/5	1/5		1/5	4/5					
.Carottes										

(1) Nombre de mesures significatives.

Tableau n° 11

RESULTATS OBTENUS SUR LE LAIT
DANS TROIS STATIONS DE PRELEVEMENTS
SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE

Résultats en mBq.l^{-1}

LIEU DE PRELEVEMENT	β TOTAL	^{90}Sr	^{40}K	^{137}Cs
Courtavant	$(4,1-5,2)10^4$	58 -195	$(3,6-6,6)10^4$	7-203
La Saulsotte	$(4,8-5,4)10^4$	54,4-129,1 3/6(1)	$(4,2-6,9)10^4$	1-189 5/6
Le Mériot	$(3,1-3,9)10^4$	36,3-157 5/6	$(2,5-5,7)10^4$	7-140 3/6

(1) Nombre de mesures significatives

Seul le ^{40}K a été décelé dans le cadre de la radioactivité naturelle ; la radioactivité d'origine artificielle n'est due qu'au ^{137}Cs . Le tritium n'est pas décelé.

3.4. LES PRODUITS TRANSFORMES

Les principaux résultats sont résumés dans le tableau n° 12.

Tableau n° 12

RESULTATS OBTENUS SUR LES PRODUITS TRANSFORMES
SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE

NATURE	UNITE UTILISEE	β TOTAL	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs
Fromage	mBq.kg^{-1} frais	8 140	-	$(1,9 \pm 0,04)10^4$	56 $\pm$ 49
Sucre	mBq.g^{-1}	-	-	3 ± 3 (1) 1/2	1,2 $\pm$ 0,7 1/2
Malt	mBq.g^{-1} sec	9,3	549 $\pm$ 81	-	3,6 $\pm$ 1,35

(1) Nombre de mesures significatives

Toutes les valeurs pour la mesure du ^{90}Sr sont inférieures ou égales aux limites de détection.

3.5. LES SOLS

Les mesures ont porté sur deux sols de paturage, deux sols de grande culture, deux sols maraîchers. Le tableau n° 13 présente les résultats.

Tableau n° 13

RESULTATS OBTENUS SUR DES SOLS PRELEVES
SUR LE "SITE" DE NOGENT SUR SEINE
DE SEPTEMBRE 1981 A AOUT 1982

Résultats en $\text{Bq.kg}^{-1}\text{sec}$

MESURES TYPE DE SOLS	$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	$^{238}\text{U} + ^{234}\text{Pa}$	^{226}Ra	$^{232}\text{Th} + ^{228}\text{Ac}$	^{40}K	^{137}Cs
Grande culture	3,8 - 6,4	11,1 - 55,5	11,1 - 59,2	14,8 - 44,4	148 - 296	10,8 - 16,6
Pâturage	7,5 - 11	9 - 31	15 - 47	18 - 36	140 - 260	6 - 21
Maraîcher	6,3 - 9,9	21 - 31	-	14 - 21	150 - 320	0,6 - 13

On met en évidence la plupart des radionucléides d'origine naturelle et le césium 137 est le seul artificiel décelé. On ne constate pas de différence significative entre ces trois sols.

CHAPITRE 4

LE RAYONNEMENT γ AMBIANT

Les limites de la zone d'investigation du γ ambiant sont portées sur la carte n° 2.

La campagne de mesures a eu lieu en octobre 1981, dans un rayon de 20 km autour de la centrale. L'ensemble de la chaîne des mesures est installé dans un véhicule laboratoire ; les mesures sont effectuées en continu sur les routes et région concernées. Le détecteur est constitué d'une chambre d'ionisation du type à gaz pressurisé (type RSS 111) afin d'atteindre la sensibilité souhaitée.

Dans l'ensemble de la région étudiée les débits de dose observés sont compris entre 53 et 126 nGy.h⁻¹, les valeurs supérieures à 100 nGy.h⁻¹ n'apparaissent que sur certains axes routiers. On ne constate pas de différences entre les zones urbaines et les autres.

Les analyses γ par spectrométrie Ge-Li ont permis de mettre en évidence la présence des familles de l'uranium 238 (dont le radium 226) et du thorium 232, du potassium 40 et du césium 137 dans tous les échantillons.

CHAPITRE 5

CONCLUSION

L'objectif de l'étude radioécologique du site de NOGENT SUR SEINE est de définir l'état actuel de l'activité des différents échantillons des domaines aquatique et terrestre ainsi que le gamma ambiant afin d'obtenir un état de référence du site. Cette radioactivité est le cumul de l'activité d'origine naturelle et celle d'origine artificielle qui ne peut-être, dans ce cas précis, que due aux retombées des tirs atomiques aériens.

Quelque soit le compartiment étudié l'activité naturelle provient pour la plus grande part du potassium 40, ce qui revient à dire que les niveaux d'activité obtenus sont corrélés aux teneurs en potassium stable des échantillons. Les familles de l'uranium 238, dont le radium 226, et du thorium 232 sont parfois décelées à des niveaux beaucoup plus faibles. Compte tenu que ces familles présentent la particularité d'avoir 13 et 10 descendants, respectivement, elles atteignent parfois des niveaux non négligeables. Le cas du béryllium 7 est particulier car il est d'origine cosmique; on le rencontre d'ailleurs dans des échantillons largement en contact avec l'atmosphère - végétaux semi-aquatiques, maïs fourrage, feuilles de betteraves, laitues.

L'activité artificielle est toujours due aux retombées ; on peut la séparer en deux groupes :

- celui ayant essentiellement les anciennes explosions aériennes pour origine

Dans cette catégorie il y a avant tout le césium 137 présent dans les sédiments vaseux, les végétaux semi-aquatiques et aquatiques, les poissons, les herbages et fourrages, les légumes, le maïs et les betteraves, le lait et les sols.

Le strontium 90 est nettement moins souvent présent ; on le trouve cependant dans les fourrages et herbages, les légumes et les betteraves, le lait et les sols.

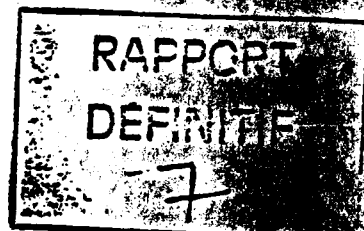
Le cas du tritium est un peu différent car il n'a pas été mesuré partout, on l'a décelé dans quasiment toutes les eaux de SEINE, d'irrigation et de boissons, de plus pour les eaux de SEINE on constate que les niveaux atteints sont supérieurs à ceux enregistrés dans les autres fleuves français.

- celui ayant la dernière explosion d'octobre 1980 pour origine

Il s'agit, par ordre de présence décroissante, du $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$ et du ^{95}Nb présents dans les vases de la SEINE, les végétaux aquatiques et les végétaux cultivés (herbages - fourrage - betteraves - maïs fourrage), puis du $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ et du ^{95}Zr présents dans les végétaux aquatiques et certains végétaux cultivés (maïs fourrage, luzerne) et enfin du ^{103}Ru uniquement décelé chez les végétaux aquatiques. Globalement on constate que cette liste peut être corrélée avec les périodes physiques de ces radionucléides.

Ces principales observations et en particulier la dernière nous permettent de proposer la récolte de certains échantillons dans le but de suivre l'évolution du niveau de l'activité d'origine artificielle de l'environnement en relation avec le fonctionnement de la centrale. Il pourrait s'agir d'un sédiment vaseux et d'un végétal aquatique comme la mousse pour le milieu aquatique et l'herbe pour le milieu terrestre. Indirectement on suivrait également le milieu terrestre en s'intéressant aux captages de NOYEN et de VILLIERS dont il a été démontré qu'ils étaient plus sensibles aux influences extérieures et en particulier à celle de l'eau du fleuve donc de rejets.

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
DEPARTEMENT DE PROTECTION
Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement



POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE
DU SITE DE NOGENT SUR SEINE

Par

H. MAUBERT (Hydrologie - Sédimentologie)
B. DESCAMPS (Hydrobiologie)

Avec la collaboration technique de
Y. BAUDIN-JAULENT, Ph. BOUSCADA, B. CAUDOUX,
Y. DIMEGLIO, J. DUBOIS, F. NEUMANN

Rapport complet définitif

Laboratoire d'Etudes de Pollution des Eaux

Etude faite à la demande d'E.D.F./R.E.P.
Contrat n° 1305

C.E.N. CADARACHE - B.P. N° 1 - 13115 SAINT PAUL LEZ DURANCE

- DECEMBRE 1983 -

REMERCIEMENTS

Les auteurs du présent rapport tiennent à exprimer leurs remerciements aux agents d'E.D.F. et des autres organismes qui ont collaboré à la réalisation de cette étude.

Seule, la participation des services publics et privés intéressés à des titres divers par les problèmes d'impact sur l'environnement des installations nucléaires et par l'étude de la SEINE a permis l'élaboration du présent document.

C'est notre souhait, que toute personne désireuse d'avoir une information sérieuse et objective sur les problèmes posés par le développement de l'Energie Nucléaire, puisse trouver à la lecture de ce texte, une réponse claire et précise aux questions qu'elle se pose.

AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Le présent document comportant des références et des informations issues de rapports dont la diffusion a parfois un caractère restreint ou confidentiel, tout ou partie de ce rapport et de son annexe ne peut être publié ou diffusé sans l'accord formel d'Electricité de France et du Commissariat à l'Energie Atomique.

LISTE DE DIFFUSION
DU RAPPORT COMPLET DEFINITIF

E.D.F.

N° 1 à N° 10	E.D.F./R.E.P.	Monsieur LEPESANT
N° 11	E.D.F./S.E.I.	Madame BOURDEAU

C.E.A.

N° 12	I.P.S.N./Dir.	Monsieur TANGUY
N° 13	D.Pr./Dir.	Monsieur JAMMET
N° 14	D.Pr./S.E.R.E.	Monsieur GRAUBY
N° 15	D.Pr./S.E.R.E.	Monsieur PICAT
N° 16	D.Pr./S.E.R.E.	Monsieur DESCAMPS
N° 17	D.Pr./S.E.R.E.	Monsieur HUGON
N° 18	D.Pr./S.E.R.E.	Monsieur CAPUT
N° 19	D.Pr./S.E.R.E.	Archives

PLAN GENERAL DE L'ETUDE

T E X T E

ANNEXE 1 : Méthodologie

ANNEXE 2 : Tableaux

SOMMAIRE

	PAGE
CHAPITRE 1 - MOTIVATION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
CHAPITRE 2 - TRAVAUX REALISES	4
2.1. LIEU D'EXECUTION DES TRAVAUX	4
2.2. CALENDRIER D'EXECUTION DES TRAVAUX	4
2.3. NATURE DES TRAVAUX REALISES	5
2.3.1. Travaux réalisés préalablement aux interventions	5
2.3.2. Interventions sur le site	5
2.3.3. Dépouillement - Analyses - Rapport d'études	7
2.3.4. Méthode de présentation des résultats	8
CHAPITRE 3 - RESULTATS RELATIFS A L'EAU	10
3.1. INTERET ET DIFFICULTES DE LA MESURE DE L'ACTIVITE DE L'EAU	10
3.1.1. Généralités	10
3.1.2. Méthode par évaporation	11
3.1.3. Méthode par filtration et concentration <u>in situ</u>	11

3.2. RESULTATS RELATIFS AUX PRELEVEMENTS D'EAU DE NOGENT SUR SEINE	12
3.2.1. Modalités et localisation des prélèvements d'eau	12
3.2.2. Résultats	12
3.2.2.1. Emetteurs γ	12
3.2.2.2. Activité en strontium et en tritium des eaux de la SEINE	14
3.2.3. Récapitulation des résultats essentiels relatifs à l'eau	17
CHAPITRE 4 - RESULTATS RELATIFS AUX SEDIMENTS	19
4.1. INTERET ET DIFFICULTES DE LA MESURE DE L'ACTIVITE DES SEDIMENTS	19
4.2. OPERATIONS REALISEES <u>IN SITU</u>	20
4.2.1. Objectifs poursuivis	20
4.2.2. Localisation des stations de prélèvements	21
4.2.3. Les résultats	22
4.2.3.1. Les observations morphologiques	22
4.2.3.2. Les résultats de la sonde traînée	22
4.2.3.3. Les résultats de la mesure γ globale avec déduction de bruit de fond et de la mesure γ NaI	22
4.3. MESURES QUANTITATIVES REALISEES EN LABORATOIRE	23
4.3.1. Constitution des échantillons composites	23
4.3.2. Définition et répartition des échantillons composites	23
4.3.3. Résultats des mesures radioactives	25
4.3.3.1. Emetteurs γ	25
4.3.3.2. Cas des boues de décantation (B2)	29
4.3.3.3. Récapitulations des résultats relatifs aux émetteurs γ	30
4.3.3.4. Dosages radiochimiques du strontium 90	32

	PAGE
4.3.4. Etude de la répartition de l'activité en fonction de la granulométrie des dépôts	32
4.3.4.1. Influence de la granulométrie des dépôts sur l'activité naturelle	32
4.3.4.2. Influence de la granulométrie des dépôts sur l'activité artificielle	35
4.3.5. Résultats des mesures sédimentologiques sur les dépôts	37
4.3.5.1. Analyses physico-chimiques des sédiments	38
4.3.5.2. Analyse minéralogique des sédiments	40
4.3.5.3. Analyse totale des sédiments	41
4.3.5.4. Récapitulation des mesures sédimentologiques	41
4.3.6. Les poids secs et humides	43
4.4. RECAPITULATION DES RESULTATS ESSENTIELS RELATIFS AUX DEPOTS	44
CHAPITRE 5 - RESULTATS RELATIFS AUX VEGETAUX	45
5.1. INTERET DE LA MESURE DE L'ACTIVITE DES VEGETAUX	45
5.2. RECOLTE DES VEGETAUX	46
5.3. TRAVAUX REALISES AU LABORATOIRE	47
5.3.1. Conditionnement des végétaux	47
5.3.2. Les mesures chimiques	47
5.3.3. Les mesures radioactives	47
5.3.3.1. La mesure γ par spectrométrie Ge-Li	47
5.3.3.1.1. L'activité naturelle	48
5.3.3.1.2. L'activité artificielle	49
5.3.3.2. La mesure du strontium 90 par radiochimie	50

	PAGE
5.4. RECAPITULATIF DES PRINCIPAUX RESULTATS RELATIFS AUX VEGETAUX	51
CHAPITRE 6 - RESULTATS RELATIFS AUX POISSONS	52
6.1. INTERET DE LA MESURE DE L'ACTIVITE DES POISSONS	52
6.2. TRAVAUX REALISES SUR LE TERRAIN	52
6.2.1. Les pêches : date, localisation et récolte	52
6.2.2. Détermination des caractéristiques biométriques	53
6.3. TRAVAUX REALISES AU LABORATOIRE	54
6.3.1. Conditionnement des échantillons	54
6.3.2. Les mesures chimiques	54
6.3.3. Les mesures radioactives	54
6.3.3.1. La mesure γ en spectrométrie Ge-Li	54
6.3.3.1.1. L'activité naturelle	54
6.3.3.1.2. L'activité artificielle	55
6.3.3.2. La mesure du strontium 90 par radiochimie	56
6.4. RECAPITULATIF DES PRINCIPAUX RESULTATS RELATIFS AUX POISSONS	56
CHAPITRE 7 - CONCLUSION	57
LISTE DES TABLEAUX	60
LISTE DES PLANS	61
LISTE DES DOCUMENTS UTILISES	62
ABREVIATIONS ET TERMES TECHNIQUES UTILISES DANS LE TEXTE	64
LISTE DES ORGANISMES MENTIONNES	67

CHAPITRE 1

MOTIVATION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

La décision d'Electricité de France (E.D.F) (1) de créer en rive droite de la SEINE, au niveau de NOGENT SUR SEINE une centrale nucléaire du type P.W.R (Pressurised Water Reactor) implique qu'une étude des niveaux d'activité des divers constituants du fleuve (l'eau, les sédiments, la flore et la faune) soit entreprise dans ce secteur avant la divergence (*) (2) de cette installation prévue courant 1988.

Les effluents radioactifs liquides et gazeux issus du fonctionnement normal d'un réacteur sont, après traitement, rejetés dans l'environnement. Ce déversement de substances radioactives se fait en respectant la réglementation en vigueur [1] (3) et les consignes particulières éventuellement édictées par le Ministère de la Santé Publique au vu des caractéristiques du site.

- (1) Tous les organismes sont désignés dans la suite du texte par leur sigle, dont la signification est donnée en clair lorsqu'ils sont employés pour la première fois dans le rapport.
On trouvera une liste des organismes mentionnés dans le texte, en fin de rapport, où le lecteur pourra se reporter pour obtenir les adresses complètes.
- (2) Tous les termes techniques suivis du signe (*) sont explicités en fin de rapport.
- (3) Les chiffres entre crochets renvoient à une liste des documents utilisés pour la rédaction de ce rapport, liste située en fin du présent texte.

Les sédiments, la flore et la faune aquatiques ont la capacité de fixer et de concentrer les radionucléides ; l'intensité de ces phénomènes dépendant à la fois des propriétés chimiques des radionucléides et des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des différents compartiments. Il en résulte que la quantité d'activité présente sous forme dissoute en un point donné du cours d'eau récepteur varie d'un radionucléide à un autre. Ce fait traduit un comportement spécifique de chacun des radionucléides présents dans les effluents rejetés.

Il apparaît donc nécessaire, même si les quantités introduites dans le milieu restent en dessous des C.M.A.P (*) de connaître le devenir des divers produits radioactifs rejetés par les installations nucléaires dans l'environnement compte tenu de l'utilisation par l'homme du cours d'eau pour ses besoins vitaux (eaux de boisson et d'irrigation, consommation de poissons, et extraction de matériaux) et récréatifs (baignade, camping, pêche, etc.).

Dans cette optique le Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement (S.E.R.E), dépendant du Département de Protection (D.Pr) qui, lui même, dépend de l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire (I.P.S.N), spécialisé dans les études d'impact radioécologique, des installations nucléaires sur l'environnement, présentait un schéma destiné à évaluer les niveaux d'activité naturelle et artificielle (*) des divers constituants de la SEINE (eau, sédiment, flore, faune) à hauteur du site de NOGENT SUR SEINE.

Sur ces bases, Electricité de France a confié (1) au Commissariat à l'Energie Atomique - Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement (C.E.A/S.E.R.E) l'exécution des travaux ; ceux-ci furent réalisés par le Laboratoire d'Etudes de Pollution des Eaux (L.E.P.E) (2) qui possède le personnel et les équipements nécessaires à ce type particulier d'études.

(1) Cont.1752/01 et 02 NO1305. Point zéro radioécologique. Etude Sédimentologique et hydrobiologique.

(2) Le L.E.P.E est un des laboratoires constituant le S.E.R.E ; ses missions concernent plus particulièrement l'étude du comportement des radionucléides dans les écosystèmes d'eaux douces.

Les objectifs de cette étude étaient de :

- définir le niveau actuel des activités d'origines naturelle et artificielle des eaux, des sédiments, de la flore et de la faune de la SEINE, au voisinage du site de NOGENT SUR SEINE afin de posséder avant la mise en service de la centrale un état de référence du fleuve dit : "Point zéro radioactif" ;
- préciser la distribution des radionucléides détectés entre les divers compartiments: niveaux atteints - émetteurs présents ;
- expliquer l'origine de l'activité artificielle éventuellement présente (1) ;
- attirer l'attention de l'exploitant sur les problèmes particuliers pouvant résulter de la concentration et de l'accumulation éventuelles de certains radionucléides dans tel ou tel constituant.

(1) La SEINE reçoit une activité artificielle en provenance des retombées (*). Il faut également citer comme autres sources de radioactivité artificielle les marquages hydrographiques, certaines industries (métallurgie, peintures lumineuses, horlogerie) et les hôpitaux.

CHAPITRE 2

TRAVAUX REALISES

2.1 . LIEU D'EXECUTION DES TRAVAUX

De manière à répondre de façon réaliste aux objectifs fixés (chapitre 1) le relevé radioécologique proposé intéresse la SEINE et bras morts, noues (*), étangs et ruisseaux entre MARNAY SUR SEINE et SAINT SAUVEUR LES BRAY, soit un bief d'environ 45 kilomètres (plan n° 1).

2.2 . CALENDRIER D'EXECUTION DES TRAVAUX

01.01.1980 à 08.1980	Préparation générale des interventions
26.08.1980 au 31.08.1980	Première campagne de prélèvement de poissons et de végétaux
27.01.1981 au 31.01.1981	Deuxième campagne de prélèvement de poissons et de végétaux
01.04.1981 au 01.08.1981	Préparation de l'intervention de sédimentologie
30.07.1981 au 01.08.1981	Troisième campagne de prélèvement de poissons et de végétaux. Premier prélèvement d'eau
26.10.1981 au 27.11.1981	Campagne de mesures et de prélèvement des sédiments. Deuxième prélèvement d'eau

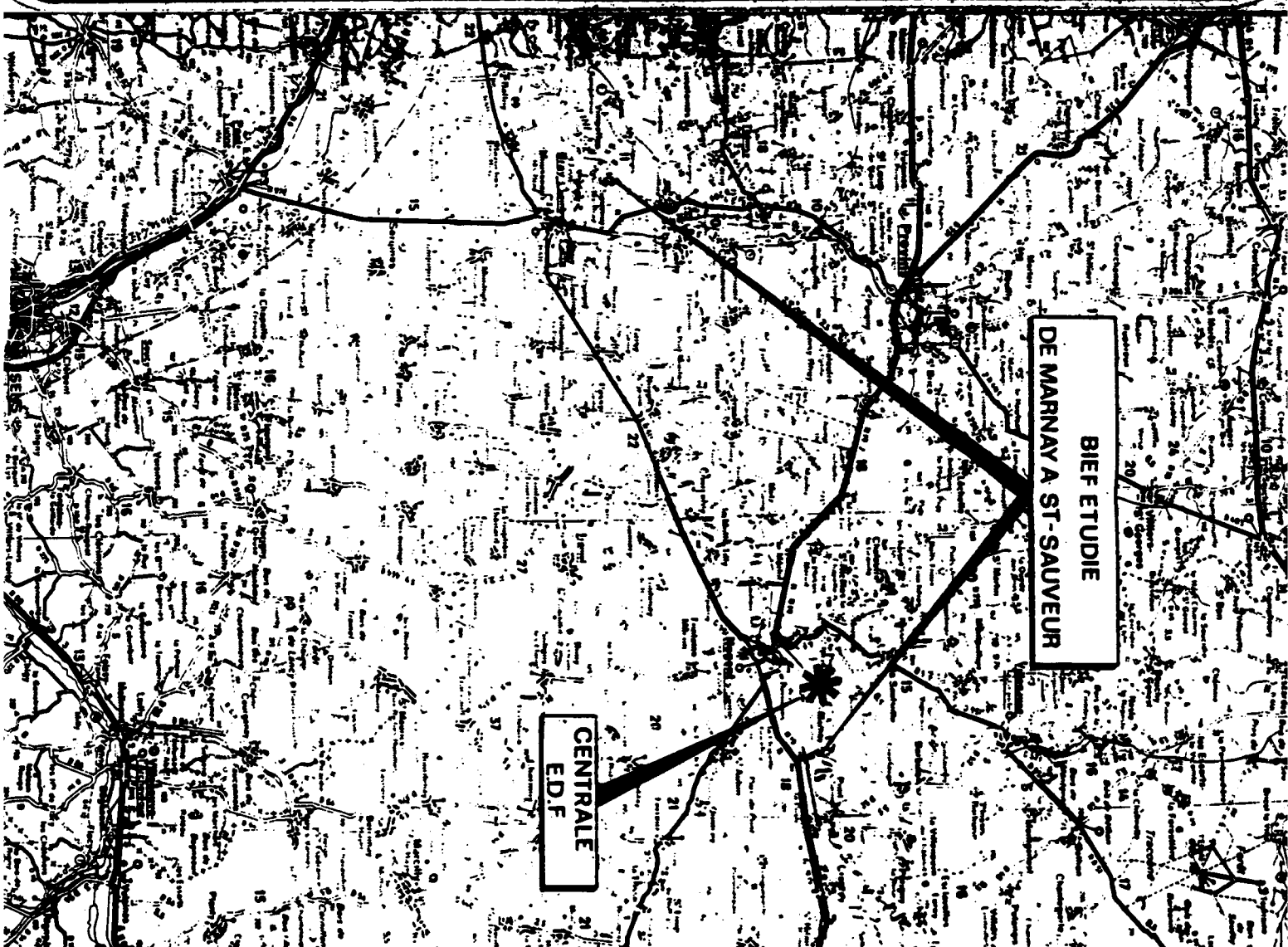
POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE

EMPLACEMENT DE L'ETUDE

DOMAINE HYDROLOGIQUE, SEDIMENTOLOGIQUE
ET HYDROBIOLOGIQUE

BIEF DE MARNAY sur SEINE
A SAINT-SAUVEUR-les-BRAY

Echelle : 1/25 000^e



01.11.1981 au 01.03.1982	Traitement des échantillons et analyses
01.03.1982 au 30.06.1982	Rédaction du rapport intermédiaire
22 et 23.06.1982	Troisième prélèvement d'eau
01.1983	Envoi du rapport intermédiaire définitif à E.D.F.
07.1983	Envoi du rapport complet provisoire

2.3 . NATURE DES TRAVAUX REALISES

2.3.1 . TRAVAUX REALISES PREALABLEMENT AUX INTERVENTIONS

La définition de la situation radioécologique d'un cours d'eau implique que, préalablement aux opérations de prélèvements et de mesures sur le site, une triple démarche soit entreprise :

- une étude documentaire des travaux radioécologiques antérieurs entrepris sur le site lui-même [2]. L'analyse des résultats d'autres études radioécologiques apportant des informations d'ordre général ou particulier à un site sur les niveaux d'activité dans l'environnement, a également été entreprise [3][4][5][6][7] ;
- une prise de contact avec certains des organismes ayant étudié le cours d'eau ou ayant la gestion à des titres divers afin de définir le schéma d'intervention le plus approprié et de garantir un échantillonnage convenable des divers compartiments permettant d'établir la situation radioécologique la plus exacte possible ;
- la préparation des autorisations de travail et des équipements (bateaux, appareils de prélèvements et de mesures) nécessaires à l'exécution des travaux sur le fleuve.

2.3.2 . INTERVENTIONS SUR LE SITE

L'étude de la SEINE sur le bief compris entre MARNAY et SAINT SAUVEUR LES BRAY a nécessité 5 interventions sur le site.

Les travaux peuvent se résumer ainsi :

Hydrologie

Trois prélèvements d'eau en vue d'analyses radioactives ont été réalisés.

- L'un pendant l'intervention relative à la récolte de végétaux et de poissons de juillet 1981.
- Le second pendant l'intervention relative à la sédimentologie en novembre 1981.
- Le troisième, les 22 et 23 juin 1982, à l'étiage.

Sédimentologie

102 prélèvements de sédiments représentatifs du lit et des berges du fleuve et des nombreux ruisseaux et lacs présents autour de la SEINE ont été récoltés et mesurés, in situ, en activité γ globale (*) entre 100 keV et 2 MeV (1) en spectrométrie γ NaI (2). Pour le lit du fleuve on a procédé à une mesure directe de l'activité des fonds et à un dragage continu de ceux-ci par remorquage d'un ensemble de détection et d'une benne sur 40 km du fleuve.

Ces 102 échantillons ont été regroupés au vu de leurs caractéristiques sédimentologiques et radioactives en 17 échantillons dits composites (*) qui ont fait l'objet d'analyses détaillées, sélectives et quantitatives.

(1) Bande d'énergie où émettent la plupart des émetteurs γ d'origine naturelle et artificielle.

(2) Mesure qualitative destinée à une première identification des émetteurs γ présents.

Hydrobiologie

Le prélèvement des 6 espèces végétales (5 espèces aquatiques et 1 espèce semi-aquatique) a été réalisé à divers endroits et à trois dates différentes afin de tenir compte de l'évolution possible de leur niveau d'activité dans l'espace et dans le temps.

Il en est de même pour les 9 espèces piscicoles prélevées. Les pêches ont été réalisées par le C.E.M.A.G.R.E.F (1) de PARIS qui effectue les inventaires ichthyologiques sur la SEINE et possède, les équipes, le matériel et les autorisations permettant leur exécution. La technique de pêche est dite à l'électricité. Elle permet, en général, une collecte relativement aisée des différentes espèces présentes.

Une attention particulière a été portée afin de prélever des poissons consommés (brochet, perche, sandre, gardon) et des poissons à large distribution (barbeau, chevesne, brème).

La détermination des caractéristiques biométriques des captures a également été faite sur le terrain.

2.3.3 . DEPOUILLEMENT - ANALYSES - RAPPORT D'ETUDE

Ces travaux consistent :

- à dépouiller les informations recueillies sur le site ;
- à procéder au traitement et à la préparation des échantillons en vue de l'exécution des dosages quantitatifs ;
- à effectuer les analyses quantitatives, radioactives et chimiques sur les eaux, les sédiments, les végétaux et les poissons récoltés ;
- à présenter sous forme de graphiques, tableaux et plans les résultats obtenus tant "in situ" qu'en laboratoire ;
- à rédiger le rapport présentant les résultats.

(1) Centre d'Etude du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts

2.3.4 . METHODE DE PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats obtenus sur chacun des quatre compartiments de la SEINE étudiés sont présentés dans des chapitres séparés.

Chapitre 3	"L'eau"
Chapitre 4	"Les sédiments"
Chapitre 5	"La flore"
Chapitre 6	"La faune"

Une conclusion générale est présentée au chapitre 7 qui prend en compte la totalité des mesures réalisées et fournit une appréciation d'ensemble sur les niveaux d'activité du site.

La description des diverses opérations et techniques employées ainsi que tous les résultats relatifs aux quatre compartiments du cours d'eau sont regroupés dans les annexes :

ANNEXE 1 : "Méthodologie"

Dans cette annexe sont décrites la méthode générale d'un POINT ZERO radioécologique, les méthodes de prélèvements et de traitement des échantillons, les méthodes de mesures utilisées "in situ" et en laboratoire ainsi que la description du matériel de prélèvement et des appareils de mesure utilisés.

ANNEXE 2 : "TABLEAUX"

Dans cette annexe sont regroupés tous les résultats concernant les diverses opérations et mesures effectuées sur le terrain et en laboratoire.

Annexe 2.1	"L'eau de la SEINE"
Annexe 2.2	"Les sédiments de la SEINE"
Annexe 2.3	"Les végétaux de la SEINE"
Annexe 2.4	"Les poissons de la SEINE"

Le bilan des travaux effectués est présenté dans le tableau 1.

TABLEAU N° 1 - BILAN DE L'ETUDE RADIOECOLOGIQUE
DU SITE DE NOGENT SUR SEINE
HYDROLOGIE, SEDIMENTOLOGIE ET HYDROBIOLOGIE

"E A U"	"SEDIMENTS"	"VEGETAUX"	"POISSONS"
- Analyses radioactives (3 prélèvements) - Mesures physicochimiques <u>in situ</u> - Courantométrie - Bathymétrie	- Toutes analyses et mesures sur les échantillons "composites" (physicochimie, minéralogie, spectro γ Ge-Li, fractions granulométriques) - Observation sur échantillons individuels - γ NaI réalisé <u>in situ</u> - Sonde traînée (graphiques et plans	- Résultats du conditionnement - Analyses chimiques (K^+, Ca^{++}) - Analyses radioactives (γ Ge-Li et radiochimie du ^{90}Sr)	- Caractéristiques biométriques - Résultats du conditionnement - Analyses chimiques (K^+, Ca^{++}) - Analyses radioactives (γ Ge-Li et radiochimie du ^{90}Sr)

CHAPITRE 3

RESULTATS RELATIFS A L'EAU

3.1 . INTERET ET DIFFICULTES DE LA MESURE DE L'ACTIVITE DE L'EAU''

3.1.1 . GENERALITES

La connaissance des niveaux d'activité de l'eau est intéressante du fait de ses nombreuses utilisations (boisson, irrigation, loisirs essentiellement). En outre cette connaissance est indispensable pour définir au niveau des sites l'importance des transferts radioactifs existants entre l'eau et les autres compartiments de l'écosystème (sédiment, flore, faune).

Toutefois, le prélèvement et la mesure radioactive des eaux de surface posent un certain nombre de problèmes qu'il convient de résoudre pour aboutir à une évaluation correcte du niveau d'activité de ce compartiment.

L'activité spécifique des radionucléides artificiels en particulier, présents dans l'eau est toujours très faible (1) ; il est donc nécessaire de récolter un volume d'eau important, 40 à 100 l selon la méthode, qui renfermera une activité suffisante pour être mesurable. On procèdera dans ce but à une concentration du volume récolté dans le plus petit volume possible de façon à améliorer les conditions de mesure de l'activité présente dans l'échantillon.

Deux méthodes peuvent être utilisées pour assurer à la mesure la meilleure qualité possible.

(1) Des valeurs de l'ordre de 1 à 3 mBq.l⁻¹ sont les plus fréquentes.

3.1.2 . METHODE PAR EVAPORATION

Cette méthode consiste à prélever un volume d'eau de l'ordre de 40 l de façon ponctuelle ou étalée sur plusieurs heures, et à réaliser un extrait sec par évaporation. Cet extrait sec est alors mesuré en spectrométrie γ Ge-Li. Ce procédé présente l'avantage de concentrer la totalité de l'activité présente (aux pertes d'éventuels éléments volatils prés) dans un unique volume très faible et donc globalement d'assurer la détection d'activités très faibles. Son inconvénient majeur réside dans le fait que la mesure globale ne permet pas de connaître les activités associées aux matières en suspension (M.E.S) et présentes sous forme dissoute.

3.1.3 . METHODE PAR FILTRATION ET CONCENTRATION IN SITU

Afin de pouvoir connaître les activités présentes sous forme :

- associées aux M.E.S,
- dissoute sous forme ionique,
- dissoute sous forme non polaire.

Le L.E.P.E a mis au point un appareil qui réalise in situ : [8]

- la filtration de l'eau sur membrane de cellulose de porosité 0,8 μ m,
- la concentration du filtrat sur des colonnes de résines échangeuses d'ions (rétention de la phase dissoute ionisée). On peut disposer soit des résines à lits mélangés, soit des colonnes de résines séparées anioniques et cationiques,
- la concentration de la phase dissoute non polaire (radionucléides associés à la matière organique) sur une colonne de charbon actif.

Cet appareil permet de traiter ainsi 100 à 150 l d'eau. Les prélèvements se font de façon séquentielle, 0,5 l toutes les x minutes, x étant réglable. Cela permet de régler la durée du prélèvement entre un et quatre jours, de façon à intégrer les fluctuations de qualité de l'eau se produisant à l'échelle de quelques heures.

Une fois le prélèvement terminé chacun des éléments (filtres, résines, charbons) est traité et mesuré en spectrométrie γ Ge-Li, séparément.

Cette méthode présente trois avantages : la séparation in situ des différentes formes sous lesquelles les radionucléides peuvent être présents; la concentration sous faibles volumes des formes particulières (filtres), dissoutes (résines), et non polaires (charbons) et l'élimination des risques de pertes d'activité sur les récipients de prélèvements.

3.2 . RESULTATS RELATIFS AUX PRELEVEMENTS D'EAU DE NOGENT SUR SEINE

3.2.1 . MODALITES ET LOCALISATION DES PRELEVEMENTS D'EAU

Comme cela était prévu contractuellement, les prélèvements ont été effectués à l'aide de l'appareil décrit au paragraphe 3.1.3.

La localisation et les caractéristiques, de ces prélèvements sont présentées sur la planche n° 2, et le tableau n° 2 de l'annexe.

Le premier prélèvement, E1, a été effectué du 30.07.1981 au 31.07.1981 pendant une campagne de récolte de poissons et de végétaux. Le débit de la SEINE était moyen, soit $49 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Le second prélèvement, E2, a été effectué du 09.11.1981 au 11.11.1981 pendant la campagne de sédimentologie. La SEINE était en crue avec un débit de $105 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Le troisième prélèvement, E3, a été effectué du 22.06.1982 au 23.06.1982. La SEINE avait un débit de $16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

3.2.2 . RESULTATS

Les résultats détaillés sont consignés dans les tableaux n° 3 et 4 de l'annexe.

3.2.2.1. Emetteurs γ

Une mesure séparée pour chaque échantillon récolté, du filtre, des résines et du charbon permet d'évaluer l'activité naturelle et artificielle présente sous ces trois formes.

Les écarts donnés sur une mesure correspondent à l'incertitude statistique dont est entachée toute mesure radioactive pour un échantillon donné.

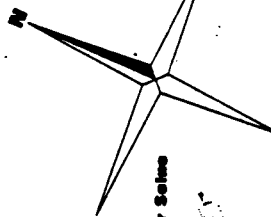
**POINT ZÉRO RADIOÉCOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE**

**EMPLACEMENT
DES PRELEVEMENTS D'EAU**

E1

EMPLACEMENT DES PRELEVEMENTS D'EAU

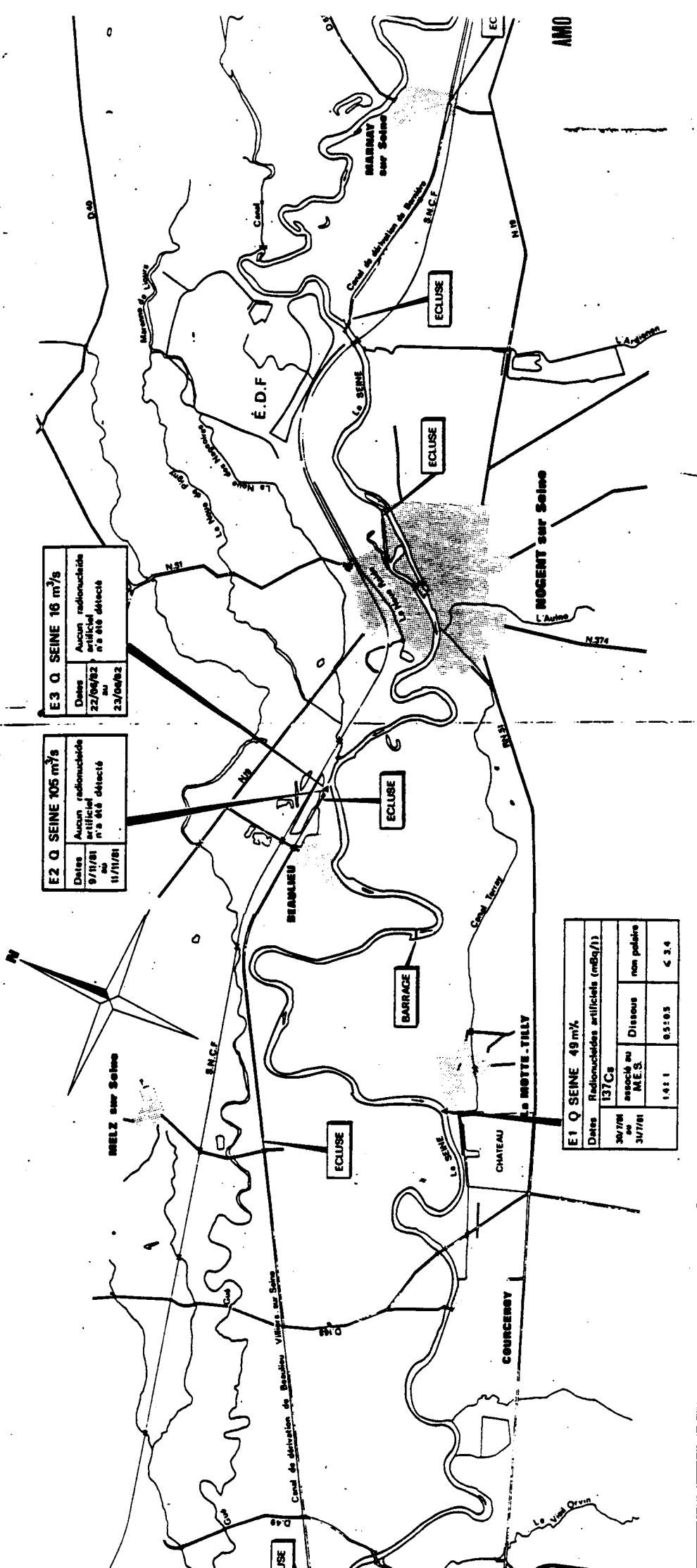




E3 Q SEINE 16 m ³ /s	
Dates	Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté
22/06/82	au
23/06/82	

E2 Q SEINE 105 m ³ /s	
Dates	Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté
9/11/81	au
11/11/81	

E1 Q SEINE 49 m ³ /s	
Dates	Radionucléides artificiels (mBq/l)
30/7/81	137Cs
30/7/81	associé au M.E.S.
30/7/81	Diésels
30/7/81	non polaire
30/7/81	1.4 ± 1
30/7/81	0.5 ± 0.5
30/7/81	≤ 3.4



AMO

Activité naturelle

Prélèvement E1. En ce qui concerne la partie de l'activité associée aux M.E.S, le seul radionucléide détecté est le potassium 40 avec une activité de $328 \pm 70 \text{ mBq.l}^{-1}$ (*). Pour la partie de l'activité présente sous forme dissoute le potassium 40 est le radionucléide le plus important avec $110 \pm 32 \text{ mBq.l}^{-1}$, mais on détecte également les émetteurs de la famille de l'uranium ($11 \pm 6 \text{ mBq.l}^{-1}$ pour $^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Pa}$ et $8 \pm 8 \text{ mBq.l}^{-1}$ pour le ^{226}Ra).

Prélèvement E2. Le potassium 40 n'a pas été détecté dans les M.E.S. Cela provient de deux causes : d'une part de la faiblesse de la charge (6 mg.l^{-1}) qui fait que très peu de matière a été soumise au détecteur ($6 \text{ mg.l}^{-1} \times 100 \text{ l} = 600 \text{ mg}$ soit $0,6 \text{ g}$), d'autre part de la large prédominance des calcaires, pauvres en potassium, dans le matériel sédimentaire du site de NOGENT.

En revanche, l'uranium et ses descendants, dont le radium 226, sont présents (respectivement $11,5 \pm 4,6 \text{ mBq.l}^{-1}$ et $13,8 \pm 9,2 \text{ mBq.l}^{-1}$).

Les activités présentes sous forme dissoute sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans le prélèvement E1, à savoir : $74 \pm 30 \text{ mBq.l}^{-1}$ pour le potassium 40, $10,7 \pm 5 \text{ mBq.l}^{-1}$ pour l'uranium 238 et $10,8 \pm 17 \text{ mBq.l}^{-1}$ pour le radium 226.

Les activités naturelles mesurées sur les charbons actifs sont non significatives (N.S.) du fait que les charbons contiennent à l'origine une certaine quantité de radionucléides naturels. Pour pallier cette difficulté nous envisageons d'utiliser des adsorbants organiques synthétiques capables de fixer les éléments non polaires.

Prélèvement E3. L'uranium 238 n'a été détecté que sous forme particulière $2,1 \pm 1,1 \text{ mBq.l}^{-1}$). Le potassium 40 a été détecté associé aux M.E.S. ($4,8 \pm 3,7 \text{ mBq.l}^{-1}$) et sous forme dissoute ($37,4 \pm 18,6 \text{ mBq.l}^{-1}$). Ces valeurs sont plus faibles que celles relatives aux prélèvements E1 et E2.

En résumé, on peut dire que ces activités naturelles sont faibles, et du même ordre de grandeur que celles relevées sur d'autres sites Français (1).

(1) Cf. par exemple : Point zéro de CREYS MALVILLE [3]
Point zéro de CHINON [5]

Activité artificielle

Prélèvement E1. Le seul radionucléide détecté est le césium 137. Son activité est très faible avec $1,4 \pm 1 \text{ mBq.l}^{-1}$ associés aux M.E.S. et $0,5 \pm 0,5 \text{ mBq.l}^{-1}$ présents sous forme dissoute.

Prélèvement E2. Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté.

Prélèvement E3. Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté.

Sur la base des trois prélèvements réalisés, on peut dire que l'activité artificielle des eaux de la SEINE se situe à un niveau très faible. Le seul radionucléide détecté provient des retombées radioactives dues aux tirs atomiques aériens. Rappelons que le dernier de ces tirs a été effectué en Chine le 16 octobre 1980.

3.2.2.2 . Activité en strontium et en tritium des eaux de la SEINE

Les résultats concernant le tritium et le strontium dans les eaux de la SEINE sont consignés dans le tableau n° 4 de l'annexe.

Strontium 90

Dans les trois cas (E1, E2 et E3), si le radionucléide est présent, son activité est inférieure aux seuils de détection dans les conditions de mesure. Ce seuil s'établit à 185 mBq.l^{-1} pour E1, à $18,5 \text{ mBq.l}^{-1}$ pour E2 et à $7,4 \text{ mBq.l}^{-1}$ pour E3.

Le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (S.C.P.R.I) [9] publie tous les trimestres un rapport d'activité contenant les mesures radioactives effectuées sur des prélèvements provenant de l'ensemble du territoire. On y trouve notamment des mesures d'activité d'eaux de la SEINE prélevées en continu à BOUGIVAL, station située en aval de PARIS. Le tableau n° 2 du texte résume les activités en strontium 90 relevées pour l'année 1981 et pour le premier trimestre de 1982.

TABLEAU N° 2 - MESURES DE STRONTIUM ^{90}Sr
DANS LES EAUX DE LA SEINE EFFECTUEES PAR LE S.C.P.R.I.
PRELEVEMENTS A BOUGIVAL - ANNEES 1981 et 1982

ANNEE	1 9 8 1												1 9 8 2		
MOIS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03
^{90}Sr mBq.l^{-1}	8,2	7,0	8,2	4,4	5,2	8,1	4,1	6,3	AAS	8,1	AAS	11	11	4,8	5,2

A.A.S. : Aucune activité significative

On constate que les valeurs se situent effectivement à des niveaux très faibles.

Tritium

Les niveaux d'activité en tritium des prélèvements E1 et E2 sont comparables : $23,4 \pm 0,5$ et $29 \pm 0,6 \text{ Bq.l}^{-1}$, respectivement. Celui obtenu pour le prélèvement E3 est un peu plus faible puisqu'égal à $13,4 \pm 0,6 \text{ Bq.l}^{-1}$. Ces résultats méritent d'être remarqués car ils se situent au-dessus des valeurs habituellement rencontrées dans les eaux de surface comme le montre le tableau n° 3.

TABLEAU N° 3 - COMPARAISON DES ACTIVITES EN TRITIUM
DES EAUX DE PLUSIEURS SITES FRANCAIS
SOUMIS AUX SEULES RETOMBEEES

SITE	PRELEVEMENTS	DATE	ACTIVITE EN (Bq.l^{-1})
NOGENT SUR SEINE	E1	30 au 31.07.1981	$23,4 \pm 0,5$
	E2	09 au 11.11.1981	$29 \pm 0,6$
	E3	22 au 23.06.1982	$13,4 \pm 0,6$
CREYS	E1	21 au 24.04.1980	$14,8 \pm 7,4$
	E2	25 au 25.06.1980	$11,1 \pm 5,5$
CATTENOM (1)	M1	02.02.1982	$7,1 \pm 0,6$
	G1	02.02.1982	$6,5 \pm 0,5$

(1) Document à paraître.

D'autres mesures effectuées dans le domaine terrestre confortent cette constatation ; il s'agit de trois mesures effectuées à VILLIERS. Deux sont relatives à une eau d'irrigation, dont il est évident qu'elle a pour origine la nappe proche de la SEINE ($20,5 \pm 0,48 \text{ Bq.l}^{-1}$ pour juillet 1982 et $15,3 \pm 0,2$ pour août 1982), l'autre concerne la SEINE proprement dite ($26,9 \pm 0,6 \text{ Bq.l}^{-1}$ en juillet 1982).

Dans le tableau n° 4 nous faisons figurer des résultats relatifs aux eaux de pluies en région parisienne - à la station du VESINET (résultats SCPRI) et à CLAMART (résultats de PATTI [10]) - et dans la SEINE - à BOUGIVAL (résultats SCPRI) et à la station de CHOISY-LE-ROI (résultats de PATTI).

TABLEAU N° 4 - DONNEES SUR LES ACTIVITES EN TRITIUM
DE L'EAU DE PLUIE ET DE LA SEINE EN REGION PARISIENNE
RESULTATS EN Bq.l^{-1}

MOIS	Eau de pluie LE VESINET		Eau de pluie CLAMART		Eau de SEINE BOUGIVAL		Eau de SEINE CHOISY-LE-ROI	
	1981	1982	1979	1980	1981	1982	1979	1980
01	AAS(1)	AAS	55	33	16	AAS	-	le 28:29,6
02	AAS	17	37	70	14	17	le 7:13	le 29:24
03	AAS	AAS	33	15	AAD(2)	AAS	-	-
04	AAS	17	18,5	11	14	AAS	le 6:40,7	le 22:22,2
05	AAS	AAS	44	48	AAD	AAS	le 25:11	le 27:14,8
06	AAS	AAS	30	26	AAD	AAS	-	-
07	AAS	AAS	15	30	19	AAS	le 23:11	le 8:12,2
08	AAS	AAS	7,5	9,2	16	AAS	-	le 4:20
09	AAS	AAS	7,5	18,5	16	AAS	-	-
10	AAS	AAS	15	11	AAS	AAS	le 15:16,6	le 9:14
11	AAS	AAS	22	11	19	AAS	-	le 18:8,5
12	AAS	AAS	26(3)	11(4)	14	AAS	le 11:18,5(5)	-(6)

(1) Aucune activité significative

(4) Moyenne : 26

(2) Aucune activité détectable

(5) Moyenne : 18,5

(3) Moyenne : 26

(6) Moyenne : 18,1

De ces résultats il ressort :

- que pour les eaux de pluie on constate de fortes variations mensuelles avec en général des maxima en janvier-février (on dispose de résultats entre 1972 et 1980) ;
- que les valeurs trouvées pour les eaux de pluies en région parisienne sont supérieures à celles obtenues dans d'autres villes françaises (Strasbourg, Thonon-les-Bains, Marseille, Le Mans) ;
- que les valeurs trouvées en SEINE à PARIS entre 1972 et 1980 sont remarquablement stables si l'on considère les moyennes annuelles (valeur maximale de $26,2 \text{ Bq.l}^{-1}$ en 1977 et valeur minimale de $16,8$ en 1974).

Nos résultats ne sont pas en contradiction avec ceux que l'on trouve dans la bibliographie [9] [10] : l'eau de SEINE prélevée à NOGENT présente une activité en tritium supérieure à celles relatives aux autres grandes rivières françaises. La permanence dans le temps de ces teneurs (entre 72 et 82) pourrait s'expliquer, à notre connaissance, de deux manières :

- l'influence des pluies dont les niveaux d'activité sont particulièrement élevés dans cette région, ce qui expliquerait les teneurs élevées dans l'eau de SEINE ;
- l'influence d'un stockage dans les formations crayeuses d'une eau marquée par l'activité importante de la période 1950-1962. Ce fait assez rare, n'est pas invraisemblable car il est observé dans certaines nappes semi-profondes du sud-ouest.

3.2.3 . RECAPITULATION DES RESULTATS ESSENTIELS RELATIFS A L'EAU

Les dosages radioactifs réalisés pour trois conditions de débit $49 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, $105 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ et $16 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ montrent que :

- L'activité naturelle est essentiellement due au potassium 40 présent sous forme dissoute et associé aux M.E.S.

- L'activité artificielle est due uniquement au césium 137 qui n'a été détecté à des niveaux très faibles ($0,4$ à $3,4 \text{ mBq.l}^{-1}$) que dans le seul prélèvement E1.
- Le strontium 90 s'il est présent au niveau de NOGENT SUR SEINE ne peut l'être qu'avec des activités inférieures à 185 mBq.l^{-1} . A BOUGIVAL, son activité a toujours été inférieure à 11 mBq.l^{-1} pendant l'année 1981. Comme le césium 137, ce radionucléide provient des retombées des tirs atomiques aériens.
- Le tritium a présenté une activité de $23,4 \pm 0,5 \text{ mBq.l}^{-1}$ en juillet 1981, de $29 \pm 0,6$ en novembre de la même année et de $13,4 \pm 0,6$ en juin 1982. Ces valeurs supérieures à la moyenne des autres fleuves français proviendraient essentiellement de niveaux d'activité des eaux de pluie supérieures en région parisienne.

CHAPITRE 4

RESULTATS RELATIFS AUX SEDIMENTS

4.1 . INTERET ET DIFFICULTE DE LA MESURE DE L'ACTIVITE
DES SEDIMENTS

Le matériel sédimentaire présent dans toute eau de surface a la propriété de fixer les radionucléides qui y sont introduits du fait de la pratique de rejets liquides et gazeux dans l'environnement et des apports atmosphériques dûs aux retombées consécutives aux explosions atomiques aériennes. Ce phénomène de fixation aboutit selon le produit radioactif considéré et la qualité physico-chimique de l'eau et du sédiment, à la disparition d'une fraction plus ou moins importante de l'activité introduite sous forme soluble dans l'eau et à une concentration des radionucléides rejetés sur les sédiments déposés ou en suspension.

Or les alluvions fluviatiles sont utilisées fréquemment en tant que matériaux de construction, amendement pour les sols agricoles, matériaux de filtration dans les stations de traitement des eaux, etc. De plus, elles constituent (berges, plages, fles) des zones récréatives qui, du fait de l'affinité des radionucléides pour les matériaux sédimentaires et du séjour partiel de la population à leur contact, peuvent produire une irradiation externe qui peut représenter une part significative du débit de dose total délivré à l'homme.

Enfin, elles peuvent servir de supports ou d'habitats pour la flore et la faune aquatique dont elles peuvent augmenter les niveaux d'activité du fait des transferts possibles des sédiments vers les deux compartiments de l'écosystème.

Le prélèvement des matériaux sédimentaires ne pose pas de problème en terme de sensibilité de mesure, l'activité étant toujours supérieure d'un facteur 100 à 1 000, voire 10 000 aux valeurs observées dans l'eau.

L'évolution du lit d'un cours d'eau est par ailleurs très progressive au cours du temps. Une mesure unique et des prélèvements sur le lit effectués en période de débits faibles de préférence, permettent d'obtenir les conditions les plus favorables à l'apparition de zones de sédimentation (*) fine (1) propice à l'accumulation des radionucléides dont la fixation par les sédiments est largement conditionnée par la granulométrie des matériaux (2).

C'est essentiellement l'hétérogénéité des dépôts (taille) en fonction de leur localisation dans des zones plus ou moins soumises à l'écoulement (berges, bras morts, chenal, présence d'ouvrages) qu'il convient d'évaluer par la mise en oeuvre d'une technique de mesure et d'échantillonnage appropriée au lit du cours d'eau.

L'intérêt porté aux dépôts se justifie enfin par le fait qu'ils représentent une intégration des processus s'étant déroulés dans le temps, dans la masse liquide avant la période de prélèvement.

4.2 . OPERATIONS REALISEES IN SITU

4.2.1 . OBJECTIFS POURSUIVIS

Dans le cas de l'étude des dépôts sédimentaires les travaux effectués in situ revêtent une importance particulière puisqu'il convient (cf. 4.1) par une prospection aussi complète que possible, de mettre en évidence les différentes zones de sédimentation présentes dans le lit du cours d'eau en aval du futur point de rejet.

- (1) Les vitesses d'écoulement minimales associées aux débits les plus faibles favorisant les processus de sédimentation.
- (2) Les éléments d'un diamètre inférieur à 50 μm sont les principaux responsables de la fixation des radionucléides par les sédiments.

Les moyens de mesure et de prélèvement des sédiments ainsi que les moyens mis en oeuvre sont décrits en détail dans l'annexe I, Méthodologie.

4.2.2 . LOCALISATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT

En raison des caractéristiques particulières du site, à savoir les étendues de la plaine inondable et du système hydrographique, un large échantillonnage a été effectué. Sur l'ensemble du secteur étudié nous avons effectué :

- 40 km de relevé radioactif en sonde traînée des fonds de la SEINE et des canaux de dérivation (plan n° 3).
- 36 km de dragage en continu des fonds de la SEINE et des canaux de dérivation ayant conduit à la récolte de 29 échantillons (plans n° 3 et 4).
- 36 prélèvements sur les berges, également répartis entre rive droite et rive gauche.
- 28 prélèvements dans les cours d'eau, étangs et noues dont 20 se situent du côté Nord de la SEINE (rive droite) et 8 se situent du côté Sud (rive gauche).
- 2 prélèvements situés sur la plage de la zone de loisirs de BRAY SUR SEINE.
- 2 prélèvements dans les bassins de décantation de BRAY SUR SEINE recevant les effluents de l'industrie sucrière.
- 2 prélèvements dans une entreprise d'extraction de graviers qui tire ses matériaux du lit de la SEINE à l'amont immédiat du site.
- 3 prélèvements dans la VOULZIE, affluent de la SEINE près de SAINT SAUVEUR LES BRAY.

Tous ces prélèvements après avoir donné lieu à une mesure en γ global et en spectrométrie γ NaI ont subi un traitement ayant conduit à la constitution d'échantillons composites. Les détails de ces mesures ainsi que les modalités du traitement sont donnés en annexe.

4.2.3 . LES RESULTATS

Les caractéristiques sédimentologiques et radioactives des échantillons de sédiments déterminés à partir des opérations et mesures faites sur le terrain sont données dans les tableaux n° 5 à n° 11 de l'annexe 2.2 et dans le plan n° 3.

4.2.3.1 . Les observations morphologiques

Les échantillons prélevés par benne traînée sont pour la plupart constitués de sables et/ou de graviers ; seuls ceux prélevés dans les canaux de BEAULIEU, de MARNAY et de l'écluse de NOGENT révèlent la présence de vase (tableaux n° 5 et 6). Pour les échantillons de berges (tableaux n° 7 et 8) la vase qui est présente plus fréquemment est associée à du sable ou à du gravier. Nous faisons la même remarque pour les échantillons issus de la vieille SEINE, des petits affluents de la SEINE et des étangs ou gravières (tableaux n° 9 à n° 11). Les deux sédiments des bassins de décantation de BRAY/SEINE sont vaseux.

4.2.3.2 . Les résultats de la sonde traînée

L'activité γ globale des fonds, mesurée par la technique de la sonde traînée, varie de 20 à 75 chocs/secondes. Ces résultats se situent dans la fourchette des résultats obtenus sur d'autres sites français (1). Il s'agit d'une mesure sans déduction du bruit de fond.

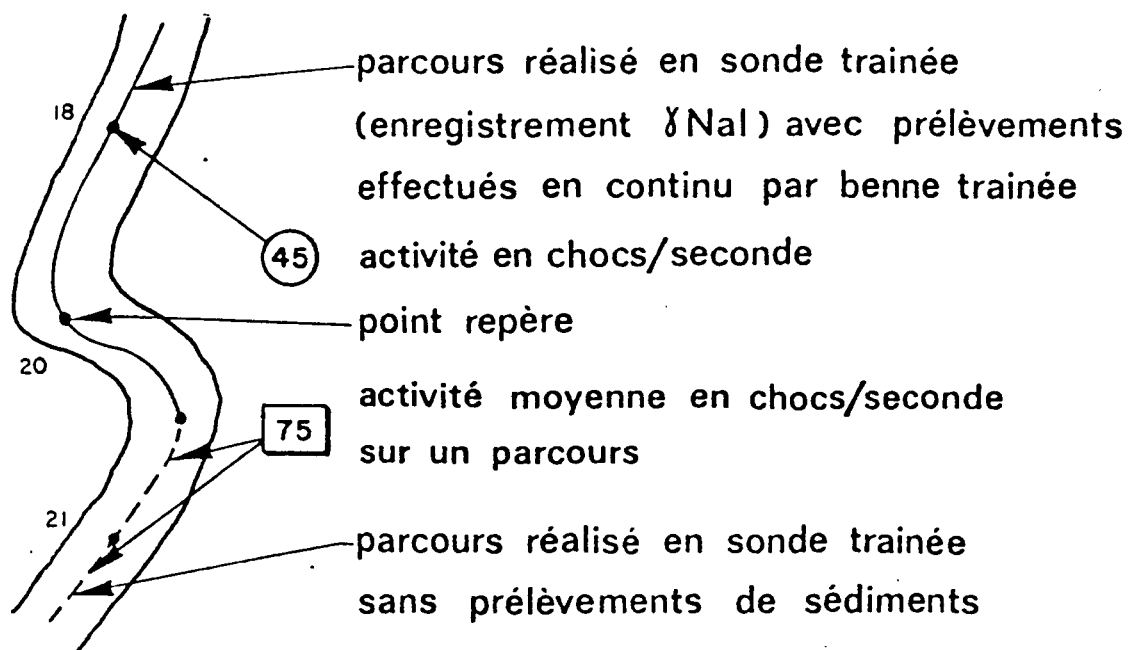
4.2.3.3 . Les résultats de la mesure γ globale avec déduction du bruit de fond et de la mesure γ NaI

Ces mesures sont réalisées en camion laboratoire sur des conteneurs de 4 litres. La mesure γ globale va de 6 à 25 chocs/secondes ; la valeur maximale étant relative à un sédiment prélevé dans le bassin de décantation de BRAY SUR SEINE.

(1)	CHINON	120 à 240	[5]
	DAMPIERRE	50 à 400	[6]
	BLAYAIS	65 à 195	[7]

**POINT ZÉRO RADIOÉCOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE**

**EMPLACEMENT DES PARCOURS
DE SONDE TRAINÉE**



La spectrométrie γ NaI a révélé la présence dans tous les échantillons, du potassium 40 et des éléments de la famille de l'uranium 238 (plomb 214 et bismuth 214). Aucun radionucléide artificiel n'a été décelé.

4.3 . MESURES QUANTITATIVES REALISEES EN LABORATOIRE

4.3.1 . CONSTITUTION DES ECHANTILLONS COMPOSITES

Les travaux réalisés sur le site, s'appuyant sur un échantillonnage dense et sur des mesures pseudo-quantitatives nombreuses, apportent la garantie que les diverses zones de dépôts présentes dans le lit du cours d'eau ont été prospectées. Le but des dosages effectués en laboratoire est de définir quantitativement les caractéristiques de chacune des zones de dépôts mises en évidence. On procède de ce fait, à partir des nombreux échantillons individuels récoltés, à la constitution d'un lot réduit d'échantillons dits composites résultant du mélange de plusieurs prélèvements individuels ayant des caractéristiques communes (localisation, activité globale, émetteurs présents, granulométrie, mode de prélèvements...). C'est sur ces échantillons composites, représentatifs non plus d'une station particulière, mais chacun d'une zone de dépôts, que l'on procède aux mesures radioactives et sédimentologiques qui permettent de définir et d'explicitier les niveaux d'activité mesurés sur les sédiments.

4.3.2 . DEFINITION ET REPARTITION DES ECHANTILLONS COMPOSITES

Les modalités de constitution des échantillons composites sont données dans les tableaux n° 12, 13, 14 et 15 de l'annexe. Leur répartition géographique est indiquée sur le plan n° 4 du texte. 17 échantillons composites ont été constitués qui correspondent aux dépôts suivants :

- Z1 Plage aménagée de la zone de loisir de BRAY SUR SEINE - Sables.
- Z3 Sédiments de la VOULZIE - Sables.
- Z4 Vases des prélèvements effectués dans les bras morts, étangs, noues et ruisseaux.
- Z5 Sables des prélèvements effectués dans les bras morts, étangs, noues et ruisseaux.
- Z6 Gravière en exploitation - Sables.
- Z7 Vases des prélèvements effectués sur les berges de la rive droite.
- Z8 Sables des prélèvements effectués sur les berges de la rive droite.
- Z9 Vases des prélèvements effectués sur les berges de la rive gauche.
- Z10 Sables des prélèvements effectués sur les berges de la rive gauche.
- Z11 Lit de la SEINE de l'aval du canal de BEAULIEU à VILLIERS SUR SEINE jusqu'à BRAY SUR SEINE - Sables.
- Z12 Lit du canal de BEAULIEU à VILLIERS SUR SEINE et du canal de NOGENT - Vases et sables fins.
- Z13 Lit de la SEINE en amont de BEAULIEU - Sables.
- Z14 Lit du canal de MARNAY SUR SEINE - Vases.

En plus, à partir de ces échantillons ont été extraits par tamisage, les deux fractions :

Z'A Particules comprises entre 0,2 mm et 2 mm

Z'B Particules comprises entre 0,05 mm et 0,2 mm

L'activité des particules les plus fines sera évaluée à partir de l'échantillon Z14 qui contient 87 % d'éléments d'un diamètre inférieur ou égal à 50 μ m.

Ces échantillons représentatifs de trois grandes classes granulométriques aident à définir l'influence de la finesse des matériaux sur leur teneur en radionucléides.

En outre les prélèvements de boues issues des bassins de décantation de BRAY-SUR-SEINE (industrie sucrière) ont été regroupés en un échantillon composite B2.

4.3.3 . RESULTATS DES MESURES RADIOACTIVES

Les résultats de ces mesures sont détaillés dans les tableaux n° 24, 25 et 26 de l'annexe en ce qui concerne les émetteurs γ et n° 27 en ce qui concerne le strontium 90.

4.3.3.1 . Emetteurs γ

Ce paragraphe concerne les résultats des spectrométries γ Ge-Li effectuées sur les 13 échantillons composites issus des 100 prélèvements ponctuels. Les résultats relatifs aux fractions granulométriques Z'A, Z'B et Z14 seront inclus dans un paragraphe relatif à l'étude de la répartition de l'activité en fonction de la granulométrie des dépôts.

L'activité naturelle dans les échantillons Z1 à Z14 est essentiellement due au potassium 40 avec des activités variant de 21 ± 7 à 160 ± 30 Bq.kg⁻¹. Ces valeurs d'activité en ⁴⁰K sont plus faibles que celles relevées sur d'autres sites Français. Le tableau n° 5 donne quelques comparaisons avec d'autres sites Français.

TABLEAU N° 5 - COMPARAISON DES TENEURS EN POTASSIUM 40
DANS LES SEDIMENTS DE DIVERS SITES FRANCAIS

SITE	POTASSIUM 40 Bq.kg ⁻¹	
	Valeur minimale	Valeur maximale
NOGENT SUR SEINE	21 ± 7	160 ± 30
CREYS MALVILLE	410 ± 75	590 ± 75
CHINON	777 ± 74	$1\ 070 \pm 110$
BLAYAIS	440 ± 70	960 ± 135
CRUAS	270 ± 50	780 ± 185

**POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE**

EMPLACEMENTS

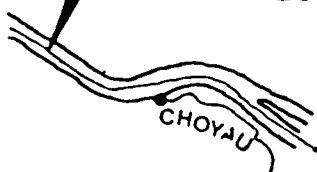
- DES PRELEVEMENTS PONCTUELS
- DES PRELEVEMENTS EFFECTUES EN BENNE TRAINEE
(PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS)

NY 3
Z 5

- RÉFÉRENCE DE L'ÉCHANTILLON PONCTUEL
- ÉCHANTILLON COMPOSITE AUQUEL IL APPARTIENT

BT 4
Z 11

- RÉFÉRENCE DE L'ÉCHANTILLON OBTENU
EN BENNE TRAINÉE
- ÉCHANTILLON COMPOSITE AUQUEL IL APPARTIENT



La faiblesse des taux de potassium 40 provient de la large prédominance des calcaires sur ce site, comme nous le verrons plus loin.

On note également la présence :

- De l'uranium 238 avec des activités variant entre 4 ± 2 et 22 ± 8 Bq.kg⁻¹.
La valeur relative à l'échantillon Z9 constitué des vases prélevées en berge gauche se situe en dessous du seuil de détection dans les conditions de la mesure, soit 10 Bq.kg⁻¹.
- Du radium 226 avec des activités comprises entre 7 ± 4 et 22 ± 10 Bq.kg⁻¹.
- Des nucléides de la famille du thorium ($^{232}\text{Th} \rightarrow ^{228}\text{Ac}$) avec des activités comprises entre 3 ± 2 et 21 ± 5 Bq.kg⁻¹.

Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles relevées sur d'autres sites.

Dans deux échantillons Z8 et Z10 qui représentent respectivement les sables des berges de la rive droite et de la rive gauche on constate la présence de beryllium 7 (^7Be). Ce radionucléide a une origine atmosphérique, or certains de ces sables ont été prélevés sur des zones parfois découvertes. Lors des fluctuations de niveau du fleuve les pluies ont marqué ces dépôts. Les autres prélèvements effectués, du fait qu'ils proviennent de zones toujours immergées en sont exempts. On a trouvé 7 ± 2 Bq.kg⁻¹ dans Z8 (rive droite) et 6 ± 1 Bq.kg⁻¹ dans Z10 (rive gauche).

L'ensemble de ces résultats sera commenté ultérieurement d'une part dans le paragraphe relatif à l'étude de l'activité en fonction de la granulométrie des dépôts, d'autre part dans un paragraphe réservé à l'interprétation des résultats.

L'activité artificielle est due à trois radionucléides : le césium 137 (^{137}Cs), le cérium 144 (^{144}Ce) et le niobium 95 (^{95}Nb).

Le césium 137 a été détecté dans tous les échantillons sauf un, le Z6, correspondant à des sables de gravières ayant subi un lavage. Pour les autres échantillons les niveaux d'activité varient de $0,6 \pm 0,2$ à $20 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Cette fourchette de valeurs est assez étendue mais on peut distinguer plusieurs groupes d'échantillons de caractéristiques et d'activités comparables :

- Les échantillons dont l'activité en ^{137}Cs est inférieure à 1 Bq.kg^{-1} . Il s'agit des composites Z11 (lit de la SEINE en aval de VILLIERS ; $0,6 \pm 0,2 \text{ Bq.kg}^{-1}$), Z13 (lit de la SEINE en amont de BEAULIEU ; $0,7 \pm 0,2 \text{ Bq.kg}^{-1}$) et Z6 (gravière, sables lavés ; $\leq 0,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$). Ces échantillons sont constitués de sables grossiers comportant très peu de particules fines.
- Les échantillons dont l'activité en ^{137}Cs est comprise entre 1 et 5 Bq.kg^{-1} . Il s'agit des composites Z1 (plage de BRAY SUR SEINE ; $1,1 \pm 0,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$), Z3 (sédiments de la VOULZIE ; $3,1 \pm 0,9 \text{ Bq.kg}^{-1}$), Z5 (sables des prélèvements effectués dans les ruisseaux et étangs ; $4 \pm 1 \text{ Bq.kg}^{-1}$) Z8 (sables prélevés en berge rive droite ; $1,1 \pm 0,4 \text{ Bq.kg}^{-1}$) et Z10 (sables prélevés en berge rive gauche ; $1,3 \pm 0,4 \text{ Bq.kg}^{-1}$). Ces échantillons sont constitués de sables plus fins que les précédents. De plus, ils ont pu accumuler entre leurs grains quelques particules fines dont l'aptitude à fixer le césium hausse le niveau général de l'activité.

- Les échantillons dont l'activité en ^{137}Cs est comprise entre 5 et 10 Bq.kg^{-1} . Il s'agit de Z7 et Z9 (éléments fins prélevés respectivement en berge droite et berge gauche ; 9 ± 3 et $8 \pm 1 \text{ Bq.kg}^{-1}$) et Z12 (canal de BEAULIEU à VILLIERS ; $6 \pm 1 \text{ Bq.kg}^{-1}$). Ces échantillons sont constitués de particules sensiblement plus fines que les précédents et renferment davantage de matière organique ; toutefois, ils contiennent encore une part non négligeable de sables (voir tableaux n° 19 et 20 de l'annexe).
- Enfin les échantillons d'une activité en ^{137}Cs supérieure à 10 Bq.kg^{-1} . Il s'agit de Z4 (vases des prélèvements effectués dans les ruisseaux et étangs ; $12 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1}$) et Z14 (lit du canal de MARNAY - SUR - SEINE ; $20 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1}$). Il est à noter que le canal de MARNAY se situe en amont du site et est séparé de la SEINE par une écluse. Cet échantillon peut donc constituer dans le futur une référence permettant de mesurer l'impact des rejets de la centrale. Ces deux composites sont presque uniquement composés d'éléments fins, ce qui explique leur teneur en ^{137}Cs .
Ce ^{137}Cs provient des retombées des tirs atomiques aériens. Sa période étant de 30 ans il s'agit aussi bien de tirs récents que plus anciens.

Les niveaux d'activité du césium 137 à NOGENT SUR SEINE sont du même ordre de grandeur que sur d'autres sites Français. Par exemple on avait trouvé :

- de 0,7 à $22,2 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à CREYS-MALVILLE [3]
- de 0 à 59 Bq.kg^{-1} à DAMPIERRE [6]
- de 0 à 19 Bq.kg^{-1} au BLAYAIS [7]

Le couple cérium 144 et praséodyme 144 a été détecté dans 6 échantillons sur 13. Le jeu de valeurs significatives s'échelonne entre $1 \pm 0,2$ et $12 \pm 1 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Sur ce site il provient des retombées des tirs nucléaires aériens effectués dans l'hémisphère Nord et en particulier de celui d'octobre 1980.

Ce radionucléide ne reste pas en solution dans l'eau mais précipite sous forme de colloïdes. Il est donc normal de le trouver dans les matériaux exposés aux pluies. Dans le fleuve, le courant interdit sa sédimentation sauf dans des zones très calmes. En effet, on trouve le cérium dans la plupart des échantillons comportant des matériaux fins (zones de sédimentation : Z4, Z7, Z9 et Z12 et dans des dépôts plus particulièrement exposés aux pluies : Z5, prélèvements effectués dans les ruisseaux (faible profondeur) et Z8, sables des berges rive droite. On se souvient que ce dernier échantillon contenait du beryllium 7, indice d'apport atmosphérique.

Le niobium 95 a été détecté dans 8 échantillons sur 13. Le jeu de valeurs significatives s'échelonne entre $0,8 \pm 0,3$ et 8 ± 1 Bq.kg⁻¹. Sa période est de 35 jours ; il provient des retombées du tir nucléaire d'octobre 1980. Certains matériaux fins sont marqués (Z4, Z7, Z9 et Z14); d'autres, plus grossiers mais assez exposés aux pluies le sont également. Ce sont Z1 (plage de BRAY), Z3 (La VOULZIE) et les sables des berges rive droite et rive gauche, Z8 et Z10, échantillons renfermant par ailleurs du beryllium 7.

4.3.3.2 . Cas des boues de décantation (B2)

Cet échantillon d'une nature différente des sédiments de la SEINE présente une activité naturelle plus élevée que celle des autres échantillons. En effet, on y relève la présence de : (voir tableau n° 24 de l'annexe)

- Uranium 238	(26 ± 13 Bq.kg ⁻¹)
- Radium 226	(42 ± 20 Bq.kg ⁻¹)
- Thorium 232	(39 ± 10 Bq.kg ⁻¹)
- Potassium 40	(510 ± 100 Bq.kg ⁻¹)

En revanche, son activité artificielle est du même ordre de grandeur que celle des échantillons séquaniens d'une finesse équivalente (Z4, Z14). On y a mesuré le :

- Césium 137 $(19 \pm 4 \text{ Bq.kg}^{-1})$
- Cérium 144 + Praséodyme 144 $(8 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1})$

Ces boues de décantation proviennent pour l'essentiel des lavages des betteraves et sont constituées surtout de terres très fines. L'échantillon B2 se situe ainsi à la frontière des domaines du système aquatique et du système terrestre.

4.3.3.3 . Récapitulation des résultats relatifs aux émetteurs γ

L'activité naturelle provient pour une large part du potassium 40. Toutefois, en raison de la nature essentiellement calcaire des sédiments, le ^{40}K présente des activités plus faibles que celles habituellement rencontrées sur les autres bassins fluviaux. On note également la présence des émetteurs des familles de l'uranium (dont le ^{226}Ra) et du thorium. Dans deux échantillons de sables on détecte du beryllium 7, indice d'un apport atmosphérique.

L'activité artificielle est essentiellement due au césium 137, mais dans certains échantillons on trouve du cérium 144 et du niobium 95. Le césium provient des tirs atomiques aériens ayant eu lieu dans l'hémisphère Nord pendant les dernières décennies, alors que les deux autres radionucléides proviennent vraisemblablement du tir d'octobre 1980. Dans le tableau n° 6 du texte les échantillons sont regroupés en fonction de certaines caractéristiques communes et les fourchettes d'activité sont données pour chacun des radionucléides détectés.

TABLEAU N° 6

RECAPITULATIF DES MESURES RADIOACTIVES EFFECTUEES SUR LES SEDIMENTS
PRELEVES A NOGENT SUR SEINE EN OCTOBRE-NOVEMBRE 1981

Origine et nature des échantillons Activité (Bq.kg ⁻¹)	Sables de la SEINE Lit + berges	Sables des ruisseaux et étangs-La VOULZIE	Vases SEINE et canaux	Vases des ruisseaux et étangs	Graviers	Bassins de décanation
Naturelle	238 _U + 234 _{Pa}	Z1, Z8, Z10, Z11 6 ± 3 à 9 ± 3	Z7, Z9, Z12, Z14 ≤ à 22 ± 5 (3/4)	Z4 22 ± 8	Z6 4 ± 2	B2 26 ± 13
	226 _{Ra}	9 ± 5 à 10 ± 6	11 ± 5 à 20 ± 9	22 ± 10	7 ± 4	42 ± 20
	232 _{Th} + 228 _{Ac}	3 ± 2 à 6 ± 1	11 ± 3 à 20 ± 3	21 ± 5	3 ± 1	39 ± 10
	40 _K	24 ± 6 à 40 ± 10	80 ± 20 à 160 ± 25	160 ± 30	21 ± 7	510 ± 100
Artificielle	137 _{Cs}	0,6 ± 0,2 à 1,3 ± 0,4	3,1 ± 0,9 à 4 ± 1	12 ± 2	≤ 0,5	19 ± 4
	144 _{Ce} + 144 _{Pr}	≤ à 1,0 ± 0,2 (1/4) (1)	≤ à 12 ± 1 (3/4)	6,8 ± 0,9	≤ 1	8 ± 2
	95 _{Nb}	≤ à 1,2 ± 0,3 (3/4)	≤ à 8 ± 1 (3/4)	4,1 ± 0,8	≤ 1	≤ 4

(1) Le signe ≤ signifie que certaines des valeurs se situent en dessous des limites de détection. Le chiffre entouré (3/4) donne le nombre de mesures significatives. Ici sur 4 échantillons on a une mesure significative.

(2) Dans chaque cas sont portées par groupe d'échantillons : - la mesure mini avec son intervalle de confiance à 95 %
- la mesure maxi avec son intervalle de confiance à 95 %

NOTA : Présence de beryllium 7 dans deux échantillons. Z8 (7 ± 2 Bq.kg⁻¹) et Z10 (6 ± 1 Bq.kg⁻¹).

4.3.3.4 . Dosages radiochimiques du strontium 90

Les résultats relatifs au strontium 90 sont consignés dans le tableau n° 27 de l'annexe.

Du fait que les teneurs en strontium 90 des sédiments sont généralement très faibles on a procédé à cette mesure uniquement sur les fractions granulométriques Z'A, Z'B, isolées à partir de l'ensemble des échantillons récoltés.

Dans tous les cas les résultats sont inférieurs à la limite de sensibilité de la méthode employée, soit $7,4 \text{ Bq.kg}^{-1}$.

4.3.4 . ETUDE DE LA REPARTITION DE L'ACTIVITE EN FONCTION DE LA GRANULOMETRIE DES DEPOTS

Pour réaliser cette étude nous utiliserons les résultats radioactifs déjà exposés (tableau n° 24 et 25 de l'annexe), les résultats radioactifs relatifs aux classes granulométriques (tableau n° 26 de l'annexe) et les résultats des analyses granulométriques (tableaux n° 20 et 21 de l'annexe).

Comme précédemment nous étudierons d'abord l'activité naturelle, puis l'activité artificielle.

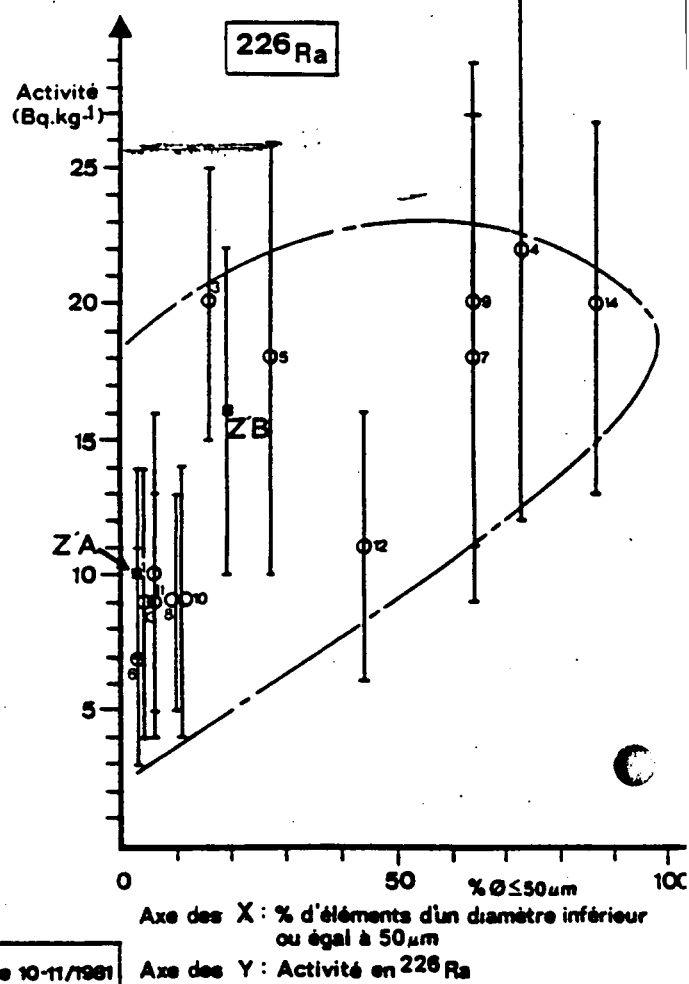
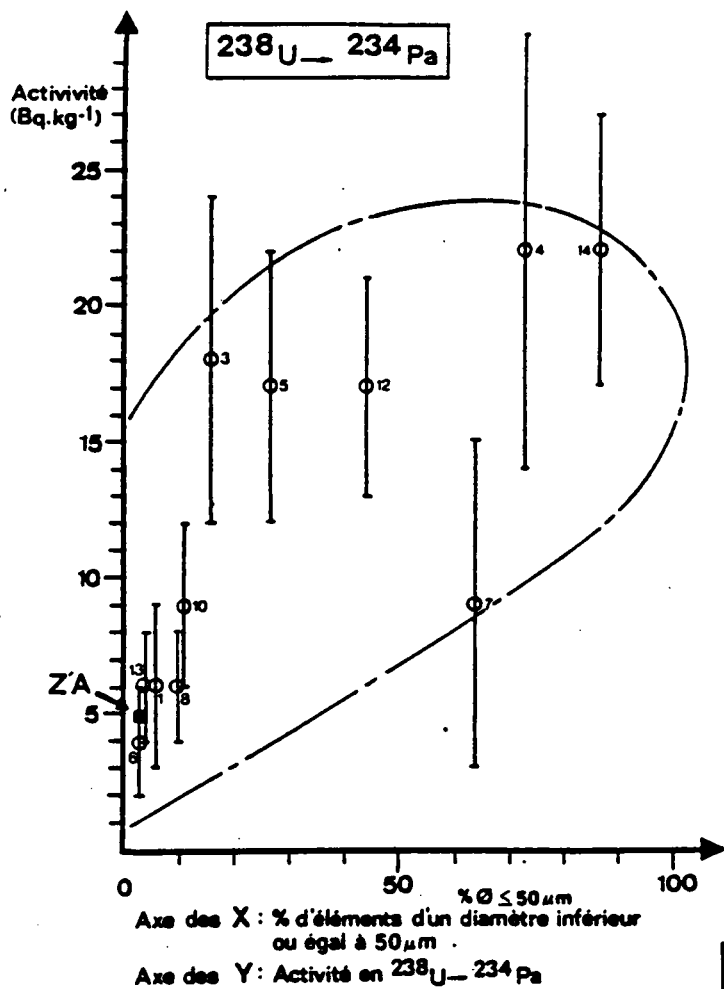
4.3.4.1 . Influence de la granulométrie des dépôts sur l'activité naturelle

Echantillons composites Z1 à Z14, Z'A et Z'B

Afin de visualiser les données et de rendre les explications plus faciles, les représentations graphiques des relations granulométrie -activité relatives à quatre radionucléides naturels ont été regroupées figure n° 1.

Pour tracer ces graphiques on a porté en abscisses le pourcentage de particules d'un diamètre inférieur à $50 \mu\text{m}$ (1) présent dans chacun des échantillons composites et en ordonnées la valeur des activités mesurées avec leur barre d'erreur due aux incertitudes de comptage.

(1) Cette valeur est arbitraire mais elle correspond à celle généralement retenue dans des études de ce type, par exemple contamination par des métaux lourds... On pourrait prendre aussi la teneur en argiles ($\phi < 2 \mu\text{m}$) mais les nombreux échantillons de sables dont nous disposons en contiennent trop peu.



Campagne 10-11/1981

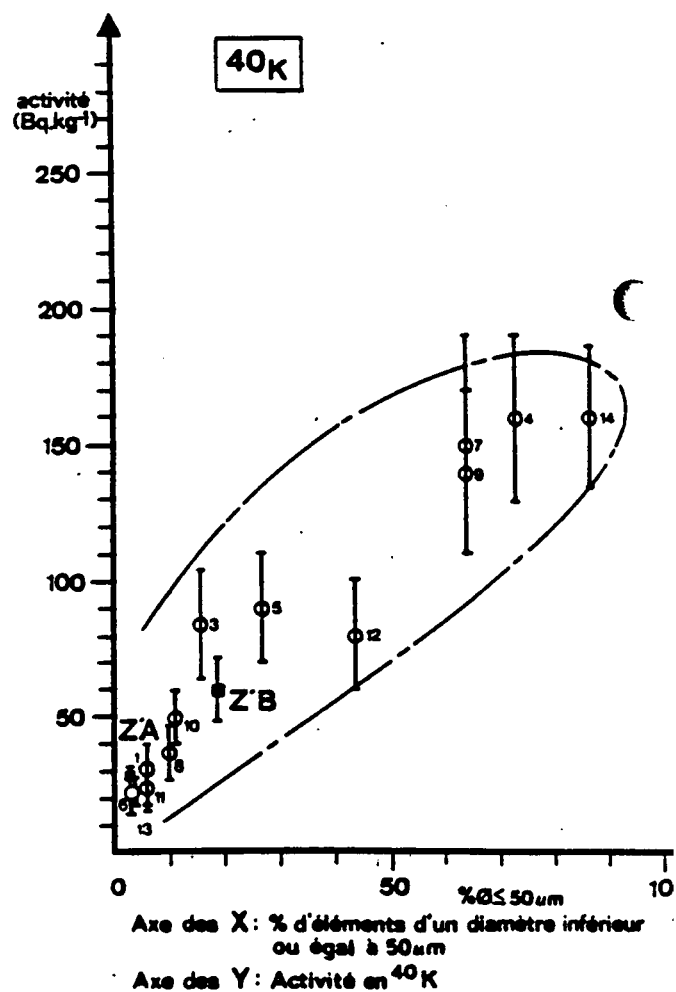
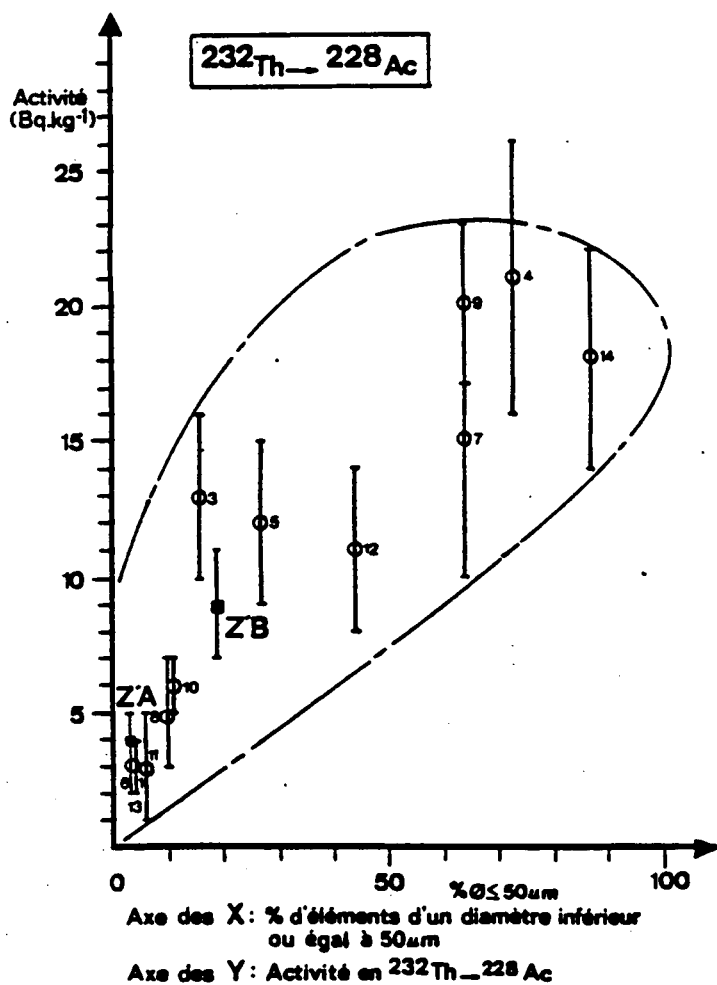


FIGURE 1 - RELATIONS ENTRE L'ACTIVITÉ NATURELLE ET LA GRANULOMÉTRIE DES ÉCHANTILLONS DE NOGENT-sur-SEINE

Dans le cas où l'on avait un résultat de la forme " $\leq x$ " c'est-à-dire où l'on n'était pas sûr de la présence du radionucléide considéré l'échantillon a été exclu du jeu de valeurs.

Pour les quatre radionucléides considérés on constate à la vue des graphiques que l'activité naturelle croît avec la diminution de la taille des particules. Par exemple les sables du composite Z1 possèdent 6 % d'éléments d'un diamètre inférieur à 50 μm et une activité en uranium de $6 \pm 3 \text{ Bq.kg}^{-1}$, alors que les vases de Z14 pour le même radionucléide contiennent 87 % d'éléments inférieurs à 50 μm et présentent une activité de $22 \pm 5 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Il est facile de vérifier sur les graphiques que ces variations se produisent pour les autres radionucléides et les autres échantillons. Toutefois si cela est vrai pour le site de NOGENT SUR SEINE ce n'est pas une règle générale. Sur certains sites (CREYS MALVILLE [3]) on avait même noté une légère diminution de l'activité naturelle avec l'augmentation du pourcentage des éléments fins dans les échantillons. Ces variations d'activité sont liées à la géologie des dépôts considérés.

En effet, les sédiments grossiers du bassin séquanien sont essentiellement des calcaires qui sont des roches peu actives. Dans les tableaux n° 19 et 20 de l'annexe on trouve que les sables de l'échantillon Z11 contiennent 83 % de calcaire alors que les vases de l'échantillon Z4 en contiennent 56 %. En revanche l'échantillon Z4 contient 22 % de particules d'un diamètre inférieur à 2 μm (argiles) alors que Z11 en contient 2 %, ces argiles étant responsables de l'essentiel de l'activité naturelle.

Pour chacun des graphiques une courbe en pointillée a été tracée. Elle représente le contour approximatif du nuage contenant le plus grand nombre d'échantillons. Certains composites s'écartent systématiquement de cette enveloppe. C'est le cas pour :

- Z3 sables, sédiments de la VOULZIE,
- Z5 sables des bras morts et ruisseaux.

L'activité naturelle de ces deux échantillons semble plus forte que celles des dépôts de la SEINE à granulométrie égale probablement en raison de leur origine plutôt "terrestre" qui doit leur donner une composition différente des alluvions du fleuve.

4.3.4.2 . Influence de la granulométrie des dépôts sur l'activité artificielle

Dans ce cas l'étude portera uniquement sur le césium 137. En effet nous avons déjà vu que pour les deux autres radionucléides détectés, l'exposition aux pluies était un des facteurs déterminants dans le niveau de contamination atteint. Il devient alors pratiquement impossible d'isoler la seule contribution du paramètre granulométrie. ..

Comme pour l'activité naturelle un graphique a été tracé figure n° 2.

L'activité en ^{137}Cs croît avec la finesse des particules, ce qui est conforme à tout ce qui a pu être observé sur d'autres sites. En effet ici la fixation du radionucléide dépend surtout de la surface d'échange sédiment-eau. La source radioactive est constituée par les retombées atmosphériques et se trouve à peu près uniformément répartie sur tous les dépôts, quelle que soit leur origine. C'est pourquoi nous avons affaire à un nuage de points assez bien ordonnés. L'échantillon B2 (bassins de décantation de BRAY) qui présentait une activité naturelle plus élevée que les autres composites, possède ici une activité comparable à celle des autres sédiments de granulométrie comparable, c'est-à-dire 19 ± 4 Bq.kg⁻¹.

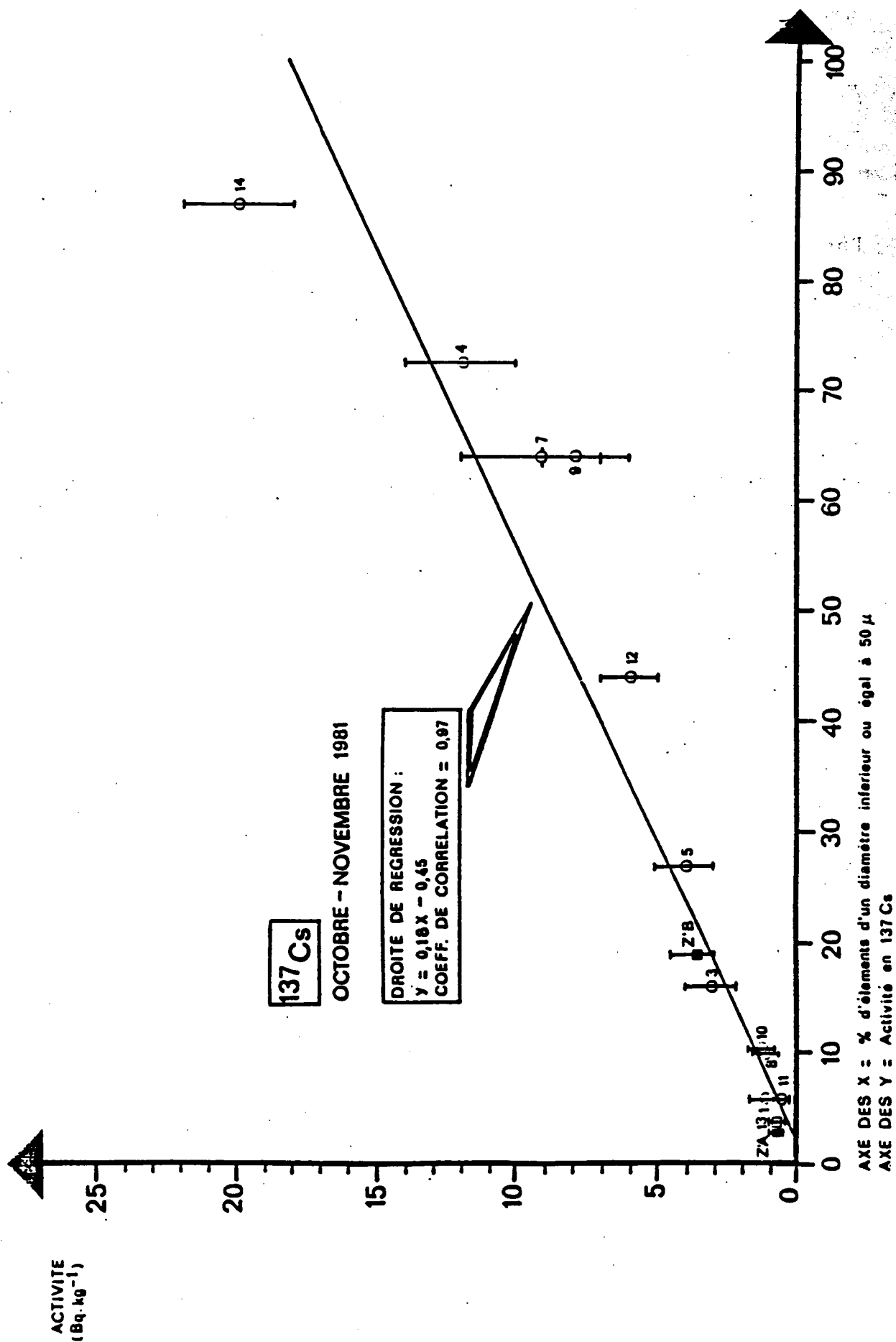


FIGURE 2 - RELATIONS ENTRE L'ACTIVITE EN ¹³⁷Cs ET LA GRANULOMETRIE DES ECHANTILLONS DE SEDIMENTS DE NOUVEAU CRISTAL

Les échantillons Z'A, Z'B et Z14 se situent bien à l'intérieur du nuage de points avec des activités de :

- Z'A 2 mm < Ø < 0,2 mm activité en ^{137}Cs = $0,8 \pm 0,2 \text{ Bq.kg}^{-1}$
- Z'B 0,2 mm < Ø < 0,05 mm activité en ^{137}Cs = $3,8 \pm 0,8 \text{ Bq.kg}^{-1}$
- Z14 87 % Ø ≤ 0,05 mm activité en ^{137}Cs = $20 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1}$

Dans ce cas là il est possible de calculer une droite de régression. Son équation est :

$Y = 0,18 \quad X - 0,45$ $\text{coefficient de corrélation} = 0,9$

avec X : % d'éléments d'un diamètre inférieur à 50 µm
et Y : activité de l'échantillon en Bq.kg^{-1} .

Sur d'autres sites soumis aux seules retombées, l'équation de cette droite avait été calculée et on avait obtenu :

A CREYS MALVILLE [3] (1980) : $Y = 0,22 \quad X - 0,15$

Au BLAYAIS [7] (1978) : $Y = 0,15 \quad X + 0,19$

On voit que les pentes des droites sont toutes du même ordre de grandeur. Les écarts qui existent néanmoins peuvent provenir de fluctuations des quantités des retombées, de différences dans l'aptitude des sédiments des divers sites à fixer le césium et, dans le cas du BLAYAIS, de l'influence des eaux saumâtres de la GIRONDE sur la sorption des radionucléides.

4.3.5 . RESULTATS DES MESURES SEDIMENTOLOGIQUES SUR LES DEPOTS

Afin d'aider à l'interprétation des mesures radioactives on procède à un certain nombre d'analyses et dosages complémentaires qui sont :

- "Caractéristiques physico-chimiques des sédiments" comprenant :

- . granulométrie,
- . pH eau et KCl
- . éléments échangeables,
- . éléments hydrosolubles,
- . calcaire total et actif.
- . teneur en matières organiques (en carbone)

Ces analyses sont effectuées sur tous les échantillons composites. Tableaux n° 19, 20 et 21 de l'annexe.

- "Analyses minéralogiques des sédiments"

- . minéralogie globale,
- . minéralogie des argiles.

Ces analyses sont effectuées sur 5 échantillons dont les deux fractions granulométriques. Tableau n° 22 de l'annexe.

- "Analyse totale des sédiments" effectuées sur les 5 échantillons déjà cités. Tableau n° 23 de l'annexe.

4.3.5.1 . Analyses physico-chimiques des sédiments

Il existe une certaine corrélation entre les caractéristiques granulométriques des sédiments, leur capacité d'échange, la nature des ions échangeables et l'importance de leur marquage par des radionucléides artificiels. En effet, on peut classer ici les échantillons selon l'ordre adopté au paragraphe 4.3.2.1. activité artificielle :

- Les échantillons dont l'activité en ^{137}Cs est inférieure à 1 Bq.kg^{-1} .

Ce sont les composites Z11, Z13, Z6 et Z'A. Ils contiennent tous plus de 90 % de sables (sables grossiers + sables fins - particules entre 2 mm et 50 μm). Leur capacité d'échange est faible, variant de 1,3 meq/100 g à 4,2 meq/100 g. Cela est normal car les argiles sont responsables de l'essentiel de la capacité d'échange d'un sédiment.

Le calcium échangeable représente de 70 à 92 % de cette capacité d'échange, ce qui est normal compte tenu du fait que ce sont les échantillons qui contiennent le plus de calcaire, soit de 83 à 88 % de leur poids. Le calcaire actif, c'est-à-dire finement divisé ne fait que 3 à 7 % du poids total des échantillons ce qui est faible par rapport aux dépôts plus fins. L'élément hydrosoluble dominant est le calcium (de 0,22 à 0,95 meq / 100 g) ; les autres éléments échangeables, Mg, K, Na restent en général en dessous de 0,1 meq/100 g. La teneur en carbone varie de 0,35 % à 1,6 %, ce qui marque une faible abondance des matériaux organiques.

- Les échantillons dont l'activité en ^{137}Cs est comprise entre 1 et 5 Bq.kg^{-1} .

Ce sont Z1, Z3, Z5, Z8, Z10 et on peut adjoindre Z'B. Ils contiennent de 70 à 91 % de sables, et sont un peu plus fins que les précédents tout en restant assez grossiers. Leur capacité d'échange varie de 3,2 à 7,6 meq/100 g pour Z1, Z3, Z8, Z10 et Z'B. Seul l'échantillon Z5 présente une capacité d'échange de 19,8 meq/100 g en raison d'une teneur en argiles de 10 %. A cette exception près on retrouve encore des capacités d'échanges assez faibles en accord avec les résultats radioactifs. Le calcium est encore l'élément dominant du complexe échangeable et les teneurs en calcaire total varient de 64 à 80 % soit moins que pour le groupe d'échantillon précédent. Le calcaire actif constitue de 4 à 8 % du poids des échantillons. Le calcium est encore l'élément hydrosoluble dominant. La teneur en carbone varie de 0,4 à 0,8 %, sauf dans le cas de Z'B où elle est de 2,5 %.

- Les échantillons dont l'activité en ^{137}Cs est comprise entre 5 et 10 Bq.kg^{-1} .

Ce sont Z7 et Z9. On constate ici que la part des sables devient sensiblement plus faible soit 34 % et 33 %. Les argiles sont bien représentées avec 22 et 19 %. Cela se traduit par des capacités d'échange plus fortes, soit 14,7 et 15,3 meq/100 g. Le calcium domine toujours à 92 % le complexe échangeable. En effet si la teneur en calcaire total diminue (65 à 67 %), celle en calcaire actif (très fin) augmente (16 à 17 %). Ce calcaire actif joue généralement un faible rôle sur le plan des échanges radioactifs, mais combiné aux teneurs en argiles cela explique les niveaux d'activité plus importants constatés dans Z7 et Z9. L'élément hydrosoluble dominant est encore le calcaire, 0,73 et 1,09 meq/100 g. La teneur en carbone est de 2,5 et 2,8 % ce qui est assez élevé.

- Les échantillons dont l'activité en ^{137}Cs est supérieure à 10 Bq.kg^{-1} .

Ce sont B2, Z4, et Z14. Ils ne contiennent plus que de 5 à 24 % de sables, et au contraire les argiles constituent de 17 à 30 % du poids de ces échantillons. Leur capacité d'échange varie de 13,3 à 23,8 meq/100 g. Le calcaire occupe de 88 à 94 % de sites d'échanges sauf dans le cas de B2 où il n'en occupe que 44 %, le reste étant partagé par le magnésium (2,8 meq/100 g), le potassium (5,23 meq/100 g) et le sodium (3,2 meq/100 g).

On remarque la nature différente de l'échantillon B2 . Le calcaire total constitue de 37 à 67 % du poids des échantillons et le calcaire actif de 20 à 27 %. L'élément hydrosoluble dominant est le calcium (de l'ordre de 1,4 meq/100 g), sauf dans le cas de B2 où l'on relève les valeurs de 3,31 meq/100 g pour le calcium, 3,05 meq/100 g pour le sodium, 2,57 meq/100 g pour le potassium et 0,49 meq/100 g pour le magnésium. Les teneurs en carbone varient de 0,9 à 2,3 %. En ce qui concerne le dernier groupe d'échantillons on retrouve bien au niveau de la granulométrie, de la capacité d'échange et des teneurs en calcaire leur propension à fixer les radionucléides tels que le césium.

Pour tous les échantillons le pH est légèrement basique et varie de 7,9 à 8,8.

4.3.5.2 . Analyse minéralogique des sédiments

Les résultats sont consignés tableau n° 22 de l'annexe. Sur le plan de la minéralogie globale on retrouve la nette dominance de la calcite sur les autres minéraux, soit de 59 % pour les matériaux les plus fins (Z4) à 94 % pour les très grossiers (Z11), conformément aux résultats qui viennent d'être analysés. On note la présence de quartz, surtout dans la fraction Z'B (18 %) représentative des sables fins et limons (0,2 mm à 0,05 mm). Enfin, si les feldspaths alcalins, ou potassiques sont absents, ce qui explique la relative faiblesse de la radioactivité due au potassium 40, on note la présence de feldspaths plagioclases, ou calcosodiques. Sur le plan de la minéralogie des argiles on remarque que le cortège argileux est surtout constitué de smectites (49 à 71 %). Les smectites sont des argiles à feuillets extensibles qui présentent de très fortes capacités d'échange. Mêmes présentes pour une faible part dans un sédiment, elles prennent une part prépondérante dans les processus de fixation. L'illite et la kaolinite, présentes pour une part égale (20 %), peuvent jouer un rôle non négligeable dans les transferts radioactifs. La chlorite est très peu représentée (0 à 6 %). Toutefois, il ne faut pas oublier qu'il y a très peu de zones où les argiles se trouvent en abondance dans le secteur de NOGENT SUR SEINE.

4.3.5.3 . Analyse totale des sédiments

Les résultats se trouvent tableau n° 23 de l'annexe.

La chaux est le composant essentiel des sédiments de la SEINE après calcination avec 32 à 45 % du poids. On trouve ensuite les silicates avec des valeurs variant de 12,3 à 21,8 %. Les autres composés figurent en quantités beaucoup plus faibles, particulièrement en ce qui concerne l'oxyde de potassium K_2O avec des valeurs allant de 0,07 % à 0,3 %.

Dans les roches il existe un rapport constant entre les quantités de potassium stable et celles de potassium radioactif ^{40}K : 1 g de potassium contient théoriquement 31,8 Bq de ^{40}K . En conséquence lorsqu'on connaît la teneur en potassium d'une roche on doit pouvoir estimer son activité en ^{40}K et réciproquement. Ici, dans Z4 on a 0,5 % de K_2O ce qui représente 4,15 g de potassium par kg donc :

$$4,15 \text{ g.kg}^{-1} \times 31,8 \text{ Bq.g}^{-1} = 130 \text{ Bq.kg}^{-1}.$$

La mesure Ge-Li donne $160 \pm 30 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Le même calcul appliqué à Z11 donne pour 0,08 % de K_2O 21 Bq.kg^{-1} d'activité en ^{40}K . La mesure γ Ge-Li donne $24 \pm 6 \text{ Bq.kg}^{-1}$.

On voit que la correspondance n'est pas toujours excellente compte tenu des erreurs de mesure radioactive, de mesure chimique et d'homogénéité des échantillons mais qu'un certain recoupement est quand même possible.

4.3.5.4 . Récapitulation des mesures sédimentologiques

Ces mesures et analyses montrent que les sédiments de la SEINE sont essentiellement constitués de calcaires, ce qui leur confère une capacité d'échange limitée. Le tableau n° 7 du texte résume les principaux résultats et montre les tendances d'évolution des paramètres lorsque la taille des grains diminue.

TABLEAU N° 7

EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES DES DEPOTS SEDIMENTAIRES
DE LA SEINE EN FONCTION DE LA TAILLE DES PARTICULES

PARTICULES PARAMETRES	SABLES GROSSIERS $2 \leq \phi \leq 0,2$ (mm)	SABLES FINS $0,2 \leq \phi \leq 0,05$ (mm)	LIMONS ET ARGILES $\phi \leq 0,05$ (mm)	TENDANCE QUAND LA TAILLE DIMINUE
Argiles ($\phi \leq 2 \mu\text{m}$) (%)	1	5	23	↗
Capacité d'échange (meq/100 g)	2,4	5,9	17,2	↗
Carbone (%)	0,7	2,5	2,5	↗
Calcaire total (%)	83	73	54	↘
Calcaire actif (%)	4	7	18	↗
CaO (%)	45,4	39,9	30,6	↘
SiO ₂ (%)	12,4	20,0	25,5	↗
K ₂ O (%)	0,07	0,2	0,7	↗

4.3.6 . LES POIDS SECS ET HUMIDES

Les valeurs consignées dans les tableaux n° 17 et 18 de l'annexe permettent de calculer l'activité des dépôts en place à partir des mesures réalisées sur les échantillons secs. En effet, le calcul des activités contenues dans un dépôt et des conséquences éventuelles pour l'homme nécessite de connaître la teneur en matériaux secs du dépôt en place (mélange eau-sédiment).

On a :

$$\begin{array}{ccccc} \text{Activité du dépôt en place} & = & \text{Poids de sédiment} & \times & \text{Activité du sédiment} \\ \text{Bq.l}^{-1} & & \text{sec/litre de dépôt} & & \text{sec} \\ & & \text{kg.l}^{-1} & & \text{Bq.kg}^{-1} \end{array}$$

Pour Z1 par exemple, qui sont des sables de la plage aménagée de BRAY SUR SEINE on a :

$$A_{Z1} = 1,8 \text{ kg.l}^{-1} \times 1,1 \text{ Bq.kg}^{-1} = 1,98 \text{ Bq.l}^{-1}$$

en ce qui concerne le ^{137}Cs .

Si l'on prend maintenant un dépôt fin tel que les vases du canal de MARNAY on obtient :

$$A_{Z14} = 0,69 \text{ kg.l}^{-1} \times 20 \text{ Bq.kg}^{-1} = 13,8 \text{ Bq.kg}^{-1}$$

On remarque que pour un sédiment de type sableux (densité ~ 2) l'activité de ce sédiment en place, celle qui compte sur le plan de la radioprotection, se trouve majorée par rapport à celle relative au même sédiment sec ; pour un sédiment vaseux (densité < 1), nous avons un résultat inverse.

4.4 . RECAPITULATION DES RESULTATS ESSENTIELS RELATIFS AUX DEPOTS

Sur le site de NOGENT SUR SEINE on peut distinguer deux sortes de dépôts sédimentaires. D'une part ceux du fleuve lui-même et des ruisseaux à écoulement rapide qui sont essentiellement constitués de sables, d'autre part ceux des étangs et canaux latéraux qui sont beaucoup plus fins.

Les sables sont surtout constitués de calcaire et présentent un bas niveau d'activité naturelle et une faible aptitude à fixer les radionucléides artificiels qui seront rejetés. Leur teneur actuelle en radionucléides artificiels est essentiellement due au césium 137 avec des activités variant de 0 à 5 Bq.kg⁻¹.

Les éléments les plus fins sont encore essentiellement constitués de calcaires mais on y trouve des argiles dans la proportion de 30 % à peu près. Cela leur confère une propension plus grande à fixer les radionucléides et une activité naturelle en césium 137 pouvant aller jusqu'à 20 Bq.kg⁻¹.

Nous notons la présence dans quelques sédiments du ⁹⁵Nb (valeur maximale 8 ± 1 Bq.kg⁻¹) et du couple ¹⁴⁴Ce + ¹⁴⁴Pr (valeur maximale 12 ± 1 Bq.kg⁻¹).

Dans l'ensemble les possibilités d'accumulation des radionucléides dans les dépôts sédimentaires paraissent faibles.

CHAPITRE 5

RESULTATS RELATIFS AUX VEGETAUX

5.1 . INTERET DE LA MESURE DE L'ACTIVITE DES VEGETAUX

De manière générale les végétaux aquatiques et semi-aquatiques sont de bons indicateurs (1) du niveau d'activité de l'écosystème fluvial. En plus des aspects purement physiologiques qui permettent de l'expliquer on peut penser que leur contact direct avec les trois compartiments contaminants que sont l'eau, le sédiment et l'air y contribue. Par le compartiment eau la fixation des radionucléides se fait essentiellement à partir des éléments dissous ; on ne peut toutefois négliger les transferts à partir de l'activité associée aux matières en suspension. Par absorption racinaire les végétaux sont susceptibles de retenir une certaine fraction des éléments liés au sédiment. Enfin ils sont sous l'influence directe, et c'est le cas en particulier des parties aériennes des végétaux semi-aquatiques, des rejets atmosphériques des installations nucléaires (tritium, gaz rares, radioiodes..), des radionucléides produits par le rayonnement cosmique (tritium et béryllium 7) et des retombées issues des explosions nucléaires aériennes.

La dynamique des populations végétales présente un grand avantage pour une étude radioécologique. C'est ainsi qu'une espèce, à une époque donnée, est présente à des endroits et avec un stade végétatif bien déterminés ; cette permanence dans le temps, dans l'espace et dans le développement facilite les comparaisons.

- (1) Lors de nos études radioécologiques "in situ" on a souvent constaté une réponse positive, par exemple à la suite d'une explosion nucléaire, au niveau des végétaux alors qu'au niveau des poissons il y avait non réponse ou réponse non significative.

Les différences physiologiques entre les espèces végétales permettent d'enregistrer des différences significatives entre les niveaux d'activité mesurés et ceci contrairement aux poissons. De plus il existe des espèces annuelles facilitant les comparaisons et des espèces vivaces permettant le cumul des activités.

Il faut aussi dire que certains végétaux jouent indirectement un rôle important dans les processus de transfert des radionucléides dans différentes chaînes alimentaires aboutissant aux poissons ; en effet ils sont le support, en particulier des larves d'insectes et de petits crustacés, qui représentent l'essentiel du régime alimentaire de ces poissons.

5.2 . RECOLTE DES VEGETAUX

Les végétaux prélevés à NOGENT l'ont été à trois époques différentes afin de tenir compte des variations de leur activité physiologique (1) et des changements, toujours possibles, du niveau des retombées atmosphériques. Six genres ont été prélevés. Les genres Cératophylle, Myriophylle, Renoncule, Fontinale (Fontinelle) et Nénuphar sont des genres aquatiques (*); le genre Iris est semi-aquatique (*). Sur les iris et les nénuphars nous avons séparé les parties aériennes des parties souterraines (2). Le genre Fontinale est une mousse dont on connaît l'intérêt en tant que radioindicateur.

(1) L'activité physiologique est maximale durant l'été et minimale durant les mois d'hiver ; cette activité est directement influencée par la température de l'eau.

(2) Bien que strictement aquatique le nénuphar a été séparé en deux parties car la partie flottante, donc en contact avec l'atmosphère, est particulièrement grande.

Les lieux et les dates de récolte sont portés dans la planche n° 5. Les genres Cératophylle, Myriophylle et Renoncule ont été prélevés en août 1980 et en juillet 1981 ; les genres Iris et Nénuphar en août 1980 seulement et la Fontinale en janvier et juillet 1981.

Trois lieux sont concernés ; il s'agit pour les prélèvements d'août 1980 de la zone comprise entre la centrale et NOGENT (rive gauche), de NOGENT pour le prélèvement de janvier 1981 (au niveau de l'écluse en rive gauche) et de la MOTTE TILLY pour ceux de juillet 1981. La zone prospectée est donc d'environ 10 kilomètres.

Ces six genres sont largement répandus dans cette portion de la SEINE et les lieux de prélèvements choisis sont facilement repérables ; ils pourront de ce fait donner lieu à des récoltes similaires à l'avenir.

5.3 . TRAVAUX REALISES AU LABORATOIRE

5.3.1 . CONDITIONNEMENT DES VEGETAUX

L'exécution des mesures chimiques et radioactives nécessite une dessiccation à 110° suivie d'une incinération à 600° ; on obtient ainsi le poids sec et le poids de cendres. Ces valeurs ainsi que le rapport poids de cendres sur poids sec sont donnés dans le tableau n° 29 de l'annexe.

5.3.2 . LES MESURES CHIMIQUES

Elles concernent uniquement le potassium et le calcium (tableau n° 30).

5.3.3 . LES MESURES RADIOACTIVES

Elles concernent essentiellement les mesures γ par spectrométrie Ge-Li mais aussi quelques mesures du strontium 90 par radiochimie.

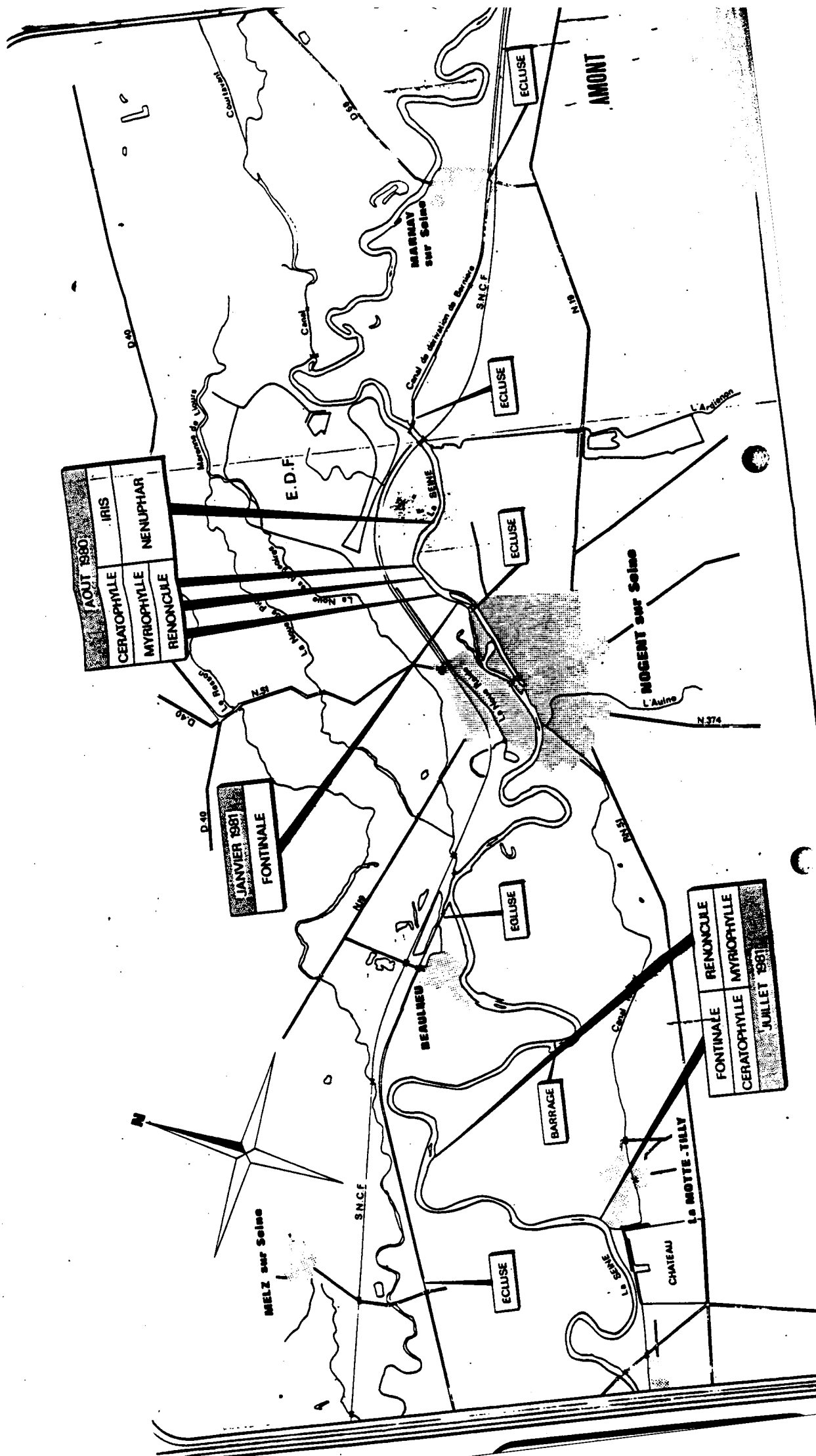
5.3.3.1 . La mesure γ par spectrométrie Ge-Li

Les résultats exprimés en mBq.g^{-1} de cendres et en Bq.kg^{-1} sec sont donnés dans les tableaux n° 31 et 32 de l'annexe.

**POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE**

PRELEVEMENTS DE VEGETAUX

DATES, LIEUX ET GENRES PRELEVES



AOUT 1980			
CERATOPHYLLE	IRIS	NENUPHAR	
MYRIOPHYLLE	RENONCULE		

JANVIER 1981
FONTINALE

FONTINALE	RENONCULE
CERATOPHYLLE	MYRIOPHYLLE
JULIET 1981	

5.3.3.1.1 . L'activité naturelle

Parmi les cinq radionucléides naturels décelés (ou familles de radionucléides naturels) le potassium 40 est le plus abondant. L'activité minimale est de $250 \pm 28 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ pour les parties souterraines d'iris et l'activité maximale de $2\,750 \pm 255$ pour les renoncules prélevées en juillet 1981. Une dispersion des valeurs comparables a déjà été constatée sur d'autres sites. Citons le cas de CREYS-MALVILLE [3] où elle allait de 265 ± 30 pour les roseaux à $1\,670 \pm 140$ pour la renoncule. Notons qu'il n'y a pas correspondance entre ces valeurs pour le ^{40}K et celles que l'on déduit à partir de la teneur en potassium stable par la correspondance : 1 g de potassium $\Leftrightarrow 31,8 \text{ Bq de } ^{40}\text{K}$.

Pour les radionucléides des familles de l'uranium 238, dont le radium 226, et du thorium 232 les teneurs sont nettement moins importantes même si elles sont presque toutes significatives. La teneur maximale observée est de $28,1 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ pour la myriophylle prélevée en août 1980 ($^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Pa}$). Dans la plupart des cas il semble qu'il y ait équilibre uranium-radium.

Le cas du béryllium 7 est à prendre en considération car il s'agit d'un radionucléide d'origine cosmique. Les niveaux d'activité restent faibles mais ils sont cependant supérieurs à ceux énoncés ci-dessus. Les valeurs maximales observées sont de $116 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ pour la myriophylle prélevée en août 1980 et de $116 \pm 14 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ pour la fontinale prélevée à la MOTTE TILLY en juillet 1981. Les niveaux d'activité mesurés sur les cératophylles et les renoncules prélevés en août 1980 sont comparables à ceux obtenus sur ces mêmes espèces en juillet 1981 ; cela n'est pas étonnant compte tenu que les variations des retombées - mesurées au niveau de l'air et de l'eau de pluie sont faibles d'une année à l'autre.

Il semble y avoir des variations inter-spécifiques assez importantes (on a pu constater la même chose à CREYS-MALVILLE).

Pour l'iris, végétal semi-aquatique, les parties aériennes ont des niveaux d'activité supérieurs.

5.3.3.1.2 . L'activité artificielle

Le césium 137 est décelé dans tous les échantillons ; le niveau d'activité est faible puisque les valeurs s'échelonnent entre $4,3 \pm 1,3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ sec pour la myriophylle prélevée en août 1980 et $0,5 \pm 0,2$ pour les parties souterraines des nénuphars. On ne peut pas affirmer qu'il y ait des variations entre les espèces . Il semble cependant que le nénuphar a des niveaux d'activité légèrement inférieurs. C'est également ce que nous avons observé à CREYS où la moyenne pour les végétaux aquatiques ressort à $6,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ sec alors que celle pour les végétaux semi-aquatiques est à 2,1 (on passe de $9,5 \pm 2,4 \text{ Bq.kg}^{-1}$ sec pour la myriophylle à $1,3 \pm 0,3$ pour le roseau) [3].

Les végétaux prélevés en janvier et en juillet 1981 révèlent la présence de six autres radionucléides artificiels(1): le ^{144}Ce + ^{144}Pr , le ^{95}Nb , le ^{103}Ru , le ^{95}Zr , le ^{106}Rh + ^{106}Ru et le ^{54}Mn . Cette constatation trouve son explication dans l'explosion chinoise du 16 octobre 1980 déjà évoquée plusieurs fois. Pour ce qui concerne les fontinales prélevées en janvier 1981 on peut donc dire que le marquage constaté s'est fait en moins de trois mois ; il aurait été intéressant, en absence de toute autre explosion, de savoir le temps qu'aurait duré ce marquage.

On constate que les fontinales prélevées en juillet 1981 ont des niveaux d'activité supérieurs aux fontinales prélevées en janvier 1981 (à l'exception du ^{103}Ru) et ceci bien que les prélèvements de janvier 1981 se situent plus près de l'explosion d'octobre 1980. On peut l'expliquer soit par les variations du niveau d'activité physiologique de la plante soit par les variations des retombées (2).

(1) Le ^{106}Rh + ^{106}Ru n'est décelé que dans trois espèces et le ^{54}Mn dans deux.

(2) Le niveau des retombées, en dehors de toute explosion récente, varie selon l'époque de l'année ; il est maximal en été.

A la date de juillet 1981 on constate que les fontinales ont des niveaux d'activité significativement supérieurs aux autres végétaux (voir le tableau n° 8). Elles sont donc bien un radioindicateur particulièrement intéressant.

TABLEAU N° 8

NIVEAUX D'ACTIVITE OBTENUS EN JUILLET 1981 SUR LE SITE DE NOGENT
COMPARAISON ENTRE LES FONTINALES ET LES AUTRES VEGETAUX

Résultats en $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$

ESPECES	RADIONUCLEIDES					
	$^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$	^{95}Nb	^{103}Ru	^{95}Zr	$^{106}\text{Rh} + ^{106}\text{Ru}$	^{54}Mn
Fontinale	$94 \pm 2,6$	$74 \pm 7,6$	$11,5 \pm 2,6$	$38 \pm 6,3$	$94 \pm 15,6$	$\leq 1,3$
Autres végétaux (valeurs moyennes)	26,6	24	2,4 (1)	12,1	20,4(2)	2,3(1)

(1) 2 valeurs significatives sur 3

(2) 1 valeur significative sur 3

D'une manière générale les niveaux d'activité les plus importants sont obtenus pour les couples $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$ et $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ et pour le ^{95}Zr et le ^{95}Nb . Pour la callitriche prélevée à ST ALBAN en avril 1981 nous avons également observé la présence de ces radionucléides.

5.3.3.2 . La mesure du strontium 90 par radiochimie

Trois mesures du strontium ont été réalisées sur les végétaux aquatiques : la myriophylle et la renoncule prélevées en août 1980 et la fontinale prélevée en juillet 1981. Les trois valeurs obtenues sont inférieures ou égales à $6,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ et à 48 mBq.g^{-1} de Ca^{++} . Ces niveaux sont typiquement ceux que l'on rencontre dans des zones soumises aux seules retombées.

5.4 . RECAPITULATIF DES PRINCIPAUX RESULTATS RELATIFS AUX VEGETAUX

Nous avons prélevé cinq genres aquatiques (Cératophylle, Fontinale, Myriophylle, Nénuphar et Renoncule) et un genre semi-aquatique (Iris) largement répandus dans les rivières françaises.

Le radionucléide naturel le plus abondant est le potassium 40 ; ensuite nous avons le beryllium 7 puis les éléments des familles du thorium 232 et de l'uranium 238, dont le radium 226.

Sept radionucléides artificiels sont décelés ; les niveaux sont faibles puisque la valeur maximale observée est de $94 \pm 15,6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ (Fontinale de juillet 1981, $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$) alors que la valeur minimale pour le potassium 40 est de 250 ± 28 pour les parties souterraines des iris (août 1980).

Le césium 137 est présent dans tous les échantillons alors que le $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$, le ^{103}Ru , le ^{95}Zr , le ^{95}Nb , le $^{106}\text{Rh} + ^{106}\text{Ru}$ et le ^{54}Mn ne le sont que dans ceux prélevés en janvier et juillet 1981 c'est-à-dire après l'explosion chinoise d'octobre 1980. Il y a donc bien la nécessité d'effectuer les prélèvements à des dates différentes.

Les niveaux d'activité maximaux sont obtenus pour les couples $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$ et le ^{95}Nb puis pour le couple $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ et le ^{95}Zr . Les valeurs les plus faibles sont relatives au ^{103}Ru et au ^{54}Mn .

Les Fontinales (mousses aquatiques) sont de meilleurs radioindicateurs que les autres végétaux aquatiques (cératophylle, myriophylle, nénuphar, renoncule) ; leur prélèvement est donc particulièrement conseillé. Nos résultats montrent la nécessité de les prélever, ainsi que les autres genres, en été car ils atteignent (toutes conditions égales par ailleurs) leurs niveaux d'activité maximaux à cette époque.

CHAPITRE 6

RESULTATS RELATIFS AUX POISSONS

6.1 . INTERET DE LA MESURE DE L'ACTIVITE DES POISSONS

La consommation de poissons est l'une des voies possibles d'ingestion de radionucléides par l'homme à partir des rejets liquides et gazeux effectués par les installations nucléaires ; cette voie de transfert est surtout à prendre en considération pour certaines catégories de riverains, en particulier les pêcheurs qui consomment leurs prises. Dans la région de NOGENT la consommation de poissons est à peu près celle de la moyenne française ; elle atteint $14 \text{ kg.an}^{-1}.\text{tête}^{-1}$ [10]. Parmi cette consommation de poissons, le poisson d'eau douce ne représente qu'un peu moins d'un kilogramme. Cette valeur montre à quel point il est nécessaire de relativiser cette voie de transfert par rapport à d'autres et en particulier par rapport aux légumes d'origine locale.

L'enquête effectuée à NOGENT SUR SEINE en septembre 1977 (5 000 habitants) a montré que 32 % des familles concernées ont au moins un de leurs membres qui pratique la pêche en SEINE ; ce chiffre est élevé par rapport à certaines régions françaises [10].

6.2 . TRAVAUX REALISES SUR LE TERRAIN

6.2.1 . LES PECHEES : DATES, LOCALISATIONS ET RECOLTES

Les pêches ont été réalisées, comme les récoltes des végétaux en août 1980, en janvier et juillet 1981. La planche n° 6 présente les espèces capturées aux différents lieux.

C E N CADARACHE

LABORATOIRE D'ÉTUDES DE POLLUTION DES EAUX

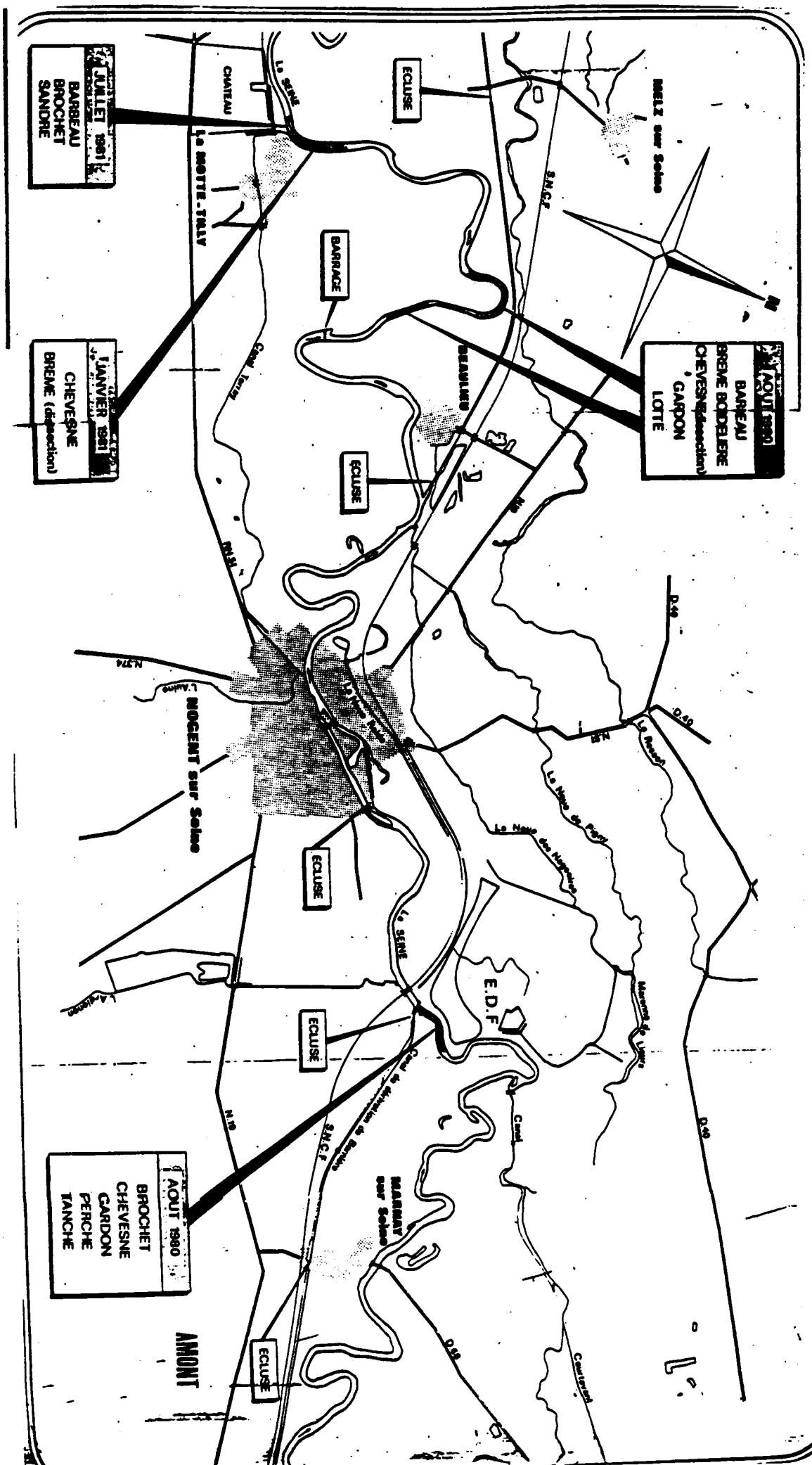
6

**POINT ZÉRO RADIOÉCOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE**

**PRELEVEMENTS DE POISSONS
A LA PECHE ELECTRIQUE**

DATES, LIEUX, ET GENRES CAPTURES

Echelle : 1/25 000^e



En août 1980 la pêche a été réalisée en deux zones : à l'aval immédiat du site et entre BEAULIEU et LA MOTTE TILLY. En janvier 1981 elle a été pratiquée au niveau du camping de la MOTTE TILLY, en juillet 1981 aussi. Il est à noter que la pêche de janvier 1981 a été réalisée dans des conditions de débordement de la SEINE.

On a eu recours à la pêche à l'électricité pratiquée à partir d'une embarcation. C'est le C.E.M.A.G.R.E.F. de PARIS qui les a toutes réalisées car il possède les autorisations, le personnel et les équipements nécessaires à ce type d'intervention.

Nous avons capturé 10 espèces : le barbeau, la brème commune, la brème bordelière, le brochet, le chevesne, le gardon, la lotte, la perche, le sandre et la tanche. Trois espèces, le brochet, la perche et le sandre sont des poissons carnassiers ; elles présentent un intérêt particulier car elles sont le maillon terminal de deux chaînes alimentaires dont l'avant dernier maillon est également un poisson. Parmi les sept autres espèces, le barbeau, la brème commune, le chevesne, le gardon et la tanche sont considérées comme des espèces de base de la quasi totalité du réseau fluvial français de plaine.

Le barbeau, le brochet et le chevesne ont été prélevés à deux époques différentes ; on pourra procéder à des comparaisons intéressantes à leur sujet. Pour le chevesne prélevé en août 1980 et pour la brème commune prélevée en janvier 1981 nous pourrions également comparer les niveaux d'activité des différents "organes" puisque nous les avons disséqués.

L'enquête effectuée a révélé que les poissons les plus capturés sont le gardon, la perche et la truite ; les deux premières espèces ont été pêchées par le C.E.M.A.G.R.E.F. lors des trois interventions de 1980 et 1981.

6.2.2 . DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES BIOMETRIQUES

Dès la pêche terminée on effectue un tri par espèce et on détermine le poids et la longueur de chaque individu. Ces valeurs figurent dans le tableau n° 35 de l'annexe.

Cette détermination est intéressante car en fonction des résultats radioactifs obtenus on peut être amené à considérer l'âge (donc la taille) des poissons.

6.3 . TRAVAUX REALISES EN LABORATOIRE

6.3.1 . CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS

Comme nous l'avons dit pour les végétaux on procède à une dessiccation à 110° suivie d'une incinération à 600°. Les différents rapports entre poids frais, poids sec et poids de cendres figurent dans le tableau n° 36 de l'annexe.

6.3.2 . LES MESURES CHIMIQUES

Elles concernent le potassium et le calcium (tableau n° 37) ; d'une espèce à l'autre elles sont relativement constantes.

6.3.3 . LES MESURES RADIOACTIVES

Elles concernent essentiellement la mesure γ par spectrométrie Ge-Li mais aussi la mesure radiochimique du strontium 90.

6.3.3.1 . La mesure γ en spectrométrie Ge-Li

Les résultats figurent dans les tableaux n° 38 et 39 ; ils sont exprimés en mBq.g^{-1} de cendres et en Bq.kg^{-1} frais.

6.3.3.1.1 . L'activité naturelle

Le potassium est le radionucléide qui, pris individuellement, présente le niveau d'activité maximal. Si l'on considère les mesures effectuées sur les poissons entiers ces niveaux s'échelonnent entre $121 \pm 30 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais et $61,4 \pm 8,5$. Cette dispersion des valeurs, moins importante que pour les végétaux, est tout à fait normale. C'est ainsi qu'à CREYS nous avons obtenu une dispersion allant de 111 ± 17 à 69 ± 26 .

Pour les espèces prélevées deux fois (barbeau, brochet, chevesne) les valeurs obtenues dans les deux cas ne sont pas significativement différentes.

Les radionucléides des familles de l'uranium, dont le radium 226, et du thorium 232 ne sont pas décelés à des teneurs significatives dans tous les échantillons. Ces teneurs significatives, de toute façon très faibles (1), ne sont obtenues que dans 8 échantillons sur 14 pour l'uranium 238, 11 pour le radium 226 et seulement 2 pour le thorium 232.

Le béryllium 7 décelé dans les végétaux ne l'est pas ici ; ce résultat est habituel chez les poissons.

6.3.3.1.2 . L'activité artificielle

Sur les 14 mesures relatives à des poissons entiers 10 révèlent la présence, à des teneurs significatives, du césium 137. Le niveau maximal est de $0,83 \pm 0,07 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais (pour la brème bordelière de août 1980) et la moyenne de ces 10 valeurs est d'environ 0,15. Ce résultat est tout à fait conforme à ce qu'on était en droit d'attendre compte tenu que le site de NOGENT SUR SEINE n'est soumis qu'aux seules retombées (2). A CREYS nous avons obtenu une valeur moyenne de $0,38 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais.

Nous ne pouvons pas voir de différence significative entre les espèces ; les niveaux sont tels qu'ils ne le permettent pas. On peut évoquer la même raison pour ce qui concerne des comparaisons entre les différents temps de prélèvement.

Pour ce qui est des "organes" on n'en distingue pas un en particulier ; les muscles n'ont pas, par exemple, des niveaux d'activité plus élevés que les autres organes.

Le césium 137 est le seul radionucléide artificiel décelé (3) ; ce qui est une différence essentielle avec les végétaux. On ne constate pas en particulier un marquage dû à l'explosion chinoise d'octobre 1980. Les végétaux sont donc de bien meilleurs radioindicateurs que les poissons.

(1) La valeur maximale obtenue est de $3 \pm 3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais (barbeau prélevé en juillet 1981 - uranium 238).

(2) Il ne faut pas, toutefois, négliger d'autres sources comme les hôpitaux et l'industrie.

(3) Dans le squelette de la brème prélevée à la MOTTE TILLY en janvier 1981 nous obtenons une teneur en ^{54}Mn de $0,2 \pm 0,07 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais.

6.3.3.2 . La mesure du strontium 90 par radiochimie

Nous avons effectué neuf mesures du strontium 90 dont deux relatives au squelette de la brème prélevée en janvier 1981 et du brochet prélevé en juillet 1981. Pour les poissons entiers les résultats sont inférieurs ou égaux à $0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ou à $0,037 \text{ Bq.g}^{-1}$ de Ca^{++} (l'ensemble des résultats est donné dans le tableau n° 40). Ce résultat est comparable avec ce qui a été obtenu à CREYS (valeur maximale de $1,36 \pm 0,19 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ou de $0,12 \pm 0,03 \text{ Bq.g}^{-1}$ de Ca^{++}) ; cela témoigne de la faiblesse actuelle des retombées en strontium 90 et de l'absence de rejets en amont.

6.4 . RECAPITULATIF DES PRINCIPAUX RESULTATS RELATIFS AUX POISSONS

Le potassium 40 est le radionucléide naturel qui, pris individuellement, a le niveau d'activité le plus important ; la moyenne des valeurs relatives à des poissons mesurés entiers ressort à environ 80 Bq.kg^{-1} frais. Les radionucléides des familles de l'uranium 238 et du thorium 232 ont en comparaison des niveaux très faibles. On note également l'absence du béryllium 7.

Le césium 137 est le seul radionucléide artificiel décelé ; il l'est dans dix échantillons sur quatorze et la moyenne de ces neuf valeurs est de $0,15 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais. Les poissons sont de moins bons radioindicateurs que les végétaux car nous n'avons pas observé chez eux le marquage relatif à l'explosion chinoise d'octobre 1980.

6.3.3.2 . La mesure du strontium 90 par radiochimie

Nous avons effectué neuf mesures du strontium 90 dont deux relatives au squelette de la brème prélevée en janvier 1981 et du brochet prélevé en juillet 1981. Pour les poissons entiers les résultats sont inférieurs ou égaux à $0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ou à $0,037 \text{ Bq.g}^{-1}$ de Ca^{++} (l'ensemble des résultats est donné dans le tableau n° 40). Ce résultat est comparable avec ce qui a été obtenu à CREYS (valeur maximale de $1,36 \pm 0,19 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ou de $0,12 \pm 0,03 \text{ Bq.g}^{-1}$ de Ca^{++}) ; cela témoigne de la faiblesse actuelle des retombées en strontium 90 et de l'absence de rejets en amont.

6.4 . RECAPITULATIF DES PRINCIPAUX RESULTATS RELATIFS AUX POISSONS

Le potassium 40 est le radionucléide naturel qui, pris individuellement, a le niveau d'activité le plus important ; la moyenne des valeurs relatives à des poissons mesurés entiers ressort à environ 80 Bq.kg^{-1} frais. Les radionucléides des familles de l'uranium 238 et du thorium 232 ont en comparaison des niveaux très faibles. On note également l'absence du béryllium 7.

Le césium 137 est le seul radionucléide artificiel décelé ; il l'est dans dix échantillons sur quatorze et la moyenne de ces neuf valeurs est de $0,15 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais. Les poissons sont de moins bons radioindicateurs que les végétaux car nous n'avons pas observé chez eux le marquage relatif à l'explosion chinoise d'octobre 1980.

CHAPITRE 7

CONCLUSION

Cette étude a pour but de mesurer l'état actuel de l'activité des échantillons d'eau, de sédiments, de flore et de faune dans la SEINE avant la divergence de la centrale de NOGENT SUR SEINE prévue courant 1988.

Aucune industrie nucléaire n'est implantée en amont de ce site. L'activité artificielle détectée provient donc des retombées des tirs atomiques aériens et se situe de façon générale à des niveaux très faibles et comparables à ceux rencontrés sur d'autres sites similaires (CREYS MALVILLE...).

En particulier les eaux sont très peu actives tant sur le plan de l'activité naturelle, qu'artificielle. Sur trois prélèvements on n'a détecté le césium 137 qu'une seule fois.

L'activité naturelle des sédiments est dominée par le potassium 40. Toutefois les niveaux obtenus sont sensiblement plus faibles que ceux rencontrés dans les bassins de la LOIRE et du RHONE, en raison de la nature essentiellement calcaire des sédiments.

Le lit de la SEINE est constitué de sables à très faible pouvoir de fixation des radionucléides. Les seules zones où l'on trouve des vases possédant une certaine capacité d'échange, en quantités significatives sont les canaux latéraux et certains étangs éventuellement directement alimentés par le fleuve lors des grandes crues. L'activité artificielle détectée est essentiellement imputable au césium 137, mais on trouve également dans certains échantillons du cérium 144 et du niobium 95 provenant certainement du tir chinois du 16 octobre 1980.

En ce qui concerne les végétaux et les poissons on constate également que l'activité naturelle est essentiellement due, si l'on considère les radionucléides séparément, au potassium 40. Pour les éléments des familles de l'uranium 238 et du thorium 232 les niveaux sont très faibles. Le béryllium 7, d'origine atmosphérique, n'est décelé que dans les végétaux.

L'activité artificielle est essentiellement imputable au césium 137. Les niveaux obtenus sont typiquement ceux que l'on attribue aux retombées. Si le césium 137 est le seul radionucléide présent chez les poissons prélevés en 1980 et 1981 et les végétaux prélevés en 1980 il en va tout autrement pour les végétaux prélevés en janvier et juillet 1981. Nous notons en effet la présence du $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$, du ^{95}Nb , du $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$, du ^{95}Zr , du ^{103}Ru et du ^{54}Mn . Elle s'explique par l'explosion chinoise d'octobre 1980.

Les végétaux sont de meilleurs radioindicateurs que les poissons. Les mousses, et en particulier la fontinale, sont très intéressantes à cet égard ; elles doivent être prélevées en été car les niveaux d'activité y sont plus élevés.

Le site de NOGENT SUR SEINE, caractérisé sur le plan minéralogique par la dominance des calcaires faiblement actifs, présente les niveaux d'activité artificielle caractéristiques des zones soumises aux retombées et exemptes de rejets radioactifs industriels.

Le tableau n° 9 synthétise l'ensemble des valeurs obtenues lors des diverses campagnes effectuées sur le terrain.

TABLEAU N° 9

ACTIVITE DES RADIONUCLEIDES NATURELS ET ARTIFICIELS
DETECTES DANS LES ECHANTILLONS PRELEVES EN AMONT
ET EN AVAL DU SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

RADIONUCLEIDES		(140 mBq.l ⁻¹)						SEDIMENTS mBq.g ⁻¹ sec						VEGETATION SEC mBq.g ⁻¹		POISSONS FRAIS mBq.g ⁻¹		
		PRELEVEMENT DU 20 au 21 07.1981			PRELEVEMENT DU 09 au 11 11.1981			PRELEVEMENT DU 22 au 23 05.1982			VIEUX		SABLES		PRELEVES EN 1980	PRELEVES EN 1981	PRELEVES EN 1980	PRELEVES EN 1981
		RES	Dioxyde	Non polaire (1)	RES	Dioxyde	Non polaire (1)	RES	Dioxyde	Non polaire (1)	Canon litté- raire Berge (3)	Echanti- lons Buis- son (4)	Lit de la SEINE Buis- son (5)	Echanti- lons Buis- son (6)	Cérotaphylle, iris apocynif, adon- phar, ranoncle (8)	Fantaisie, cérotaphylle apocynif, ranoncle	Barbeau, brème herminette, brochet, che- vonne, gardon lotte, perche, tanche	Barbeau, brème canonne, bro- chet, chevonne
ECHANTILLONS PRELEVES EN 1980	²³⁸ U - ²³⁴ Pa	-	1120	0.3	11.3 24.6	10.725	0.3	2.1 1.4	-	-	3/4 92.0 21.3 (7)	22 2.0	6 2/3 9 2/3 25	0.3 ± 0.5 B 20.1 ± 0.5	5.1 ± 1.5 20 ± 5.2	0.15 ± 0.15 B 1.2 ± 0.3	0.3 ± 0.2 B 3 ± 3	
	²²⁶ Ra	-	650	0.3	13.8 2 9.2	10.0 17	0.3	0.30 0.30	-	-	3/4 11.5 20.7	22 2.0	9 2/3 10 2/3 20	1.4 ± 0.6 B 10.7 ± 0.5	2.0 ± 2.0 B 17.0 ± 10	0 ± 0.2 B 2.5 ± 0.7	0.2 ± 0.3 B 2.9 ± 4.3	
	²³² Th - ²²⁸ Ac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3/4 11.5 20.7	22 2.0	9 2/3 10 2/3 20	1.9 ± 1.1 B 10.7 ± 2.2	5.1 ± 1.5 10.4 ± 0.1	0.15 ± 0.15 B 0.2 ± 0.2	-	
	¹³⁷ Cs	320 ± 70	110 000	0.3	-	74 ± 30	0.3	4.7 ± 9.7	37.0 ± 10.0	-	3/4 102.20 1002.25	100 ± 30	24 2/3 40 ± 10 ± 20	220 ± 20 B 1340 ± 135	340 ± 115 B 2730 ± 230	61.4 ± 0.5 100 ± 40	77.5 ± 11.0 B 121 ± 30	
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3/4 0 2/3 7 2/3	-	-	11.4 ± 1.7 B 110 ± 12	20.0 ± 3.0 B 110 ± 10	-	-	
	¹³⁷ Cs	1.4 ± 1	0.5 00.5	-	-	-	-	-	1.00	-	3/4 0 2/3 20 ± 2	12 22	0.020.2 1.200.4 21	0.3 ± 0.2 B 4.4 ± 1.3	1.7 ± 0.4 B 3.0 ± 2.0	0.02 ± 0.02 B 0.1 ± 0.04	0.1 ± 0.07 B 0.45 ± 0.3	
	¹⁴⁴ Co - ¹⁴⁴ Pm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3/4 1.200 12 2/3	0.6 ± 0.5	1.000.2 ± 0.4	-	21.0 ± 3.0 B 90 ± 7.0	-	-	
	⁹⁵ Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3/4 1.300.3 0 2/3	4.1 ± 0.5	0.003.3 7.200.3	-	10.5 ± 1.5 B 70 ± 7.0	-	-	
	¹⁰² Ru	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0 ± 0.2 B 20.5 ± 5.2	-	-	
	⁹⁵ Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.4 ± 1.5 B 20 ± 0.3	-	-	
ECHANTILLONS PRELEVES EN 1981	¹⁰⁶ Ru - ¹⁰⁶ Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4 ± 2.0 B 90 ± 8.0	-	-	
	⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2 ± 0.3 B 2.0 ± 0.2	-	-	
Radio- activité	⁹⁰ Sr (2)	< 100		< 10.5		< 7.6				-	-	-	-	-	-	-	-	
Stimul- ation	²¹⁰ Pb (2)	23 400 ± 200		29 000 ± 600		13 400 ± 600				-	-	-	-	-	-	-	-	

- (1) Du fait que le charbon actif contient à l'origine des radionucléides naturels, les mesures effectuées ne sont pas significatives
 (2) Mesure effectuée sur l'eau brute
 (3) Synthèse sur 4 échantillons : 27, 29, 212, 214
 (4) Echantillon 26
 (5) Synthèse sur 4 échantillons : 21, 28, 210, 211
) Echantillon 25
 (7) 3/4 les chiffres entourés désignent le nombre de mesures significatives ex. : ici 3 mesures significatives sur 4
 (8) Dont un végétal semi-aquatique (iris) et un végétal aquatique (adonophar) séparés en parties aériennes et parties souterraines

LISTE DES TABLEAUX

TITRE	N° DU TABLEAU
Bilan de l'étude radioécologique du site de NOGENT SUR SEINE Hydrologie, Sédimentologie et Hydrologie	1
Mesures du strontium 90 dans les eaux de la SEINE effectuées par le S.C.P.R.I. Prélèvements à BOUGIVAL - Années 1981 et 1982	2
Comparaison des activités en tritium des eaux de plusieurs sites français soumis aux seules retombées	3
Données sur les activités en tritium de l'eau de pluie et de la SEINE en région parisienne. Résultats en Bq.l^{-1}	4
Comparaison des teneurs en potassium 40 dans les sédiments de divers sites français	5
Récapitulatif des mesures radioactives effectuées sur les sédiments prélevés à NOGENT SUR SEINE en octobre- novembre 1981	6
Evolution des caractéristiques des dépôts sédimentaires de la SEINE en fonction de la taille des particules	7
Niveaux d'activité obtenus en juillet 1981 sur le site de NOGENT. Comparaison entre les fontinales et les autres végétaux. Résultats en $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$	8
Activité des radionucléides naturels et artificiels détectés dans les échantillons prélevés en amont et en aval du site de NOGENT sur SEINE en 1980 et 1981	9

LISTE DES PLANS

	N° DU PLAN
Emplacement de l'étude	1
Emplacement des prélèvements d'eau	2
Emplacement des parcours de sonde traînée	3
Emplacement - des prélèvements ponctuels - des prélèvements effectués en benne traînée (prélèvements de sédiments)	4
Prélèvements de végétaux	5
Prélèvements des poissons (pêche électrique)	6

LISTE DES DOCUMENTS UTILISES

- [1] Protection contre les rayonnements ionisants.
Brochure n° 1 420 du Journal Officiel - mise à jour du 1^{er} avril 1979.
- Décret 66-450 du 20 juin 1966 - Journal Officiel du 30 juin 1966.
Décret 69-50 du 10 janvier 1969 - Journal Officiel du 18 janvier 1969.
Arrêté du 2 septembre 1969 - Journal Officiel du 28 septembre 1969.
Arrêté du 10 août 1961 - Journal Officiel du 26 août 1961.
Décret 63-1 228 du 11 décembre 1963 - Journal Officiel du 14 décembre 1963.
Décret 73-405 du 27 mars 1973 - Journal Officiel du 4 avril 1973.
Décret 74-945 du 6 novembre 1974 - Journal Officiel du 15 novembre 1974.
Décret 74-1 181 du 31 décembre 1974 - Journal Officiel du 4 janvier 1975 et du 19 février 1975.
Arrêté du 10 août 1976 - Journal Officiel du 12 septembre 1976.
- [2] Commissariat à l'Energie Atomique, D.Pr./S.E.R.E. Août 1978.
Etude radioécologique de l'environnement du site de NOGENT SUR SEINE
Constat radioécologique.
Etude faite à la demande de la Direction Régionale d'Equipement de PARIS de l'Electricité de France.
- [3] H. MAUBERT, Y. CARTIER, Ph. PICAT, G. DEBEUNS, B. DESCAMPS, L. FOULQUIER. Septembre 1981.
Point zéro radioécologique du RHONE - Site de CREYS MALVILLE.
Etude faite à la demande de la NERSA.
- [4] Y. CARTIER, H. MAUBERT, G. DEBEUNS, Ph. PICAT, B. DESCAMPS, L. FOULQUIER. Mai 1982.
Point zéro radioécologique du RHONE, site de CRUAS.
Etude faite à la demande d'E.D.F./R.E.A.M.

- [5] H. MAUBERT, Y. CARTIER, G. DEBEUNS, Ph. PICAT, B. DESCAMPS, L. FOULQUIER. Décembre 1980.
Etude radioécologique de la LOIRE. Site de CHINON.
Point zéro hydrologique, sédimentologique et hydrobiologique.
Etude faite à la demande d'Electricité de France.
Région d'Equipement de TOURS.
- [6] Ph. PICAT, G. DEBEUNS, Y. CARTIER et H. MAUBERT. Mai 1979.
Etude radioécologique de la LOIRE. Site de DAMPIERRE. Point zéro radiosédimentologique. Etude faite à la demande de la Région d'Equipement de TOURS de l'Electricité de France.
- [7] H. MAUBERT, Y. CARTIER, G. DEBEUNS, Ph. PICAT. Mai 1979
Etude radioécologique du site du BLAYAIS. Point zéro radiosédimentologique. Etude faite à la demande d'Electricité de France.
Région d'Equipement de PARIS.
- [8] H. MAUBERT, Ph. PICAT. Juin 1982
Appareil de prélèvement des eaux douces en vue de la mesure radioactive. Note C.E.A - N - 2295.
- [9] Ministère de la Santé - Ministère du Travail
Service Central de Protection Contre les Rayonnements Ionisants.
Rapport d'activité 1^{er}, 2^{me}, 3^{me}, 4^{me} trimestre 1981.
- [10] F. PATTI, P. BOURGEON et L. JEANMAIRE. 1983
Concentration de tritium dans l'eau de pluie, l'eau potable et la vapeur d'eau atmosphérique au sud de la région parisienne. Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol. 77, N° 1, 39-48.
- [11] C. MATHIEU. Septembre 1978.
Etude de la ration alimentaire des habitants de la région de NOGENT SUR SEINE. Bureau d'Etude de Géographie et d'Ecologie Appliquée.

ABREVIATIONS ET TERMES TECHNIQUES UTILISES DANS LE TEXTE

Repérés dans le texte par le signe *

Divergence : instant où un réacteur nucléaire entre en activité, c'est-à-dire où la masse fissile est suffisante pour que puisse s'établir une réaction en chaîne.

Concentration maximale admissible : (C.M.A.). On a défini pour chaque radionucléide la concentration maximale admissible qu'il ne doit pas dépasser dans l'eau et dans l'air. En France, ces concentrations sont définies par le décret 66 450 du 20 juin 1966 paru au Journal Officiel.

A côté de cette norme qui est applicable pour une personne exposée à raison de 168 heures, on définit une concentration maximale admissible population (C.M.A.P.), qui est applicable aux personnes du public non directement exposées et qui vaut :

$$\text{C.M.A.P.} = \frac{\text{C.M.A.}}{10}$$

Ainsi, pour le césium 137 (^{137}Cs), la C.M.A. donnée par le décret 66 450, est de $2 \cdot 10^{-4} \text{ Ci/m}^3$ ou 200 000 pCi/l. La C.M.A.P. sera 10 fois plus sévère soit $2 \cdot 10^{-5} \text{ Ci/m}^3$ ou 20 000 pCi/l.

Activité γ globale : Il s'agit d'une mesure pseudo-quantitative de l'activité d'un échantillon qui consiste à sommer toutes les impulsions reçues par le détecteur sur une plage d'énergie, par exemple de 0,2 MeV à 2 MeV. Cela ne permet pas d'identifier les émetteurs présents.

Activité naturelle : Il s'agit de l'activité des échantillons du milieu qui provient essentiellement de la présence du potassium 40 (^{40}K) et des éléments de la famille de l'uranium et du thorium ; radionucléides présents naturellement dans tous les constituants du milieu.

Activité artificielle : Il s'agit de l'activité des échantillons du milieu, provenant des rejets des installations nucléaires et des explosions atomiques. On l'oppose à l'activité naturelle de ces mêmes constituants.

Retombées : Contamination due au retour dans les basses couches de l'atmosphère et à la surface du globe de substances radioactives rejetées en altitude. Ces substances proviennent essentiellement de tirs militaires atomiques aériens et contaminent les eaux de pluie et les poussières contenues dans l'air.

Etiage : C'est le débit moyen le plus bas d'un cours d'eau ; il sert de point de départ pour mesurer la hauteur des eaux au dessus de ce point zéro.

Becquerel (Bq), millibecquerel (mBq) : Le Becquerel est l'unité de radioactivité. Elle représente une quantité de radionucléides pour laquelle il se produit une désintégration par seconde. Le millibecquerel représente 10^{-3} Bq. Un Bq = vingt sept pCi.

Echantillon composite : Echantillon résultant du mélange en quantités égales de prélèvements de sédiments effectués dans une même zone ayant des caractéristiques sédimentologiques et radioactives communes . Il sert à définir l'état zéro radioactif du site.

Sédimentation : Il s'agit du phénomène physique qui entraîne les particules en suspension vers le fond de la rivière, du fleuve ou de l'estuaire.

Activité spécifique : Activité de l'unité de masse d'un échantillon.

Noüe : Bras naturel ou artificiel d'une rivière demeurant en communication avec elle par l'aval.

Végétal semi-aquatique : Espèce dont l'appareil souterrain (racines ou rhizomes) est submergé, qui manifeste d'abord un tempérament aquatique mais qui finit tôt ou tard par s'élever nettement au niveau de la surface.

Végétal aquatique : Espèce étroitement liée à la permanence d'un cours d'eau en dehors duquel ou en l'absence duquel leur développement est impossible.

Q.M.A. : Quantité Maximale Admissible qui, introduite dans l'organisme délivre à cet organisme ou à un organe déterminé la dose maximale admissible ; pour le césium 137 elle est de 30 μ Ci, en ce qui concerne l'organisme entier.

LISTE DES ORGANISMES MENTIONNES DANS LE TEXTE

- PERSONNES A CONTACTER -

- C.E.M.A.G.R.E.F.

14, avenue de St Mandé

75012 PARIS

Tél. (1) 343 97 84

- Commissariat à l'Energie Atomique : C.E.A.

Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire : I.P.S.N.

Département de Protection : D.Pr.

Centre d'Etudes Nucléaires de FONTENAY AUX ROSES

B.P. n° 6 92 260 FONTENAY AUX ROSES

Tél. (1) 657 13 26 Docteur JAMMET

- Electricité de France : E.D.F.

Direction de l'Equipement

Département Sites-Environnement - Information : S.E.I.

3, rue de Messine

75008 PARIS

- Electricité de france

Région Equipement PARIS

Immeuble SCOR - La Défense 8

Cedex 39

92074 PARIS LA DEFENSE

- Laboratoire d'Etudes de Pollution des Eaux : L.E.P.E.
Centre d'Etudes Nucléaires de CADARACHE
B.P. n° 1 13115 SAINT PAUL LEZ DURANCE
Tél. (42) 25 33 41 Monsieur PICAT

- Laboratoire de Mesures Relatives à l'Environnement : L.M.E.
Bâtiment 501 - LE BOIS DES RAMES 91400 ORSAY
Tél. (1) 941 76 55 et 56 Monsieur PHILIPPOT

- S.C.P.R.I.
B.P. n° 35
78110 LE VESINET
Professeur PELLERIN

- Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement : S.E.R.E.
Centre d'Etudes Nucléaires de CADARACHE
B.P. n° 1 13115 SAINT PAUL LEZ DURANCE
Tél. (42) 27 73 25 Monsieur GRAUBY

- Service de la Navigation de la SEINE
Subdivision de NOGENT SUR SEINE
Ecluse du Pont Vert
10400 NOGENT SUR SEINE
Tél. 16 (25) 25 86 48 Monsieur CROZIER

ANNEXE 1 : METHODOLOGIE

SOMMAIRE

	Page
CHAPITRE 1 - POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE D'UN COURS D'EAU METHODOLOGIE GENERALE	
1 - 1. DEFINITION - INTERET - JUSTIFICATION - LIMITES	1
1 - 2. TRAVAUX EFFECTUES DANS LE CADRE D'UN POINT ZERO	3
1.2.1. Etude documentaire, reconnaissance et préparation des interventions sur le site	3
1.2.2. Intervention sur le site	4
1.2.3. Travaux de préparation des échantillons et dosages quantitatifs radioactifs et physico- chimiques en laboratoire	5
1.2.4. Le dépouillement des données, l'interprétation des résultats et la rédaction du rapport de synthèse	6
CHAPITRE 2 - METHODES DE PRELEVEMENT ET DE TRAITEMENT AVANT LES ANALYSES ET LES MESURES EFFECTUEES SUR LES CONSTITUANTS D'UN COURS D'EAU	
2 - 1. L'EAU	8
2.1.1. Technique de prélèvement	8
2.1.2. Préparation des échantillons d'eau avant les dosages au laboratoire	9

	PAGE
2 - 2. LES SEDIMENTS	9
2.2.1. Technique de prélèvement	9
2.2.2. Mesures complémentaires effectuées sur les dépôts sédimentaires	11
2.2.3. Préparation des échantillons de sédiment avant les dosages en laboratoire	12
2.2.3.1. Constitution d'échantillons composites	12
2.2.3.2. Préparation des échantillons composites (Z) en vue d'analyses radioactives quantitatives en laboratoire	13
2.2.3.3. Préparation des échantillons composites (Z) en vue d'analyses non radioactives	15
2.2.3.4. Constitution de l'échantillon global (Z') du site destiné à l'étude de la distribution de l'activité en fonction des fractions granulométriques et méthodes de préparation avant les dosages	16
2 - 3. LES VEGETAUX	17
2.3.1. Technique de prélèvement	17
2.3.2. Préparation des échantillons de végétaux avant les dosages en laboratoire	17
2 - 4. LES POISSONS	18
2.4.1. Technique de pêche	18
2.4.2. Préparation des échantillons de poissons avant les dosages en laboratoire	18

CHAPITRE 3 - MOYENS MIS EN OEUVRE "IN SITU" POUR L'EXECUTION DU POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE D'UN COURS D'EAU

3 - 1. APPAREILS DE PRELEVEMENT	21
3.1.1. Appareil de prélèvement d'eau	21
3.1.2. Appareil de prélèvement des sédiments	23
3 - 2. APPAREILS DE MESURE	28
3.2.1. Le sondeur à ultrasons	28
3.2.2. Le LOCH et son répartiteur de parcours	29
3.2.3. L'ensemble de mesures "in situ" de l'activité γ des sédiments (γ global et spectrométrie γ NaI à bord de la vedette)	29
3.2.3.1. L'ensemble de détection embarqué	29
3.2.3.2. Le traineau de détection	30
3.2.3.3. Le câble conducteur étanche	30
3.2.3.4. L'électronique située à bord	32
3.2.3.4.1. L'ensemble de mesure γ global	32
3.2.3.4.2. L'ensemble de mesure spectrométrique	33
3.2.3.4.3. L'étalonnage de l'ensemble de mesure	34
3.2.4. L'ensemble de mesures "in situ" de l'activité γ des sédiments (γ global et spectrométrie γ NaI à terre)	36
3.2.4.1. L'ensemble de mesure γ global	36
3.2.4.2. L'ensemble de mesure spectrométrique γ NaI	37

	PAGE
CHAPITRE 4 - MOYENS MIS EN OEUVRE AU LABORATOIRE POUR L'EXECUTION DU POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE D'UN COURS D'EAU	
4 - 1. METHODES DE MESURES RADIOACTIVES	38
4.1.1. Spectrométrie γ Ge-Li	38
4.1.1.1. Description de l'installation de spectrométrie γ Ge-Li	38
4.1.1.2. Méthode de mesure	40
4.1.1.3. Limite de détection	41
4.1.1.4. Précision des résultats	43
4.1.2. Radiochimie (dosage du ^{90}Sr)	43
4.1.3. Mesures de l'activité tritium	44
4 - 2. METHODES DE MESURES NON RADIOACTIVES	45
4.2.1. Minéralogie	45
4.2.2. Analyses chimiques	45
4.2.2.1. Analyses des sédiments	45
4.2.2.2. Analyses des végétaux et des poissons	47

CHAPITRE 1

POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE D'UN COURS D'EAU
METHODOLOGIE GENERALE

1.1 DEFINITION - INTERET - JUSTIFICATION - LIMITES

Le point zéro radioécologique est une mesure de l'activité naturelle (*) et artificielle (*) des différents compartiments (eau - sédiment flore - faune) d'un cours d'eau au voisinage d'un site prévu pour l'implantation d'une installation nucléaire avant sa mise en service.

Les installations nucléaires sont amenées à utiliser, dans le cadre de leur fonctionnement normal, les eaux de surface et l'atmosphère pour :

- éliminer après traitement les effluents liquides et gazeux radioactifs ou non qu'elles produisent ;
- assurer le refroidissement des condenseurs et des réfrigérants atmosphériques qui les équipent.

Le rejet de produits faiblement radioactifs, liquides ou gazeux, dans l'environnement est une pratique règlementée. Pour les responsables des installations le traitement des produits radioactifs est préoccupation constante ; il s'agit pour eux que ces effluents radioactifs n'entraînent pas dans l'environnement des concentrations supérieures aux concentrations maximales admissibles pour les populations (C.M.A.P.*).

(*) Tous les termes suivis par ce signe sont explicités dans la rubrique "Abréviations et termes techniques" située à la fin du texte.

Il apparaît donc nécessaire de connaître le devenir de ces radionucléides dans le milieu, en tenant compte de :

- la présence de produits de fission et d'activation à vie longue dans les rejets ;
- l'existence de processus de reconcentration de ces radionucléides dans certains constituants du milieu : sédiment -sol - végétaux-faune ;
- l'utilisation permanente du milieu par l'homme pour vivre, se nourrir, travailler et se distraire.

Les autorités gouvernementales ont senti la nécessité d'une évaluation aussi complète et réaliste que possible des risques éventuels pouvant découler de la pratique de ces rejets radioactifs pour l'homme et le milieu.

Parmi de très nombreux textes réglementaires deux arrêtés en date du 10 août 1976 ont été pris, qui font obligation à tout exploitant désirant rejeter des effluents radioactifs liquides ou gazeux d'effectuer et de soumettre au Ministre de l'Industrie et de la Recherche une analyse de l'état initial du site en vue de préparer l'instruction de la demande d'autorisation de rejet.

C'est dans le cadre de cette analyse de l'état initial du site, qui envisage tous les aspects relatifs à l'installation concernée par ces rejets et à leurs répercussions éventuelles sur les populations, qu'est demandée une mesure des "niveaux de radioactivité de l'environnement préalable à la mise en route de l'installation" c'est-à-dire l'établissement d'un point zéro radioécologique.

1.2. TRAVAUX EFFECTUES DANS LE CADRE D'UN POINT ZERO

L'exécution d'un "point zéro" comprend plusieurs phases dont nous décrivons les principaux aspects.

1.2.1. Etude documentaire, reconnaissance et préparation des interventions sur le site

Les eaux de surface font l'objet d'études et de nombreux contrôles par les organismes publics et privés chargés de leur surveillance ou de leur utilisation (production d'énergie, navigation, captages d'eau pour des usages domestiques, agricoles ou industriels, pêches, loisirs, extraction de matériaux comme par exemple les sablières). Les contrôles et les études liés à l'exploitation des points d'eau représentent un acquis de connaissances important, mais dispersé, qu'il convient de prendre en compte et d'analyser pour définir convenablement le plan d'échantillonnage pour estimer les niveaux d'activité de l'environnement étudié, c'est la phase documentaire.

Ce premier travail, accompagné d'une reconnaissance sur le site et de contacts avec un certain nombre de représentants des organismes ayant compétence sur le cours d'eau à étudier, permettra de définir le schéma pratique des interventions à effectuer. Chaque portion de cours d'eau concerné par un rejet futur présente des caractéristiques propres (débit. - nature des fonds - flore et faune présentes - aménagements hydrauliques - utilisation du milieu par l'homme entre autres). Le plan d'échantillonnage proposé doit tenir compte des particularités locales imputables aussi bien au cours d'eau qu'aux habitudes des populations ; l'objectif final de toutes les études radioécologiques étant, rappelons-le, l'estimation des doses délivrées à l'homme.

En fonction des caractéristiques du cours d'eau ainsi mises en évidence on définit les moyens à mettre en oeuvre (personnel - bateaux véhicules - appareils et techniques de prélèvements des différents types d'échantillons), et on en assure la préparation (révision - étalonnages essais - formalités administratives) en vue des campagnes de mesures et de prélèvements prévues sur le site.

1.2.2. Interventions sur le site

En règle générale plusieurs interventions doivent être effectuées sur un cours d'eau pour évaluer convenablement les niveaux d'activité de ses divers constituants.

Elles sont limitées, si possible, à deux campagnes de mesures. Une campagne en fin d'été (*) où l'on risque d'observer dans le milieu les niveaux d'activité (1) les plus élevés compte tenu des conditions de débit. Elles se traduisent à la fois par des possibilités de dilution les plus défavorables et par une sédimentation (*) maximale. Cette première campagne permet la récolte et l'étude de l'eau, du sédiment et de la faune présents. Une autre campagne en fin de printemps - début été est plus favorable à la récolte des végétaux.

Ce découpage peut-être considéré comme un minimum indispensable. L'exécution d'interventions supplémentaires étant parfois nécessaire pour parvenir à un échantillonnage plus représentatif.

(1) En dehors de la présence d'installations nucléaires rejetant dans un cours d'eau en amont d'un site prévu pour l'implantation d'une nouvelle installation, les eaux de surface subissent un apport d'activité dû aux retombées issues des explosions atomiques militaires aériennes.

Indiquons simplement ici que les interventions sur le site regroupent, outre les opérations de prélèvements dans les divers compartiments, des mesures hydrologiques (physico-chimie - courantologie - bathymétrie) des mesures radioactives (mesure de l'activité γ globale des fonds, spectrométrie γ NaI "in situ") et des opérations de conditionnement des échantillons récoltés (identification - pesées - dessiccation).

1.2.3. Travaux de préparation des échantillons et dosages quantitatifs radioactifs et physico-chimiques en laboratoire

L'objectif prioritaire des interventions sur le site est la récolte d'échantillons représentatifs des divers compartiments du cours d'eau. L'évaluation convenable des activités naturelles et artificielles de ces compartiments implique obligatoirement la mise en oeuvre ultérieure de méthodes de dosages sélectives et quantitatives conduisant à une identification certaine des émetteurs présents et à une détermination des concentrations de chacun d'entre eux. Préalablement à l'exécution de ces analyses radioactives quantitatives (spectrométrie γ Ge-Li - radiochimie du strontium) et des dosages physico-chimiques entrepris parallèlement, une préparation convenable (filtration - concentration - dessiccation - broyage - incinération) des divers échantillons récoltés est nécessaire. L'activité artificielle présente dans des échantillons prélevés dans l'environnement est très faible; ce fait implique de traiter des quantités importantes pour chaque échantillon (1) et de les concentrer dans le plus petit volume possible de façon à obtenir des activités spécifiques (*) telles que l'on dépasse les seuils de sensibilité des équipements de mesure. Ainsi on parvient à une mise en évidence et à un dosage suffisamment précis des radionucléides présents (voir chapitre 4 du présent rapport).

(1) A titre d'exemple 100 à 150 litres par échantillon d'eau, 12 à 20 kilos "frais" par végétal prélevé, 2 à 10 kilos frais par espèce de poisson.

L'ensemble de ces opérations représente un travail important en temps (préparation) et en technicité (dosages).

Le tableau n°1 récapitule les opérations et dosages entrepris dans le cas des divers échantillons récoltés.

1.2.4. Le dépouillement des données, l'interprétation des résultats et la rédaction du rapport de synthèse.

La présentation des travaux réalisés "in situ" (prélèvements-mesures) et au laboratoire (traitements - dosages - quantitatifs) nécessitent la description des méthodes employées (annexe 1 : Méthodologie) et l'établissement de tableaux visualisant les opérations effectuées et les résultats acquis (annexe 2 : Tableaux).

Enfin, les résultats radioactifs obtenus font l'objet d'un rapport (texte proprement dit) s'appuyant sur l'ensemble des mesures entreprises dans le cadre de la présente étude et sur celles issues d'autres travaux dont les résultats sont analysés dans le cadre de l'étude documentaire.

TABLEAU N°1 : TRAITEMENTS ET DOSAGES CHIMIQUES ET RADIOACTIFS
APPLIQUES AUX DIVERS ECHANTILLONS RECOLTES DANS LE CADRE
D'UN POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE.

TRAITEMENTS ET DOSAGES EFFECTUES	NATURE DE L'ECHANTILLON			
	Eau	Sédiment	Flore	Faune
Filtration à 0,45 μ m	+			
Concentration	+ (1)			
Dissection		+ (2)		+ (3)
Dessication à 110°C	+ (1)	+	+	+
Broyage	+ (1)	+ (4)	+	+
Incinération	+ (1)		+	+
Spectro. γ NaI et global		+		
Spectro. γ Ge-Li	+	+	+	+
^{90}Sr	+	+ (5)	+	+
^3H	+			
Analyse totale		+		
Granulométrie		+		
Capacité d'échange éléments échangeables éléments hydrosolubles		+		
Dosage du K^+ et du Ca^{++}		+	+	+
Dosage matière organique		+		
Minéralogie		+		

- (1) Des résines échangeuses d'ions
 (2) Séparation des diverses fractions granulométriques
 (3) Séparation éventuelle des principaux organes
 (4) Seulement pour les analyses radioactives
 (5) Seulement sur les fractions granulométriques.

CHAPITRE 2

METHODES DE PRELEVEMENT ET DE TRAITEMENT AVANT LES ANALYSES ET LES MESURES EFFECTUEES SUR LES CONSTITUANTS D'UN COURS D'EAU

2.1. L'EAU

2.1.1. Technique du prélèvement

Le prélèvement est assuré par un appareillage automatique autonome fonctionnant sur batterie (12 V) assurant :

- la récolte d'un volume important d'eau brute ($V > 100$ litres) sur une période de 8 heures à 10 jours ;
- la séparation "in situ" de l'activité associée aux matières en suspension (M.E.S.) par passage de l'eau sur un filtre MILLIPORE de porosité $0,8 \mu m$ (1) ;
- la concentration de l'activité présente sous forme dissoute par passage sur un lit de résines échangeuses d'ions (2)
- la rétention des radionucléides associés à des matériaux organiques par passage de l'eau filtrée et désionisée sur une colonne de charbon actif.

(1) Filtre $0,8 \mu m$ - matériel agréé par la norme AFNOR pour la détermination des matières en suspension.

(2) Lit de résine cationiques et anioniques mélangées utilisé dans le système MILLIPORE pour la production d'eau déminéralisée de haute qualité (système milli-q).

2.1.2. Préparation des échantillons d'eau avant les dosages au laboratoire

Lorsqu'un prélèvement d'eau en continu est terminé, on récupère séparément le filtre, les résines et le charbon actif, puis on les place dans des barquettes en aluminium à usage unique afin de procéder à leur dessiccation dans une étuve à 40°C. Ensuite le traitement diffère selon qu'il s'agit du filtre, des résines ou du charbon actif. Le filtre et les résines sont incinérés à 560°C de façon à réduire leur volume au maximum. Nous avons effectué des études prouvant que l'augmentation d'activité spécifique obtenue compense largement les pertes par incinération. En revanche le charbon actif chargé de retenir les matières organiques est mesuré sec, l'incinération étant contraire au but recherché. Les échantillons traités sont conditionnés selon leur volume en géométrie 20 cm³ (K), 100 cm³ (C) ou 350 cm³ (B) en vue d'une mesure en spectrométrie γ Ge-Li.

Les activités mesurées sur les produits secs ou incinérés sont rapportées au volume d'eau prélevé par l'appareil ; les résultats sont exprimés en pCi/l d'activité dissoute (résines), associée aux M.E.S. (filtre) et aux matières organiques dissoutes (charbon actif).

2.2. LES SEDIMENTS

2.2.1. Technique de prélèvement

On procède selon deux méthodes pour les prélèvements de surface (tranche 0 - 20 cm) :

- Par dragage en continu des fonds : cette méthode consiste à traîner sur le lit du cours d'eau une benne racleuse à l'aide d'un bateau ; la benne se remplit au fur et à mesure de l'avancement du bateau sur une distance variant de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres selon le type de benne employé et la nature du fond.

On obtient ainsi un échantillonnage continu des fonds sur le trajet effectué dont on repère les origines (départ - arrivée) de façon à localiser le prélèvement. Lors des opérations de dragage on procède simultanément ou séparément à une mesure de l'activité γ des fonds afin de localiser les zones les plus actives présentes.

- Par prélèvement ponctuel à l'aide de benne à griffes ou du cône de BERTHOIS et de pelles pour les prélèvements à effectuer sur les berges et sur les bancs émergés. Tous les prélèvements sont conditionnés dans une boîte métallique à usage unique ($\phi = 24$ cm ; $h = 12$ cm) dans laquelle on introduit 4 litres de dépôts (1).

Tous les dosages quantitatifs, radioactifs et physico-chimiques seront effectués à partir des sédiments contenus dans ce type de conteneur.

Le choix d'un volume de dépôt de 4 litres permet de disposer d'une quantité de matériaux sédimentaires suffisamment importante pour avoir des échantillons les plus représentatifs possible du site en chacune des stations de prélèvement. Rappelons, en effet, que l'homogénéité du niveau de contamination des alluvions d'un cours d'eau est moins bonne que celle des masses liquides (2), et qu'il est donc nécessaire de récolter une quantité suffisante de matériaux de façon à ne pas avoir au même point des écarts importants qui seraient dus à une mesure radioactive réalisée sur des échantillons de volume réduit. Son conditionnement en conteneur cylindrique ($\phi = 24$ cm, $h = 12$ cm) permet d'obtenir les meilleurs résultats en spectrométrie γ NaI compte tenu des installations (sonde 4" x 4") dont nous disposons tant sur le site qu'à CADARACHE.

(1) Une jauge permet une évaluation rapide du volume introduit.

(2) En effet si les sédiments concentrent l'activité et ont de ce fait des niveaux plus élevés de contamination qui permettent une mesure plus aisée, ce processus de concentration est fonction notamment de la taille des grains. La récolte d'un échantillon trop réduit dont la composition granulométrique s'écarterait de la valeur moyenne au droit de la station conduirait à un résultat erroné par excès (granulométrie plus fine de l'échantillon récolté par rapport à la moyenne de la station) ou par défaut.

2.2.2. Mesures complémentaires effectuées sur les dépôts sédimentaires

Compte tenu de l'hétérogénéité des dépôts sédimentaires liée aux conditions d'écoulements variables dans la tranche d'eau qui les recouvre et de l'incidence de la granulométrie sur le niveau d'activité d'un sédiment, la définition des possibilités d'accumulation des radionucléides dans le lit d'un cours d'eau nécessite une reconnaissance complète en aval du rejet afin de mettre en évidence les zones les plus intéressantes. Dans cette optique, parallèlement à un prélèvement continu des fonds (dragage) on effectue en continu :

- Une mesure de l'activité γ globale, entre 100 KeV et 2 MeV, dont le but est d'avoir une idée du niveau moyen d'activité du dépôt sédimentaire ; le choix de la bande (100 KeV - 2 MeV) se justifie par le fait que tous les émetteurs γ naturels ou artificiels ont une ou plusieurs émissions γ comprises dans cette fourchette d'énergie.
- Une spectrométrie γ NaI simultanée entre 100 KeV et 2 MeV, dont le but est d'identifier directement, "in situ", les émetteurs γ présents, naturels et artificiels, et d'en estimer grossièrement l'abondance.

Dans ce but, on immerge sur les fonds une sonde de détection carénée dans un traîneau spécialement conçu et raccordée à une électronique de mesure embarquée (voir chapitre 3). Au fur et à mesure de la progression lente du bateau (1 à 2 km/h) effectuant le relevé, on enregistre en continu l'activité γ globale des fonds et on visualise en permanence le spectrogramme dans la bande 100 keV à 2 MeV. On peut ainsi en repérant la route suivie par l'embarcation mettre en évidence les zones les plus actives présentes dans le cours d'eau.

Pour les prélèvements ponctuels effectués sur les berges ou sur des bancs émergés la mesure γ globale et la spectrométrie γ NaI sont effectuées en différé dans un local équipé d'un appareil électronique comparable au matériel embarqué. En général le stockage des impulsions reçues par le détecteur pendant une demi-heure permet de déceler la présence éventuelle d'émetteurs artificiels si les niveaux d'activité sont suffisamment importants (1).

(1) Activité supérieure à 1 000 Bq (la borne de référence est 100 Bq).

2.2.3. Préparation des échantillons de sédiments avant les dosages en laboratoire

2.2.3.1 Constitution d'échantillons composites

Dans le compartiment eau l'activité est faible mais à peu près homogène dans l'espace à un moment donné, ce qui nécessite la récolte d'échantillons de grand volume en 1 ou 2 stations. Pour le sédiment, assez actif et hétérogène dans l'espace on aboutit en dépit de la procédure de dragage fournissant des échantillons représentatifs d'un parcours donné, à un nombre assez élevé d'échantillons (50 à 100 environ). Afin de limiter les dosages quantitatifs à un nombre plus restreint d'échantillons, on procède à un groupage des prélèvements présentant des caractéristiques voisines (localisation - granulométrie - activité γ globale - émetteurs présents). On obtient des échantillons dits composites résultants d'un mélange en partie égale de différents prélèvements ayant des caractéristiques communes. Les analyses et les résultats obtenus sur ces échantillons composites sont alors représentatifs de toute une zone ou une catégorie de dépôt. En moyenne on constitue de 15 à 20 échantillons composites par site.

Le mélange des prélèvements individuels de 4 litres s'effectue dans un mélangeur (durée du brassage = environ un quart d'heure).

A l'aide d'une jauge on prélève de ce mélange :

- 2 litres en vue d'analyses radioactives quantitatives, conditionnés en barquette en aluminium, qui, après diverses opérations (séchage, tamisage, broyage) constituera l'échantillon composite Z broyé ;
- 1 litre en vue d'analyses sédimentologiques, mis en barquette en aluminium, c'est l'échantillon composite Z non broyé ;

- 1 litre qui servira à la constitution de l'échantillon composite Z', mélange de tous les composites (Z) effectués sur le site, à partir duquel on isolera les sables grossiers ($2 \text{ mm} > \phi > 0,2 \text{ mm}$), les sables fins ($0,2 > \phi > 0,05$) et enfin les limons et argiles ($\phi < 0,05 \text{ mm}$) pour l'étude de la corrélation entre la granulométrie et l'activité.

2.2.3.2 Préparation des échantillons composites (Z) en vue d'analyses radioactives quantitatives en laboratoire

Sur la fraction de 2 litres de chaque composite, nous effectuons dans l'ordre qui suit, les opérations suivantes :

- Une pesée. On détermine le poids volumique du dépôt (mélange eau-sédiment) en place (P_{sh}) que l'on exprime en kg/l ou kg/m^3 .
- Une dessiccation à 110°C , par passage pendant environ 48 h (sables) à 72 h (vases) dans une étuve à ventilation forcée munie d'une régulation en température.
- Une pesée après dessiccation. Elle permet d'obtenir, le poids du seul sédiment sec (P_{ss}) contenu par litre ou m^3 de dépôt que l'on exprime également en kg/l ou kg/m^3 .

On peut à partir de P_{sh} et P_{ss} déterminer la teneur en eau du dépôt.

$$Te \text{ (en \%)} = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{sh}} \times 100$$

La détermination de ces 3 termes, P_{sh} - P_{ss} et Te , est indispensable car :

- connaissant le poids de matériaux secs d'un dépôt P_{ss} , on peut calculer l'activité qu'il renferme, à partir des résultats des dosages radioactifs réalisés sur des matériaux secs.

$$\begin{array}{llll}
 \text{Exemple : dépôt volume} & = 1\,000\text{ m}^3 & = V & \\
 \text{Activité} & = 50\text{ Bq.kg}^{-1} & = A & \\
 P_{ss} & = 800\text{ kg/m}^3 & = P_{ss} &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Activité totale} & \left\{ \begin{array}{l} V \times P_{ss} \times A \\ \text{du dépôt} \end{array} \right. & 1\,000 \times 800 \times 50 = 4,0 \cdot 10^7 \text{ Bq}
 \end{array}$$

- Connaissant le type de dépôt concerné (vase ou sable), on peut avoir une idée de son état de consolidation sur le fond (tassement) et par voie de conséquence, son aptitude à la remobilisation (teneur en eau et fluidité plus ou moins grande).
- Connaissant ces 3 grandeurs, on peut comparer les divers dépôts du cours d'eau entre eux : une activité équivalente de deux dépôts, exprimée en Bq.kg^{-1} sec peut correspondre à une activité des dépôts en place différente du fait d'une teneur différente de ceux-ci en sédiments secs P_{ss} . Inversement, deux dépôts ayant des niveaux de contamination* en place identiques, peuvent correspondre à des valeurs différentes de contamination exprimées en Bq.kg^{-1} de sédiments secs.
- Un tamisage des sédiments secs afin d'éliminer tous les grains dont la taille excède 2 mm ; ces grains ayant une aptitude négligeable à fixer les radionucléides.
- Un broyage, dans un broyeur FORPLEX, type FL.O, de façon à réduire le sédiment à l'état de poudre ; on obtient alors l'échantillon composite Z broyé. C'est à partir de cette poudre (1) que seront effectués tous les dosages radioactifs ultérieurs (spectrométrie γ Ge-Li - radiochimie). Le but de ce broyage est de faciliter l'attaque du sédiment lors des opérations de dissolution par voie acide (employée en radiochimie) et d'obtenir un échantillon homogène pour les dosages radioactifs et de concentrer le maximum d'activité dans le minimum de volume afin d'obtenir les meilleures conditions de détection possibles.

(1) on obtient environ 1 litre de poudre à partir de 2 litres de dépôt.

— Un conditionnement.

En boîte plastique ($V = 350$ CC. $h = 6$ cm, $\phi = 9$ cm) pour les dosages radioactifs quantitatifs (spectrométrie γ GeLi)

En sachet plastique avec environ 20 grammes destinés au dosage radiochimique du strontium. Ce dosage n'est effectué que sur les trois fractions granulométriques (sables grossiers, sables fins, argiles + limons).

En bidon plastique de 1 litre pour archivage (1).

Tous les conteneurs (boîte métallique de prélèvement - barquette en aluminium - boîte de conditionnement) sont à usage unique afin d'éviter toute contamination possible des échantillons par le conteneur, et ils portent toutes les indications permettant le repérage de l'échantillon.

2.2.3.3 Préparation des échantillons composites (Z) en vue des analyses non radioactives

La fraction de 1 litre (mise dans une barquette en aluminium) de chaque échantillon composite est soumise à :

- Une dessiccation à 40°C par passage pendant environ 72 heures (sables) et 96 heures (vases) dans une étuve à ventilation forcée munie d'une régulation en température.
- Un émottage délicat afin de respecter la granulométrie du matériau prélevé.
- Un conditionnement dans 3 conteneurs distincts du sédiment séché à 40°C et émotté délicatement.

Environ 250 g dans un sachet plastique seront envoyés au laboratoire chargé des analyses sédimentologiques et chimiques.

Environ 200 g dans un sachet plastique seront envoyés au laboratoire chargé des analyses minéralogiques.

(1) Tous les échantillons analysés dans le cadre des points zéro sont conservés en cas de contestations ultérieures des mesures.

Le reste est conditionné dans un bidon plastique de 0,5 litre pour archivage.

2.2.3.4 Constitution de l'échantillon global (Z') du site destiné à l'étude de la distribution de l'activité en fonction des fractions granulométriques et méthodes de préparation avant les dosages.

Cet échantillon résulte du mélange des aliquotes de 1 litre prélevées sur chaque échantillon composite Z. On procède au mélange de la même manière que pour la constitution des composites.

La séparation des fractions granulométriques se fait par passage du mélange de sédiments obtenu sur un jeu de 3 filtres à maille carrée de 2 mm - 0,2 mm et 50 μ m respectivement.

Le refus du tamis 2 mm est jeté.

Le refus du tamis 0,2 mm constitue la fraction sables grossiers : $2 > \phi > 0,2$ mm. On l'appelle Z'A.

Le refus du tamis 0,05 mm constitue la fraction sables fins : $0,2 > \phi > 0,05$ mm. On l'appelle Z'B.

Les 2 fractions Z'A, Z'B, subissent alors les mêmes opérations que celles appliquées aux composites.

2.3. LES VEGETAUX

2.3.1. Technique de prélèvement

Le prélèvement des végétaux semi-aquatiques (tel que l'iris) nécessite l'utilisation d'instruments aratoires permettant l'accès aux racines pour arracher ensuite l'ensemble. Les végétaux sont ensuite très soigneusement lavés sur place notamment les racines qui emprisonnent des bouts de bois, des graviers, des sédiments, etc.

2.3.2. Préparation des échantillons de végétaux avant les dosages en laboratoire

Si nécessaire les végétaux sont relavés en laboratoire.

Pour pratiquer leur dessiccation les végétaux sont coupés afin d'être introduits dans des barquettes en aluminium. Cette dessiccation dure environ 24 heures à 110°C. Les produits secs sont très soigneusement pesés puis réduits à l'état de poudre dans un broyeur de type VORWERK.

Suit alors l'étape de l'incinération. Le cycle choisi dure 24 heures et se décompose ainsi :

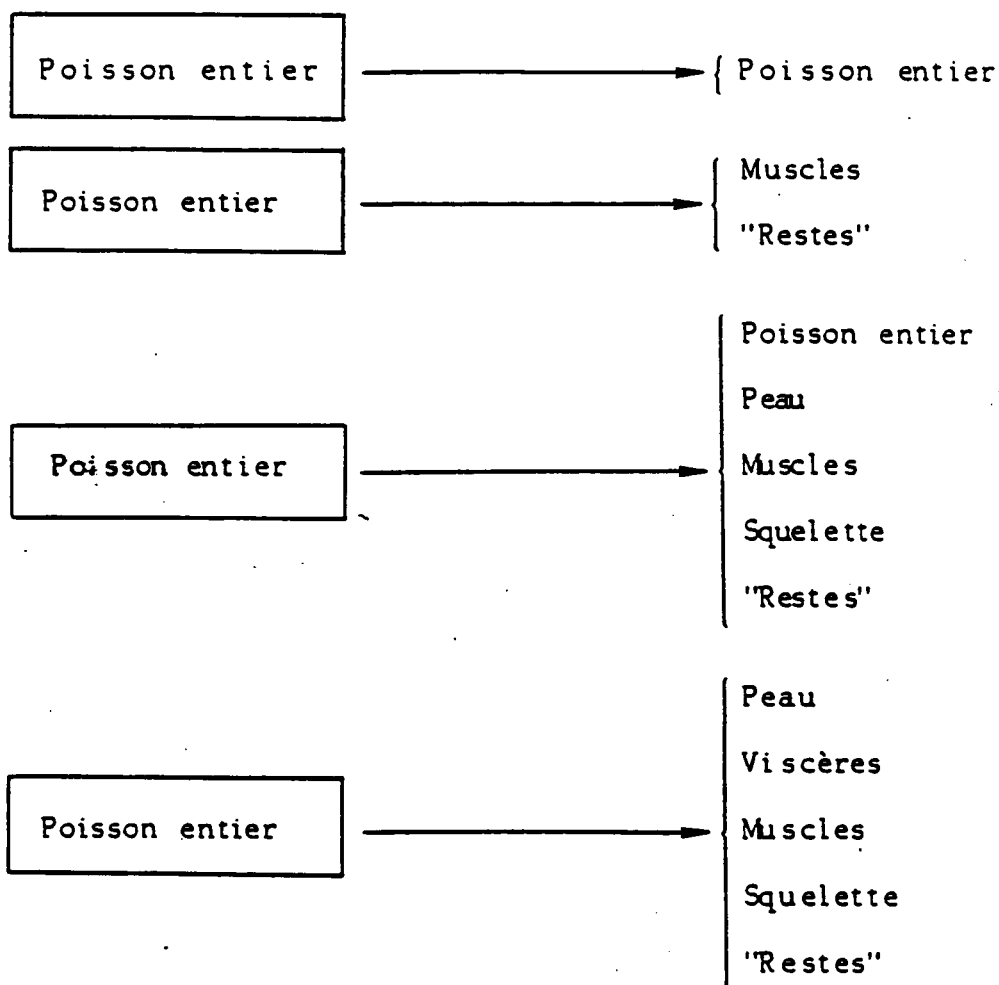
- 1 heure de 20 à 200°C,
- 2 heures à 200°C,
- 1 heure de 200 à 300°C,
- 3 heures à 300°C,
- 3 heures de 300° à 55°C,
- 14 heures à 600°C.

Le produit de cette incinération, les cendres, est lui aussi très soigneusement pesé.

S'ils peuvent être conditionnés tout de suite au laboratoire et compte tenu :

- de la quantité de poissons récoltés ;
- de l'intérêt qu'ils présentent au point de vue de la radioprotection ;
- de leur place dans la chaîne alimentaire (espèces carnivores ou non) ;
- des mesures radioactives à effectuer.

On procède ou non à une dissection. Quatre schémas ont ainsi été choisis :



Les poissons entiers et les organes subissent le même traitement que les végétaux. Il faut cependant noter que le temps de dessication est plus long (entre 48 et 72 heures) et ceci à cause de la teneur en graisse des poissons.

CHAPITRE 3

MOYENS MIS EN OEUVRE IN SITU POUR L'EXECUTION DU POINT ZERO
RADIOECOLOGIQUE D'UN COURS D'EAU

L'exécution des prélèvements et des mesures radioactives qualitatives (γ global et spectrométrie γ NaI) nécessite la mise en oeuvre d'un certain nombre d'équipements qui sont décrits dans le présent chapitre.

3.1. APPAREILS DE PRELEVEMENTS

3.1.1. Appareil de prélèvement d'eau

Il s'agit d'un appareil portable (30 kg - hauteur 60 cm largeur 50 cm - profondeur 27 cm) autonome (batterie 12 volts) (1) qui permet le prélèvement automatique d'un volume d'eau de 100 à 200 litres sur une période pouvant atteindre plus de 10 jours avec filtration des M.E.S. et concentration "in situ" des sels dissous et matières organiques dans un volume réduit (1 litre).

- Principe général de fonctionnement

On effectue le prélèvement selon un régime séquentiel.

Une pompe d'un débit instantané de 100 l/heure prélève un volume de 0,5 litre à intervalles de temps réguliers : le réglage possible de la durée de cet intervalle entre 60 et 3 600 s permet pour un même volume prélevé de faire varier la durée de l'échantillonnage entre quelques heures et plusieurs jours (2).

Aussitôt prélevées, les aliquotes successives de 0,5 litre sont filtrées sur un filtre de grande surface et de porosité 0,8 μ m (3).

(1) Un chargeur incorporé à l'appareil permet un fonctionnement sur secteur avec la batterie en tampon.

(2) 150 litres prélevés filtrés et concentrés en 5 heures à 12 jours 1/2.

(3) Filtre MILLIPORE DI 10 conforme à la norme AFNOR pour l'évaluation de la teneur en matières en suspension.

L'eau ainsi débarrassée de ses matières en ~~suspension~~ (M.E.S.) passe dans deux cartouches successives renfermant chacune un lit de résines échangeuses d'ions cationiques et anioniques mélangées (1) qui assure la concentration de tous les éléments dissous présents dans l'eau sous forme ionique (2) ; l'eau filtrée et désionisée ainsi produite passe enfin sur une cartouche renfermant du charbon actif (3) qui retient les composés organiques présents dans l'eau.

- Possibilités techniques complémentaires de l'appareil

- . mesure du débit total par débitmètre incorporé à l'appareil,
- . prédétermination possible du nombre d'aliquote à prélever avec arrêt automatique de l'appareil lors du dernier prélèvement par compteur d'impulsions pré réglable.
- . vidange et renouvellement complet de la colonne d'eau entre chaque prélèvement évitant toute perte d'activité et détérioration de l'échantillon par séjour de l'eau dans le conduit d'aspiration,
- . vitesse d'aspiration importante de l'eau assurant un échantillonnage représentatif des M.E.S.

Tous les accessoires de conditionnement de l'eau (filtre - résines, charbon) sont du matériel de grande diffusion ; ils sont intégrés dans le système de production d'eau ultra pure MILLIPORE.

(1) Il s'agit de la résine MILLIPORE IRN-150 qui est un mélange de résines cationiques IR-120 de capacité d'échange $36,8 \text{ kg Ca Co}_3 / \text{pied}^3$ et anionique IRA-400 de capacité d'échange $17 \text{ kg Ca Co}_3 / \text{pied}^3$ en quantités telles qu'il y ait la même capacité d'échange pour chacune d'elles, ces résines étant prévues dans le système MILLIPORE de fabrication d'eau ultra pure de haute qualité pour produire 150 litres d'eau à 18 megohms/cm à 25°C.

(2) Le volume du lit de résine étant de 1 litre, le rapport de concentration est de l'ordre de 150 pour un prélèvement de 150 litres. Le volume total concentré est fonction de la charge en sels dissous de l'eau prélevé.

(3) Colonne de charbon actif équipant le système MILLIPORE.

3.1.2. Appareils de prélèvement des sédiments

Selon le mode de prélèvement (ponctuel ou dragage) et selon la nature des fonds, quatre types de benne sont utilisés.

- Pour les prélèvements ponctuels, lorsque les fonds sont peu consolidés on emploie la benne MECABOLIER assez légère (30 kg), à griffes, d'un volume utile de 5 litres. Quand les fonds sont assez compacts on a recours à la benne PETERSEN un peu plus lourde (45 kg), à deux mâchoires sans griffe, d'un volume utile de 8 litres et dont le mécanisme de fermeture plus puissant permet d'entailler les dépôts vaseux ou sableux bien consolidés.
- Pour les prélèvements par dragage sur une longue distance on emploie la benne EMERY. Il s'agit d'un tube cylindrique de 46 cm de long, d'un diamètre de 17 cm représentant un volume utile de prélèvement de 8 litres. Ce tube pèse 16 kg. Il est fermé à sa partie inférieure, sa partie supérieure par contre est ouverte, ce qui permet l'entrée du sédiment lorsque le tube est traîné horizontalement sur le fond ; une tige métallique articulée relie le câble de traction du bateau à la partie supérieure du tube.

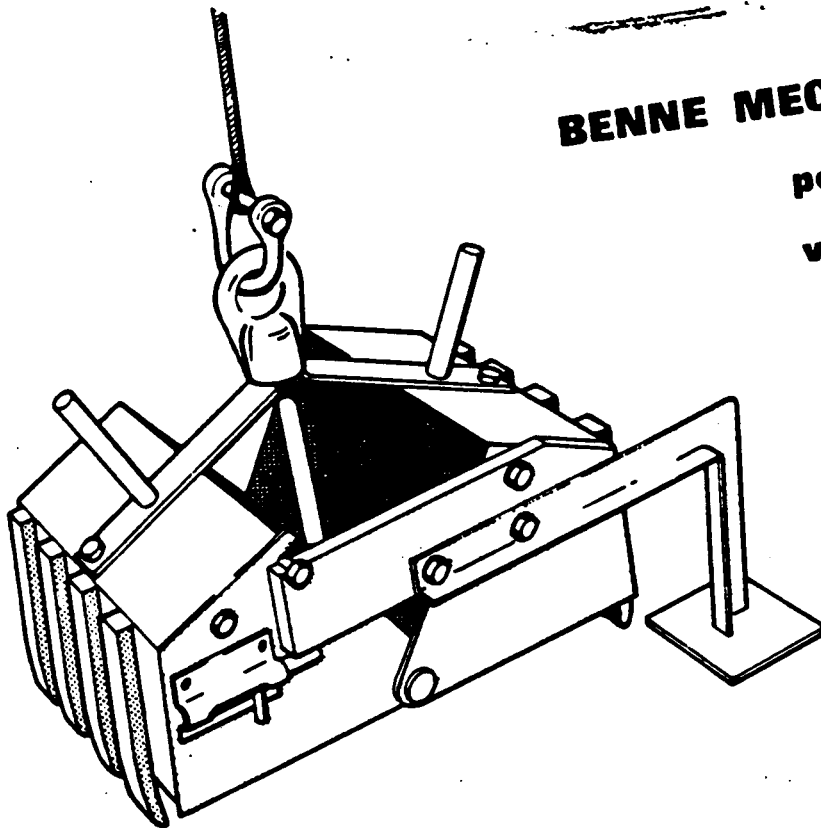
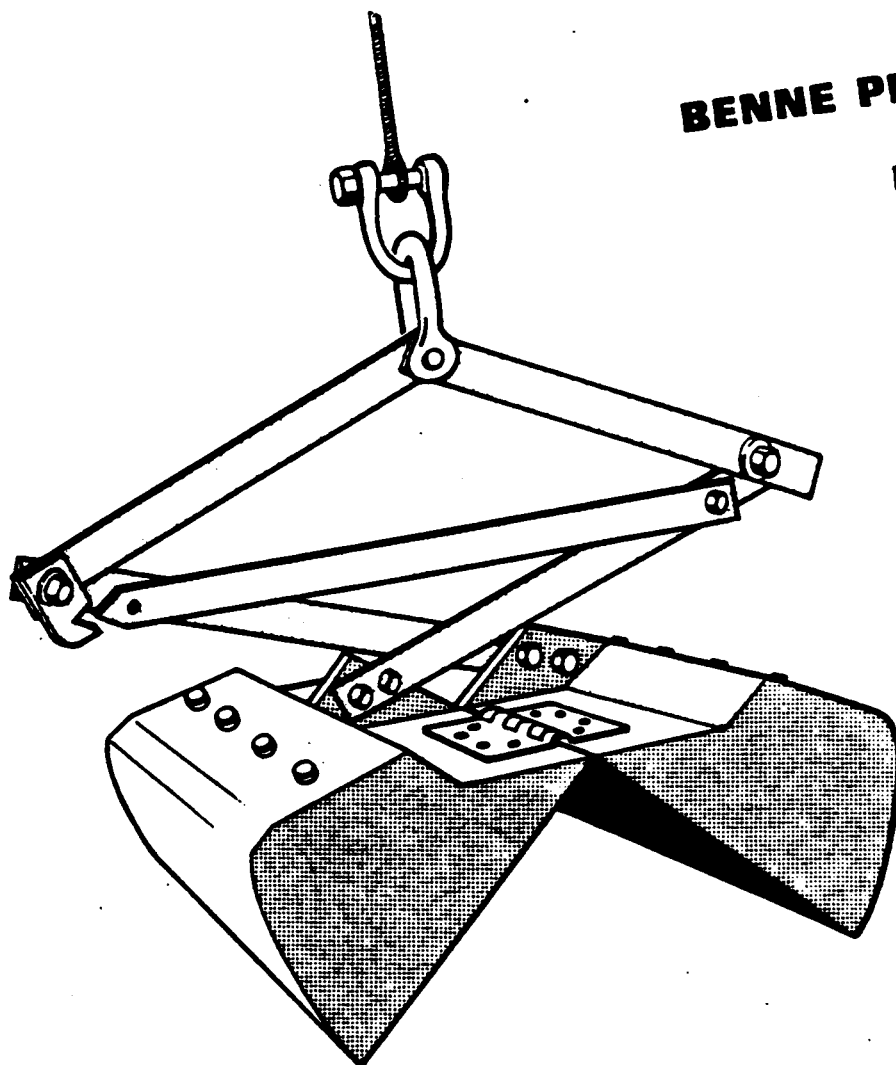
Lorsqu'on désire effectuer un dragage sur une distance de l'ordre d'une dizaine de mètres on utilise la benne LEPE rectangulaire d'un volume de 30 litres et d'un poids de 22 kg ; plus tranchante (section rectangulaire) que la benne EMERY, elle entaille plus rapidement le fond.

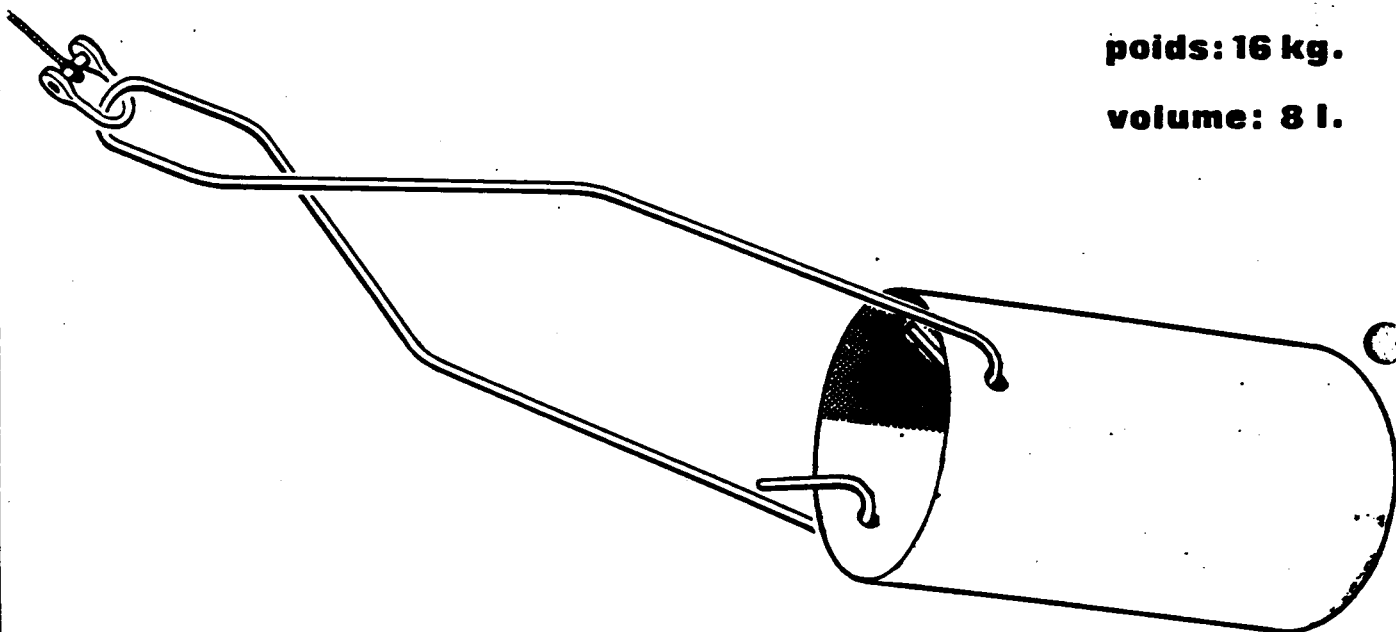
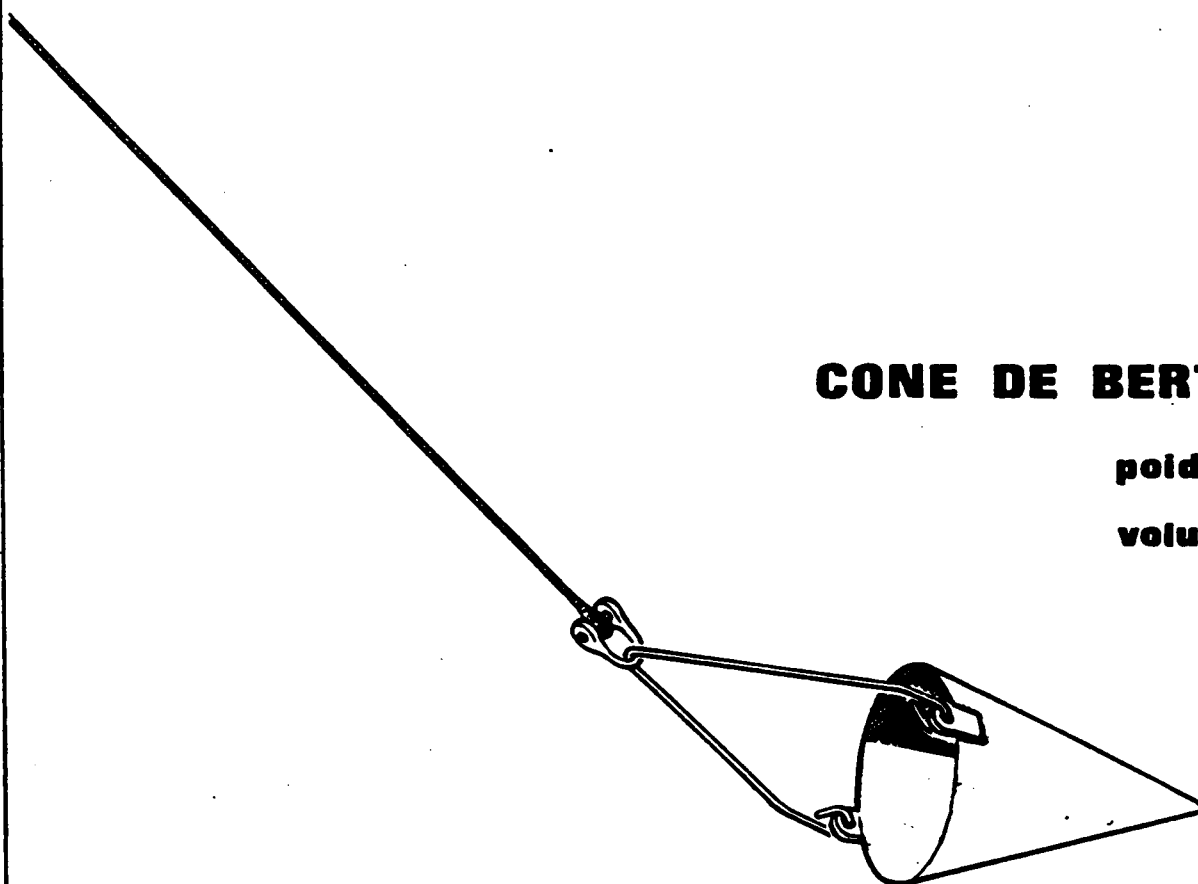
Ces différents types de bennes sont actionnés par l'un des treuils situé sur la plage arrière des embarcations. Chaque treuil est équipé d'un câble porteur en nylon dont la longueur est adaptée à l'importance des fonds sur lesquels on travaille.

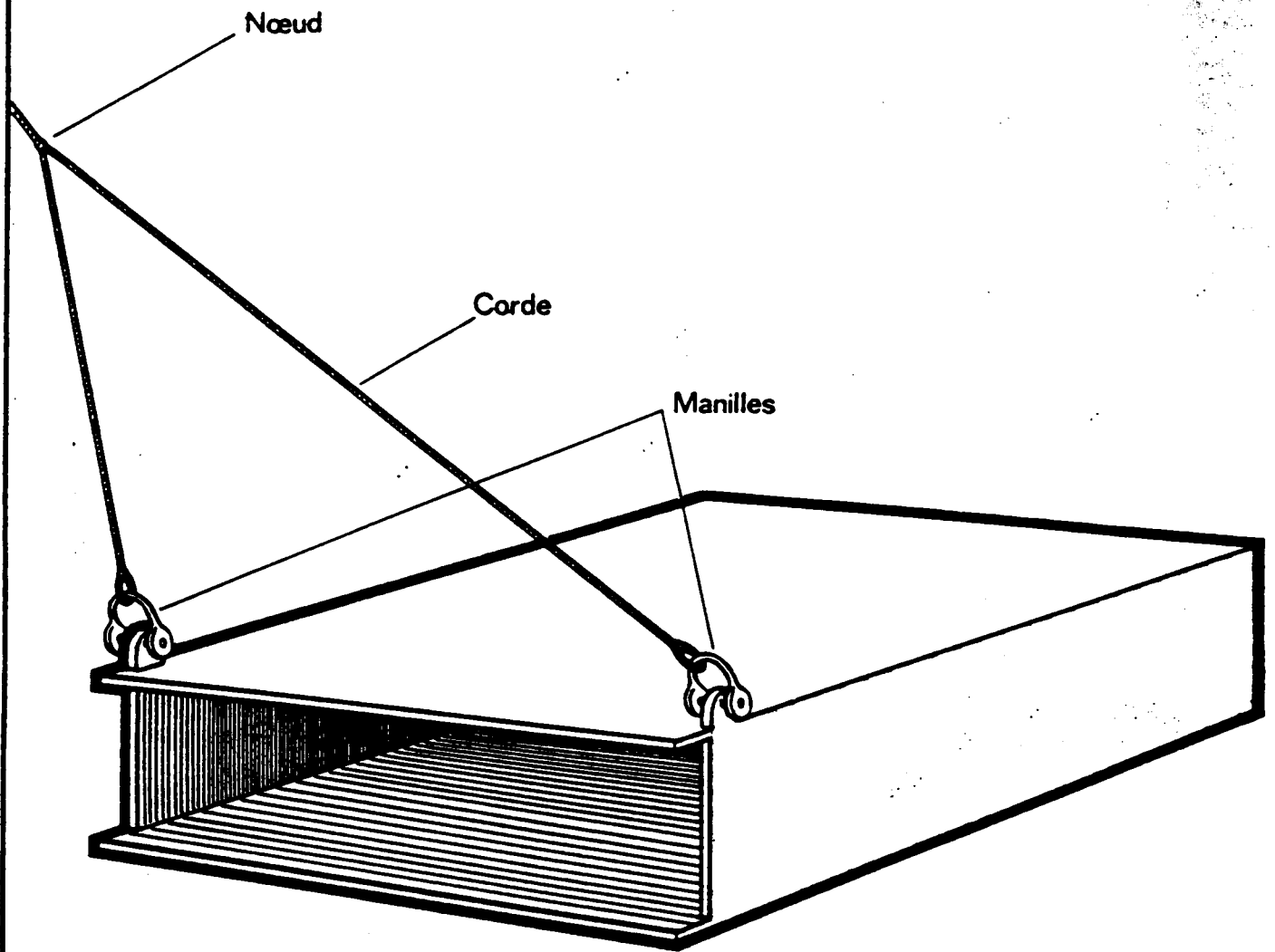
Lorsque les prélèvements ne peuvent se faire à l'aide d'une de ces bennes, ils sont effectués manuellement avec le cône de BERTHOIS.

C'est un cône métallique d'une capacité de 6 litres pesant seulement 2,5 kg que l'on lance dans l'eau à l'aide d'un cordage en nylon et dont la récupération, en laissant racler le cône sur le fond, permet de prélever des sédiments.

Pour effectuer les prélèvements dans l'épaisseur des dépôts-carottage d'un mètre par tronçon de 20 cm - nous utilisons une bêche tarière qui permet de creuser des trous cylindriques de 25 cm de diamètre.

BENNE MECABOLIER**poids : 30 kg.****volume : 5 l.****BENNE PETTERSEN****poids : 45 kg.****volume : 8 l.**

BENNE EMERY**poids: 16 kg.****volume: 8 l.****CONE DE BERTHOIS****poids: 2 kg.****volume: 6 l.**

**BENNE L.E.P.E****poids : 22 kg.****volume : 30 l.**

3.2. APPAREILS DE MESURES

3.2.1. Le Sondeur à ultrasons

La vedette est équipée d'un sondeur ELAC de fabrication allemande (Electroacoustic GMBH - KIEL), type ECHOGRAPH LAZ 51 MT, BOITIER ENREGISTREUR ET REPETITEUR DIGITAL couplés.

. Boitier enregistreur LAZ 51

Il est utilisé exclusivement lors des opérations de relevé bathymétrique (profils en travers, opérations de sonde traînée) ou lors des stations de mesures et de prélèvement d'échantillons. Il possède 6 échelles de lecture :

- Gamme I : 0 - 20 m ; 20 - 40 m ; 40 - 60 m.

- Gamme II : 0 - 80 m ; 80 - 160 m ; 160 - 240 m.

L'échelle 0 - 20 m (la plus communément utilisée sur les sites) permet d'apprécier les profondeurs à 20 cm près.

Un système de changement de vitesse de déroulement de papier et un bouton-traceur (actionné manuellement par l'opérateur au moment du passage de la vedette devant les repères) permettent d'obtenir un enregistrement détaillé des fonds sondés, assorti d'un repérage topographique.

. Répétiteur digital ELAC DAZ 13

Il est placé en face du pilote et sert principalement à la navigation. Il fonctionne sur 12 V et travaille sur une fréquence de 50 kilocycles. Il est équipé d'une alarme basse, affichée manuellement par un potentiomètre. Ce dispositif trouve tout son intérêt, en dehors de la sécurité de navigation en eaux peu profondes, lorsqu'il s'agit d'opérer en suivant une ligne bathymétrique déterminée.

3.2.2. Le LOCH et son répéteur de parcours

La vitesse du bateau est donnée par un loch électromagnétique BEN ; simultanément un compteur à 6 chiffres donne la distance parcourue en km. Un répéteur de parcours à 6 chiffres, avec remise à zéro indique la distance parcourue en mètres ; il est utilisé à faible vitesse pour les petits parcours, afin d'avoir une meilleure précision.

3.2.3. L'ensemble de mesures "in situ" de l'activité γ des sédiments : γ global et spectrométrie γ NaI, à bord du bateau.

La mesure des radionucléides émetteurs γ présents sur les fonds s'effectue à l'aide d'appareils de mesure spécialisés, mis au point au laboratoire.

3.2.3.1. L'ensemble de détection embarqué

Le détecteur utilisé est un cristal cylindrique d'iodure de sodium activé au thallium INa (Tl) de 102 mm de diamètre sur 102 mm de hauteur, de marque HARSHAW, type 16S16/5E, dont la résolution est inférieure à 7,5 % pour le ^{137}Cs . Ce cristal est associé à un photo-multiplicateur S R C 125 B01, d'un diamètre de 127 mm et à un préamplificateur.

L'ensemble cristal - photo-multiplicateur - préamplificateur est logé à l'intérieur d'un boîtier métallique en acier inoxydable résistant à une pression de 5 bars, ce qui autorise des mesures dans des fonds atteignant 50 mètres.

Ce boîtier détecteur est lui-même logé dans un habitacle de forme parallélépipédique caréné à l'avant, appelé traîneau de détection.

3.2.3.2. Le traîneau de détection

Le but de ce traîneau de détection est triple :

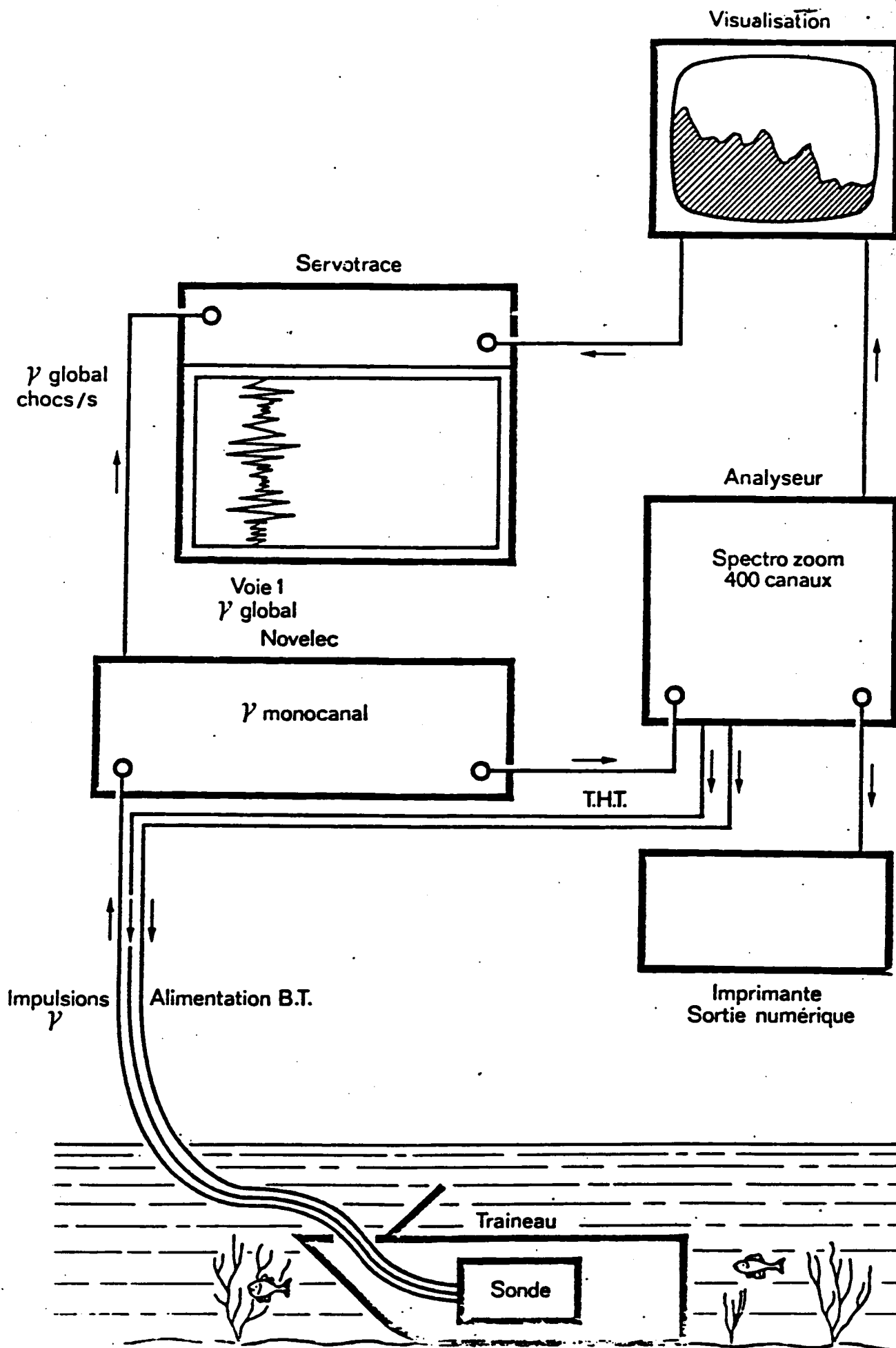
- 1° - comme son nom l'indique, il permet le remorquage du détecteur sur les fonds, lors des opérations de sonde traînée ;
- 2° - il protège le détecteur contre les chocs inévitables se produisant avec les matériaux du fond aussi bien lors de la descente du traîneau sur le fond que pendant les opérations de remorquage ;
- 3° - il conserve des conditions de géométrie constante : permettant une comparaison des résultats obtenus entre les différentes stations quelle que soit la nature des fonds. Sans son conditionnement à l'intérieur du traîneau, véritable emballage métallique fermé de toute part (sauf 2 orifices à la partie supérieure permettant les entrées et sorties d'eau), le détecteur s'enfouirait plus ou moins dans les alluvions en fonction de leur nature (vases - sables - dépôts consolidés ou non) et le taux de comptage obtenu serait entaché d'erreurs provenant d'un contact (enfouissement) plus ou moins complet dans les alluvions en fonction de leur état de consolidation.

Un volet réglable permet de conserver le traîneau plaqué contre le fond lors des opérations de sonde traînée.

3.2.3.3. Un câble conducteur étanche

D'une longueur de 50, 100 ou 200 m selon les besoins ; il relie la sonde immergée à l'électronique située à bord.

Ce câble étanche comprend deux fils coaxiaux : le premier, véhicule la haute tension nécessaire à la marche du détecteur. Son isolement est de 3 kilovolts.

ENSEMBLE DE DÉTECTION γ 

Le deuxième, sert pour l'alimentation en courant continu 12 volts nécessaire à la marche du préamplificateur et véhicule les impulsions délivrées par le détecteur vers l'électronique situé à bord - impédance : 50 ohms.

3 conducteurs simples sont également disponibles.

3.2.3.4. Une électronique située à bord

Cette électronique permet l'exécution simultanée d'une mesure γ globale et d'une mesure en spectrométrie γ des fonds.

Le but de ces deux mesures est double :

- avoir une idée du niveau de radiocontamination des fonds par les émetteurs γ dont l'émission photo-électrique se situe entre 100 keV et 2 MeV; c'est la mesure γ globale.
- identifier sur place les émetteurs γ présents sur les fonds ; c'est la mesure spectrométrique.

3.2.3.4.1. L'ensemble de mesure γ globale

La mesure γ globale se fait à l'aide d'un spectromètre à une voie de marque NOVELEC, dans une bande d'énergie de 100 keV à 2 MeV. Sa fonction est la suivante :

- Il numérise les impulsions en provenance du détecteur pendant le temps de contact du traîneau avec le fond ; ce qui donnera un taux de comptage moyen sur le vecteur parcouru.
- Les impulsions sont intégrées avec une constante de temps donnée par un icromètre qui délivre une tension analogique proportionnelle à leur nombre.
- Eventuellement ce spectromètre peut fournir la Très Haute Tension nécessaire au photomultiplicateur de la sonde détectrice. L'enregistrement analogique est fait par un Enregistreur Yt à 2 voies Sefram de type SERVOTRACE.

1^{re} voie enregistre la sortie analogique de l'ictomètre, la 2^{ème} voie, la bathymétrie sous la forme d'une tension continue donnée par un interface digital analogique à la suite du sondeur à ultra-sons ELAC. Un topeur d'évènement permet de caler le diagramme obtenu par rapport à un système de localisation du bateau de type LORAN, DECCA, etc.

3.23.4.2. L'ensemble de mesure spectrométrique

Il se compose :

- d'un analyseur d'amplitude 200 canaux type spectrozoom sz82 de construction française fabriqué par SEIN (ALFORVILLE).

Cet analyseur est équipé :

- . d'un module (HT82) fournissant la haute tension nécessaire au fonctionnement du photo-multiplicateur,
- . d'un module (AM82) amplifiant les signaux issus du préamplificateur et donnant la tension continue - 12 volts nécessaire au fonctionnement du préamplificateur.
- . d'un écran de télévision 625 lignes (VS82) qui permet la visualisation permanente du spectre pendant la mesure. Il est réglé de façon à avoir une vue du spectre allant de 0 à 2 MeV le canal 66 correspondant au pic ^{137}Cs .

La sortie des informations s'effectue :

- . sous forme numérique à l'aide d'une imprimante IER 214,
- . sous forme graphique en liaison avec l'enregistreur yt SERVOTRACE.

3.2.3.4.3. Etalonnage de l'ensemble des mesures

Le problème le plus délicat dans les mesures d'activité et plus particulièrement "in situ" est de s'assurer d'un étalonnage correct de l'ensemble de mesure et de la stabilité dans le temps de cet étalonnage.

Les causes de dérèglement sont nombreuses sur le site : variation de température au niveau du détecteur, fluctuations de tension, etc. Pour pallier ces inconvénients, on procède à 2 types d'étalonnage chaque jour.

Un étalonnage en énergie de l'ensemble détecteur-sélecteur d'amplitude. Nous savons que l'ensemble des émetteurs γ présents dans les effluents des centrales ont une émission photo-électrique dont l'énergie est généralement comprise entre 0 et 2 MeV.

On règle donc :

- Le sélecteur d'amplitude de façon à recueillir dans les 200 canaux disponibles les signaux correspondant à une énergie allant de 0 à 2 MeV.

Pour ce faire on présente devant le détecteur des sources solides étalons d'émetteurs γ connus (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{133}Ba) et on règle le sélecteur en agissant sur le gain de l'amplificateur AM82, de façon à faire coïncider exactement le maximum du pic photo-électrique avec le canal correspondant.

Exemple : pour le ^{137}Cs , dont l'émission γ se fait à 662 keV, on agit sur le gain pour amener le pic dans le 66ème canal. En effet, une bande d'énergie de 2 MeV répartie sur 200 canaux correspond à une bande d'énergie de 10 keV prise en compte par canal, donc le ^{137}Cs à 660 keV doit apparaître si les 200 canaux correspondent rigoureusement à 2 MeV ou $\frac{660}{10} = 66$ ème canal.

L'utilisation d'autres émetteurs permet d'avoir d'autres points de repères (117ème et 133ème canal pour les pics 1,17 et 1,33 keV du ^{60}Co - 36 ème canal pour le pic 0,36 keV du ^{133}Ba). On obtient ainsi une droite d'étalonnage qui permet d'établir une correspondance rigoureuse entre canal et énergie.

Un pic apparaissant sur l'écran (VS82) lors d'une mesure, il est ainsi possible de déterminer immédiatement son énergie et d'identifier le radionucléide concerné à partir des tables existantes qui donnent pour chaque radionucléide les émissions γ les caractérisant.

Un étalonnage et une mise en concordance du monocanal γ avec l'ensemble détecteur-sélecteur d'amplitude.

Nous avons vu que les signaux recueillis par le détecteur étaient en sortie de l'amplificateur envoyés d'une part vers le sélecteur SZ82, d'autre part vers le spectromètre SI61 du monocanal γ , afin d'effectuer une mesure γ globale intéressant la bande d'énergie allant de 0,1 à 2 MeV.

Le choix de cette bande 0,1 à 2 MeV est basé sur le fait que la plupart des radionucléides émetteurs γ ont un ou plusieurs pics photo-électriques qui apparaissent dans cette plage d'énergie.

L'élimination des signaux inférieurs à 100 keV a pour but de s'affranchir des parasites que l'on recueille fréquemment en basse énergie et qui s'ajoutent aux signaux issus de la détection d'évènements radioactifs, devant être seuls pris en compte. Pour faire la somme de ces signaux compris entre 0,1 et 2 MeV il faut s'assurer d'un calibrage correct du monocanal compatible avec celui réalisé pour l'ensemble détecteur-sélecteur d'amplitude.

3.2.4. L'ensemble de mesures "~~in situ~~" de l'activité γ des sédiments : γ globale et spectrométrie γ NaI à terre

Les échantillons de sédiments au fur et à mesure de leur récolte sur le site sont mis en boîte de 4 litres (ϕ 24 cm ; h = 12 cm), et mesurés à terre à l'intérieur d'un château de plomb (épaisseur des parois 5 cm) de dimensions suffisantes (L = 40 cm, l = 40 cm, h = 25 cm).

Le détecteur γ NaI utilisé est identique à celui employé à bord de l'embarcation. Il est relié à une électronique qui permet l'exécution simultanée d'une mesure γ globale et d'une mesure en spectrométrie γ NaI Tl.

Le but de ces deux mesures est double :

- avoir une idée du niveau moyen de contamination des sédiments par les émetteurs γ dont l'émission photo-électrique se situe entre 100 keV et 2 MeV ; c'est la mesure γ globale;
- identifier sur place les émetteurs γ présents dans les sédiments.

Rappelons toutefois que la spectrométrie γ NaI Tl est plus qualitative que quantitative, elle permet de déceler "in situ" la présence éventuelle d'émetteurs artificiels. Seule la spectrométrie γ Geli effectuée en Laboratoire, permettra une identification certaine et un dosage quantitatif des émetteurs γ présents dans les échantillons.

3.2.4.1. L'ensemble de mesure γ global

Il se compose d'un spectromètre une voie de marque NOVELEC. Il reçoit les impulsions en provenance de la sonde de détection et il les numérise pendant un temps égal à leur accumulation dans l'analyseur de spectre.

Le taux moyen de comptage est obtenu en divisant le nombre d'impulsion accumulé par le temps pendant lequel s'est effectué la mesure.

Les échelles de comptage et de temps comportent 6 décades. Une alimentation haute tension est incorporée et peut éventuellement servir à l'alimentation du photomultiplicateur de la sonde de détection.

3.2.4.2. L'ensemble de mesure spectrométrique γ NaI

Il se compose d'un analyseur de spectre Cosynus 60 de marque Schlumberger 2 048 canaux. La visualisation se fait sur écran et le périphérique de sortie est une imprimante LA 34 de marque Digital.

Le sédiment à analyser et la sonde détectrice se trouvent à l'intérieur d'un chateau de plomb d'environ 350 kg, et sont ainsi à l'abri du rayonnement gamma ambiant. Les signaux issus du photomultiplicateur, sont amplifiés et adaptés dans un préamplificateur associé. Ils sont ensuite dirigés vers l'analyseur de spectre. Divers réglages (dont un réglage de gain) permettent l'étalonnage en énergie à partir de sources connues. Un codeur trie les signaux suivant leur amplitude caractéristique et il les accumule dans les canaux correspondants.

La mémoire de 2 048 canaux est partagée en deux groupes de 1 024 canaux. Chaque jour l'étalonnage en énergie de l'Analyseur est fait, ainsi que l'acquisition du spectre gamma ambiant. Ce spectre viendra se loger dans le deuxième groupe, et sera soustrait de chaque spectre, correspondant à une mesure de sédiment (comptage de 30 minutes).

En fin d'acquisition, le contenu de chaque canal et son numéro (1 024 ex) apparaît sur un listing donné par l'imprimante LA 34. En tête du listing est inscrit les références de l'échantillon analysé, la date, la durée de la mesure ainsi que les principaux paramètres de la mesure.

En outre une photographie polaroid 7 x 9 prise sur la visualisation est jointe au listing et donne l'allure générale du spectre.

CHAPITRE 4

MOYENS MIS EN OEUVRE AU LABORATOIRE POUR
L'EXECUTION DU POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE D'UN COURS D'EAU

Au laboratoire sont effectuées toutes les opérations de préparation des échantillons qui n'ont pu être réalisées sur le terrain, les dosages radioactifs, minéralogiques et chimiques de type quantitatifs et la majeure partie des tâches relatives à la préparation de l'étude et à l'établissement du rapport.

4.1. METHODES DE MESURES RADIOACTIVES

4.1.1. Spectrométrie γ Germanium-lithium (Ge-Li)

Ces mesures γ Geli sont effectuées au sein même du SERE dans le laboratoire de mesures relatives à l'environnement situé dans le Campus universitaire d'ORSAY (*).

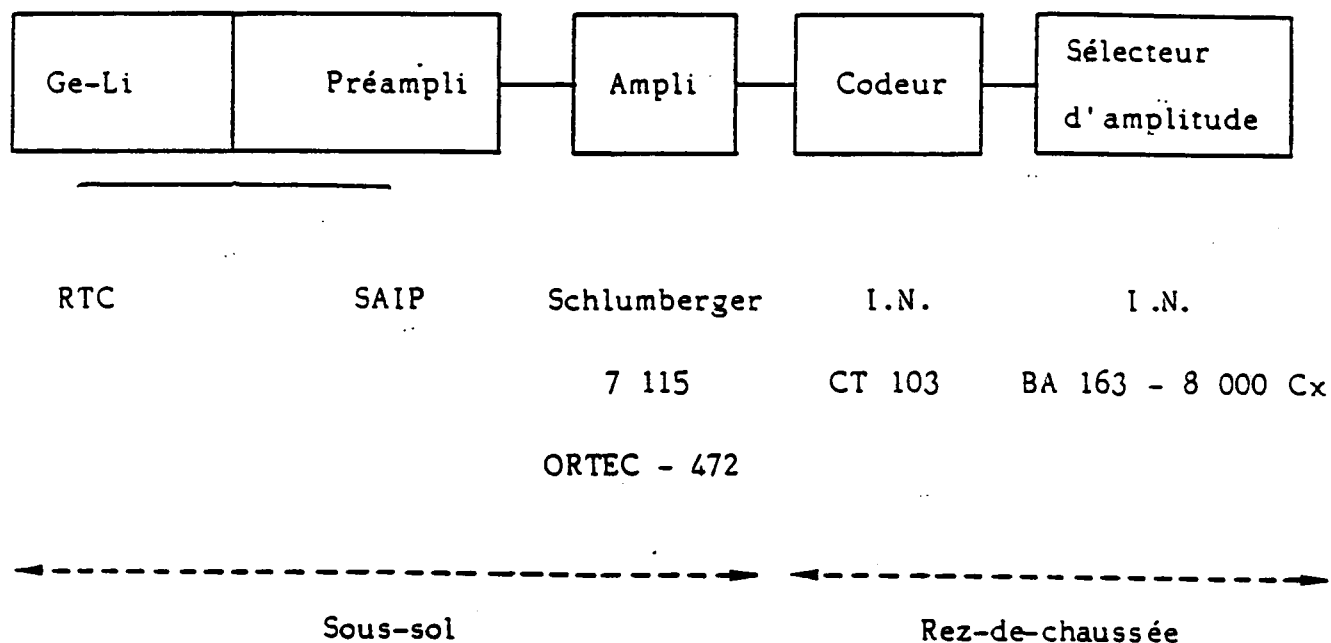
4.1.1.1. Description de l'installation de spectrométrie γ Ge-Li

Six détecteurs jonction d'un volume unitaire de 30 cm^3 et ayant une résolution de 1 à 2 keV sont installés dans une chambre blindée (10 cm Pb de faible activité + 5 mm de cuivre électrolytique).

Cette chambre, située en sous-sol (-7 m), est protégée par une dalle de béton de 2,5 mètres d'épaisseur.

Les 6 détecteurs γ Ge-Li, leurs préamplificateurs et amplificateurs implantés en sous-sol sont raccordés par câbles à l'électronique d'analyse (codeurs - sélecteurs d'amplitude - calculateur - imprimantes perforatrices et console de visualisation situés dans des locaux en rez-de-chaussée).

La chaîne de mesure type peut être décrite par le schéma ci-dessous :



L'ensemble des chaînes de mesure est climatisé à $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Elles sont en outre entièrement automatisées. Durant les mesures (7 spectrographes), les opérations suivantes sont réalisées :

- . contrôle de l'état général du système,
- . contrôle de l'état statique et dynamique de chaque voie,
- . lecture des contenus des canaux,
- . estimation des temps actifs et temps morts et programmation des mesures.

Ces divers contrôles de l'état général du système, ces conditions à observer avant ou pendant la mesure, sont indispensables pour que l'automatisme recherché soit véritablement possible. En effet, les détecteurs jonction, l'électronique qui les accompagne, et les signaux électriques émis sont autant d'entités fragiles atteignant les limites de la technologie correspondante. Par contre, convenablement utilisés et surveillés, ils constituent un outil de mesure inégalable.

Les caractéristiques physiques de chaque voie de mesure sont déterminées à l'issue de chaque mesure et mémorisées sous forme de leurs valeurs moyennes, ce qui nous permet à la fois de déceler toute anomalie éventuelle de fonctionnement et d'utiliser ces valeurs pour procéder à un dépouillement plus précis et plus rapide du spectre en cours d'étude.

4.1.1.2. Méthode de mesure

On procède, chaque fois que cela est possible à une mesure sur une durée de l'ordre de 1 000 minutes (une nuit). L'échantillon est conditionné soit dans une boîte plastique de 350 ml ($\varnothing = 90$ mm - h = 60 mm) soit dans une boîte plastique de 160 ml ($\varnothing 90$ mm - h = 25 mm). Lorsque la quantité d'échantillon récolté est nettement trop faible (entre 10 et 30 g) on utilise une géométrie plus petite de 20 ml ($\varnothing = 50$ mm - h = 10 mm).

Lorsque la quantité d'échantillon est de l'ordre de 1 à 10 g, le produit sec ou incinéré est mélangé à une résine thermopolymérisable ERVAPON, et après homogénéisation, passé dans une presse élaborant l'échantillon par compression à la température ordinaire. La polymérisation a lieu à 50°C.

Les spectrogrammes couvrent une plage d'énergie comprise entre 0,060 et 3 MeV et sont obtenus avec un échantillonnage de 0,5 KeV/canal.

Le dépouillement des spectrogrammes est effectué à l'aide d'un calculateur PHILIPS < PR 8 000 > qui utilise un programme original PHILIP-POT.

Le traitement recouvre l'ensemble des opérations suivantes :

- . identification des pics photo-électriques ; présence et énergies,
- . calcul des intensités des pics,
- . calcul des activités des nucléides présents,
- . évaluation des erreurs sur chaque résultat.

4.1.1.3. Limite de détection

La limite de détection est une grandeur toujours difficile à évaluer avec certitude. Elle est liée en particulier à la fluctuation statistique du fond continu du spectre, donc à l'activité globale de l'échantillon et au temps de mesure.

En outre, le bon isolement de la raie photo-électrique concernée a une influence certaine sur cette limite de détection.

Compte tenu de ces remarques nous avons admis que le pic photo-électrique aura une signification physique lorsque ce dernier "émergera" d'une quantité au moins égale à l'amplitude de la fluctuation du fond environnant.

Il y aura donc autant de limites de détection qu'il y aura de nucléides dosés. Pour simplifier, on donnera, pour un temps de mesure de l'ordre de 1 000 minutes, les exemples suivants en distinguant 2 cas:

1° - Nucléides appartenant au bruit de fond ou à la contamination du détecteur

On admet, dans ce cas, que la limite de détection est égale à la valeur du bruit de fond ou de la contamination.

NUCLEIDES	^{40}K	^{137}Cs	^{60}Co	^{234}Th	^{238}U ↓ ^{234}Pa	^{226}Ra	^{232}Th ↓ ^{228}Ac
Limite de détection en Bq	5,6	0,1	0,3	11	11	3,7	0,4

2° - Nucléides n'appartenant pas au bruit de fond

Pour ces nucléides, la limite de détection est évaluée conformément aux remarques précédentes, étant entendu que ces valeurs ne sont valables qu'au jour de la mesure.

NUCLEIDES	^{51}Cr	^{134}Cs	^{131}I	^{140}La	^{54}Mn	^{124}Sb	^{95}Zr	^{65}Zn
Limite de détection en Bq	1,9	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4

4.1.1.4. Précision des résultats

La fluctuation statistique qui entache la valeur de l'activité est donnée par $\frac{2\sqrt{N}}{N}$ où N est le nombre de désintégrations recueillies par le détecteur (il définit le pic photo-électrique).

Le rendement du détecteur (1) et les probabilités de désintégration pour chaque nucléide sont connus respectivement à $\pm 3\%$ et $\pm 1\%$.

En définitive, les activités seront données avec une précision égale à $0,04 + \frac{2\sqrt{N}}{2}$.

4.1.2. Radiochimie (Dosage du ^{90}Sr)

Ces dosages sont effectués au Département de Protection dans le Laboratoire de Radiotoxicologie du Centre d'Etudes Nucléaires de FONTENAY AUX ROSES.

On met en solution 20 à 30 g de l'échantillon à analyser. Par addition d'un oxalate on précipite le strontium et le calcium. Si on est en présence de baryum 140 on précipite le baryum sous forme de chromate, sinon on élimine les impuretés radioactives par précipitation d'un hydroxyde d'yttrium.

A ce stade là il est nécessaire de stocker la solution pendant 15 jours. A ce moment là il devient possible de séparer l'yttrium 90 sous forme d'oxalate $[(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \text{Y}_2, 9 \text{H}_2\text{O}]$ dont on mesure l'activité β . Si on exprime l'activité en strontium 90 par rapport au calcium, il est nécessaire de considérer, en plus du calcium contenu dans les sédiments, celui de l'oxalate ajouté pour les besoins du dosage.

On mesure donc l'activité du mélange strontium 90 + yttrium 90 en suivant la décroissance de l'activité de l'yttrium 90.

(1) Le rendement rend compte de la proportion entre les γ émis et les impulsions électriques comptabilisées. Tous les γ émis ne sont pas convertis en scintillations (émises par le cristal) et toutes ces scintillations ne sont pas converties en impulsions électriques.

La précision du dosage est fonction de la quantité d'échantillon utilisé.

Par exemple : pour 10 g la précision est de $0,004 \text{ Bq.g}^{-1}$

pour 20 g la précision est de $0,002 \text{ Bq.g}^{-1}$

4.1.3. Mesures de l'activité tritium

Les échantillons d'eau recueillis en vue de ces analyses ont été confiés au Laboratoire de Radiogéologie et de Mécanique des Roches. Ce laboratoire travaille en liaison avec l'A.I.A.E., à VIENNE, et effectue des mesures de ce type depuis de nombreuses années.

La méthode utilisée est la suivante :

L'eau des échantillons est filtrée et on en prélève 250 ml afin de faire la mesure. On y ajoute 1 ml de solution de NaOH afin de la rendre conductrice et l'échantillon est soumis à l'électrolyse afin de le concentrer.

Les échantillons sont soumis à l'électrolyse par séries de 6. Pour chaque série il est effectué un enrichissement et comptage d'une solution étalon, qui provient du même stock depuis 12 ans et dont on utilise des dilutions appropriées. 16 électrodes étant disponibles on peut enrichir 2 fois 6 échantillons (il faut deux électrodes par échantillon) et 2 étalons. Afin de garantir la reproductibilité des mesures, les mêmes électrodes et les mêmes aciers sont utilisés depuis 15 ans.

De leur volume initial de 250 ml les échantillons sont réduits à un volume de 25 à 26 ml. L'électrolyse dure de 45 à 46 heures.

Ensuite les échantillons réduits enrichis de bioxyde de sodium sont distillés dans une atmosphère saturée de l'échantillon afin d'éviter les pertes en cours de distillation.

Le mélange scintillant est réalisé par adjonction de PPO et PPOP.

Le comptage s'effectue pendant 1 000 mn sur appareil PACKARD et les résultats sont traités par un programme sur calculateur OLIVETTI et donnés avec une précision de deux écarts types (2σ).

4.2. METHODES D'ANALYSES MINERALOGIQUES ET CHIMIQUES

4.2.1. Analyses minéralogiques

C'est l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine de BORDEAUX (*) qui effectue ces analyses.

Elles sont effectuées par diffractométrie X sur un appareil CGR, type théta 60 (rayonnement Cu K sélectionné par monochromateur de GUI- NIER ; régime 40 kV 20 mA).

L'analyse de la fraction $< 2 \mu\text{m}$ est effectuée après séparation par attaque à l'HCl N/10 et sédimentation. La méthode utilisée est celle des pâtes orientées et des trois diagrammes (normal, glycol, chaleur).

4.2.2. Analyses chimiques

Elles sont effectuées par la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-RHONE et du LANGUEDOC (*).

4.2.2.1. Analyse des sédiments

Granulométrie avec calcaire

Pour la détermination des fractions argileuses et limoneuses, on utilise la méthode de la pipette de ROBINSON. Elle est basée sur l'application de la loi de sédimentation des particules dans un liquide (loi de STOCKES).

La détermination des fractions sableuses se fait par tamisage.

Dosage du calcaire total

L'échantillon subit une attaque par HCl qui détruit les carbonates et provoque un dégagement de CO_2 : $\text{Ca CO}_3 + 2 \text{HCl} - \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. On mesure le volume de CO_2 dégagé à l'aide du calcimètre de BERNARD et on en déduit le % de calcaire total.

$$\text{Ca CO}_3\% = \frac{0,25 \times V \times 100}{v \times P}$$

P : poids de l'échantillon

V : volume de CO₂ dégagé par l'échantillon

0,25 : 0,25 g de CaCO₃ pur

v : volume de CO₂ dégagé par les 0,250 g de CaCO₃ pur.

Dosage du calcaire actif

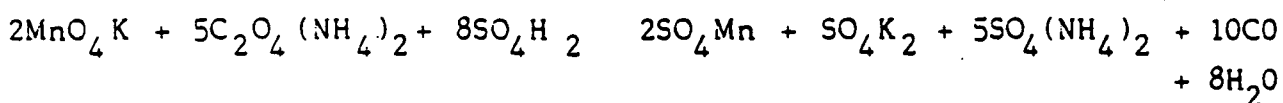
Ce dosage s'effectue par la méthode de DROUINEAU - GALET.

Principe :

Ce dosage repose sur un titrage par oxydo-réduction qui utilise le permanganate de potassium et l'oxalate d'ammonium.

On met en contact le sédiment (1 g) avec un excès (100 ml) d'une solution d'oxalate en donnant un précipité d'oxalate de calcium (CaC₂O₄).

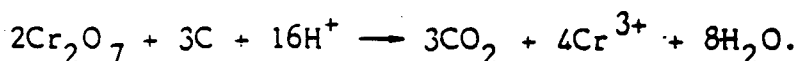
On dose ensuite par retour l'oxalate en excès avec une solution de permanganate N/5 en milieu acide sulfurique.



Dosage de la matière organique

La méthode utilisée est la méthode ANNE.

La matière organique contenue dans l'échantillon est oxydée en milieu sulfurique par le bichromate de potassium.



L'excès de bichromate est ensuite dosé par une solution de sel de Mohr 0,2 N (sulfate de fer et d'ammonium) en présence d'un indicateur (diphénylamine sulfonate de baryum en solution sulfurique).

Dosage des éléments échangeables

On provoque le déplacement des ions fixés sur le complexe absorbant par l'acétate d'ammonium.

Pour déterminer les éléments échangeables on met 10 grammes de sédiments dans 100 ml d'acétate d'ammonium normal puis on agite. Ensuite on dose les ions relâchés par le complexe absorbant.

Capacité d'échange

Elle correspond à la quantité maximale d'ions qu'un sédiment peut retenir. Ces derniers ayant été extraits et mis en solution lors du dosage des éléments échangeables.

La capacité d'échange se définit comme la quantité d'ammonium qui se sera fixée sur le complexe absorbant. Pour la déterminer on opère un déplacement de cet ammonium à l'aide d'une solution normale de KCl sur la prise d'échantillon après dosage des éléments échangeables et rinçage successifs à l'alcool.

Analyse totale

0,500 g à 1 g de sédiment est attaqué en milieu sulfurique et chlorhydrique à chaud. Le résidu solide ne comporte alors pratiquement plus que de la silice. Il est repris à l'acide fluorhydrique à chaud.

Lorsque tout l'échantillon est dissous on laisse sécher afin d'éliminer l'acide fluorhydrique en excès. Ensuite on solubilise à nouveau le résidu en milieu acide (acide chlorhydrique) additionné d'acide borique.

4.2.2.2. Analyses des végétaux et des poissons

Elles se résument à la détermination des teneurs en potassium et calcium. Ces valeurs sont indispensables pour le calcul des activités spécifiques (Bq de Sr-90/g de calcium, Bq de Cs-137/g de potassium).

On met les cendres en solution par attaque à chaud avec un mélange de $\frac{1}{3}$ d'acide nitrique et de $\frac{2}{3}$ d'acide chlorhydrique. Cette attaque est achevée à l'aide d'eau oxygénée à 130 volumes. La solution d'attaque est volumée de 250 ml avec de l'eau distillée puis diluée 10 fois car elle est trop concentrée et trop acide. Les mesures sont effectuées sur un appareil EPPENDORF.

LISTE DES TABLEAUX

N°
DU TABLEAU

TITRE

Annexe 2.1 - L'eau de la SEINE

- 1 Caractéristiques physico-chimiques, bathymétriques et courantométriques de la SEINE au niveau de NOGENT SUR SEINE
- 2 Caractéristiques des prélèvements d'eau de la SEINE en vue des analyses radioactives γ Ge-Li
- 3 Activités naturelle et artificielle des eaux de la SEINE.
- 4 Teneurs en tritium et en strontium 90 des eaux de la SEINE.

Annexe 2.2 - Les sédiments de la SEINE

- 5 Caractéristiques générales et mesures radioactives effectuées in situ sur des sédiments prélevés dans la SEINE par benne traînée (BT1 à BT15).
- 6 Caractéristiques générales et mesures radioactives effectuées in situ sur des sédiments prélevés dans la SEINE par benne traînée (BT16 à BT29).
- 7 Caractéristiques générales et mesures radioactives effectuées in situ sur des sédiments prélevés individuellement sur les berges de la SEINE (RD1, RG1 - RD9, RG9).
- 8 Caractéristiques générales et mesures radioactives effectuées in situ sur des sédiments prélevés individuellement sur les berges de la SEINE (RD10, RG10 - RD18, RG18).
- 9 Caractéristiques générales et mesures radioactives effectuées in situ sur des sédiments prélevés individuellement dans des affluents de la SEINE.
- 10 Caractéristiques générales et mesures radioactives effectuées in situ sur des prélèvements prélevés dans des affluents de la SEINE et dans la SEINE à BRAY SUR SEINE.

N°
DU TABLEAU

TITRE

- | | |
|----|---|
| 11 | Caractéristiques générales et mesures radioactives effectuées in situ sur des sédiments prélevés dans différents étangs, sablières, gravières et dans les bassins de décantation de BRAY SUR SEINE. |
| 12 | Constitution des échantillons composites de sédiments Z1 à Z4. |
| 13 | Constitution des échantillons composites de sédiments Z5 à Z8. |
| 14 | Constitution des échantillons composites de sédiments Z9 à Z12. |
| 15 | Constitution des échantillons composites de sédiments Z13 et Z14. |
| 16 | Echantillons composites de sédiments. Les trois fractions granulométriques issues des prélèvements de surface. |
| 17 | Mesures sédimentologiques. Poids spécifique apparent des sédiments Z1 à Z8. |
| 18 | Mesures sédimentologiques. Poids spécifique apparent des sédiments Z9 à Z14. |
| 19 | Caractéristiques physico-chimiques des sédiments de la SEINE. Prélèvements de surface. Z1 à Z8. |
| 20 | Caractéristiques physico-chimiques des sédiments de la SEINE. Prélèvements de surface. Z9 à Z14. |
| 21 | Caractéristiques physico-chimiques des sédiments de la SEINE. Prélèvements de surface. Fractions granulométriques. |
| 22 | Analyse minéralogique des sédiments de la SEINE. |
| 23 | Analyse totale des sédiments de la SEINE. |
| 24 | Caractéristiques radioactives des sédiments de la SEINE. Z1 à Z9. |
| 25 | Caractéristiques radioactives des sédiments de la SEINE. Z10 à Z14. |
| 26 | Caractéristiques radioactives des sédiments de la SEINE. Fractions granulométriques. |
| 27 | Activité en strontium 90 des sédiments de la SEINE. |

Annexe 2.3 - Les végétaux de la SEINE

- 28 Liste des végétaux prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981.
- 29 Conditionnement des végétaux prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981.
- 30 Teneurs en calcium et en potassium de végétaux prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981.
- 31 Activité γ obtenue par spectrométrie Ge-Li des végétaux prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981. Résultats en mBq.g^{-1} de cendres.
- 32 Activité γ obtenue par spectrométrie Ge-Li des végétaux prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981. Résultats en Bq.kg^{-1} sec.
- 33 Teneurs en strontium 90 des végétaux prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981. Résultats en mBq.

Annexe 2.4 - Les poissons de la SEINE

- 34 Liste des poissons pêchés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981.
- 35 Caractéristiques biométriques des poissons pêchés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981.
- 36 Conditionnement des poissons pêchés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981.
- 37 Teneurs en calcium et en potassium de poissons pêchés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981.
- 38 Activité γ obtenue par spectrométrie Ge-Li des poissons prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981. Résultats en mBq.g^{-1} de cendres.
- 39 Activité γ obtenue par spectrométrie Ge-Li des poissons prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981. Résultats en mBq.kg^{-1} frais.
- 40 Teneurs en strontium 90 des poissons prélevés sur le site de NOGENT SUR SEINE en 1980 et 1981. Résultats en mBq.

R E M A R Q U E S

Les résultats sont exprimés de trois façons :

$A \pm a$

Dans les conditions de la mesure, l'activité de l'échantillon mesuré pour le radionucléide considéré a 95 % de chances d'être comprise entre $A - a$ et $A + a$.

$\leq A$

Le radionucléide n'a pas pu être dosé ; son niveau d'activité est estimé inférieur ou égal à A . On ne peut pas être affirmatif quant à sa présence.

-

Pas de résultat. Le radionucléide n'a pas pu être dosé ; on ne sait pas évaluer son seuil minimum d'activité. On n'affirme rien quant à sa présence.

Une case blanche signifie que la mesure n'a pas été faite.

Nota : Pour ^{238}U et ^{232}Th les émissions γ de ^{238}U et ^{232}Th étant difficilement utilisables en spectrométrie γ Ge-Li, l'activité de ces deux nucléides est estimée grâce à leurs descendants respectifs, en pratique le ^{234}Th ou ^{234}Pa pour ^{238}U et en pratique le ^{228}Ac pour le ^{232}Th . Les activités sont rapportées au nucléide père (ou tête de groupe), considéré à l'équilibre avec ses descendants.

- Le dosage du ^{226}Ra s'effectue en utilisant la raie composite à 186 KeV (186,17 KeV du ^{226}Ra et 185,76 de ^{235}U) après déduction de la contribution de ^{235}U . On ne peut en effet doser le ^{226}Ra par ses descendants ^{214}Pb et ^{214}Bi car le plus souvent, en dehors de toutes questions d'équilibre, ils font partie du bruit de fond de l'installation de mesure.
- Pour évaluer l'expression $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ on multipliera par 2 la valeur indiquée dans les tableaux qui correspond au seul émetteur γ ^{106}Rh .
- Pour évaluer l'expression $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$ on multipliera, par 2 la valeur indiquée dans les tableaux qui correspond au seul émetteur γ ^{144}Ce .

ANNEXE 2.1

L'EAU DE LA SEINE

**TABEAU N° 1 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES, BATHYMETRIQUES ET COURANTOMETRIQUES
DE LA SEINE AU NIVEAU DE NOGENT SUR SEINE**

LOCALISATION DU PROFIL	POINTS DE SONDAGE	BATHYMETRIE		TEMPERATURE EN ° C	VITESSE ₁ EN m.s	CONDUCTIVITE EN mmhos.s ⁻¹
		PROFONDEUR TOTALE EN m	COTE AU FOND EN m			
En face du silo à grains de NOGENT	Rive droite	3	0,5	5,2	0,75	0,34
			1,5	5,2	0,87	0,34
			2,5	5,2	0,80	0,34
	Milieu	4	0,5	5,2	0,65	0,34
			2	5,2	1,05	0,34
			3,5	5,2	1,05	0,34
	Rive gauche	3	0,5	5,2	0,60	0,34
			1,5	5,2	0,80	0,34
			2,5	5,2	0,85	0,34

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 2 - CARACTERISTIQUES DES PRELEVEMENTS D'EAU DE LA SEINE
EN VUE DES ANALYSES RADIOACTIVES γ Ge-Li

CODE ECHANTILLON	DEBUT	FIN	DUREE	NOMBRE DE LITRES	SITUATION	DEBIT DE LA SEINE ($m^3 \cdot s^{-1}$)
E 1	30.07.81 9 h	31.07.81 9 h	24 h	105	Camping de la MOTTE-TILLY voir plan n° 2	49
E 2	09.11.81 16 h	11.11.81 15 h	47 h	100	Musoir de l'écluse de BEAULIEU voir plan n° 2	105
E 3	22.06.82 9 h	23.06.82 9 h	24 h	165	- id -	16

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 3 - ACTIVITE NATURELLE ET ARTIFICIELLE DES EAUX DE LA SEINE

Résultats obtenus à partir de mesures sur filtres, résines échangeuses d'ions et charbon actif

CODE ECHANTILLON	VOLUME D'EAU ANALYSE	DUREE PRELEVEMENT	FRACTION ECHANTILLON	ACTIVITE NATURELLE (m Bq.l ⁻¹)			ACTIVITE ARTIFICIELLE (m Bq.l ⁻¹)	
				$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Pa}$	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs	AUTRES
E 1 Plan n° 2	105	24 h	Filtre + MES	$\leq 8,6$	$\leq 8,6$	328 ± 70	$1,4 \pm 1$	-
			Ions dissous	11 ± 6	8 ± 8	110 ± 32	$0,5 \pm 0,5$	-
			Non polaire*	N.S	N.S	N.S	$\leq 3,4$	-
E 2 Plan n° 2	100	47 h	Filtre + MES	$11,5 \pm 4,6$	$13,8 \pm 9,2$	-	-	-
			Ions dissous	$10,7 \pm 5$	$10,8 \pm 17$	74 ± 30	-	-
			Non polaire*	N.S	N.S	N.S	-	-
E 3 Plan n° 2	165	24 h	Filtre + MES	$2,1^{\pm} 1,4$	$0,35^{\pm} 0,39$	$4,7^{\pm} 3,7$	-	-
			Ions dissous	-	-	$37,2^{\pm} 18,6$	$< 1,86$	-
			Non polaire*	-	-	-	-	-

* Du fait que le charbon actif contient à l'origine des radionucléides naturels les mesures effectuées ne sont pas significatives.

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 4 - TENEUR EN TRITIUM ET EN STRONTIUM 90
DES EAUX DE LA SEINE

PRELEVEMENT	DATE	^3H (Bq.l ⁻¹)	^{90}Sr (m Bq.l ⁻¹)
E 1 Voir plan n° 2	30 et 31 07.81	23,4 ± 0,5	≤ 185
E 2 Voir plan n° 2	09 au 11 11.81	29 ± 0,6	≤ 18,5
E 3 Voir plan n° 2	22 au 23 06.82	13,4 ± 0,6	≤ 7,4

ANNEXE 2.2

LES SEDIMENTS DE LA SEINE

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABEAU N° 5 - CARACTERISTIQUES GENERALES ET MESURES RADIOACTIVES EFFECTUEES IN SITU
SUR DES SEDIMENTS PRELEVES DANS LA SEINE PAR BENNE TRAINEE
(BT 1 à BT 15)

INTERFERENCE	CARACTERISTIQUES GENERALES						MESURES RADIOACTIVES (en casion laboratoire)			
	NATURE DU PRELEVEMENT	COMBLEUR	FLENE ASSOCIEE	FAUNE ASSOCIEE	MATERIE ORGANIQUE	MESURE EN PLACE	(1) Y global chocs/sec sans bruits de fond	RADIOACTIVITES DETERMINES EN Y H ₂ O		
								NATURELS	ARTIFICIELS	137 Cs
								SO E	U/Pa	
011	SI SABLEUX A DRYAT	belge	non	non	•	2,1	11	•	•	•
012	SI SABLEUX A DRYAT	belge	non	non	•	2,2	9	•	•	•
013	DRYAT SUR SEINE	belge	non	non	•	2	9	•	•	•
014	DE DRYAT A JAINES	belge	non	non	•	1,9	7	•	•	•
015	JAINES	belge	non	non	•	1,7	10	•	•	•
016	MEURY	belge	non	non	•	2,2	11	•	•	•
017	MEURY	belge	non	non	•	2,3	12	•	•	•
018	DE CHAMAND A GRIST SUR SEINE	belge	non	non	•	2	10	•	•	•
019	LE WZOU	belge	non	non	•	2,1	10	•	•	•
0110	CHAMPELLE	belge	non	non	•	1,9	7	•	•	•
0111	POUL MOULLE	belge et gris	non	non	•	2,1	10	•	•	•
0112	POUL MOULLE	belge	non	non	•	2,1	9	•	•	•
0113	DRYAT SUR SEINE	belge	non	non	•	2,1	6	•	•	•
0114	DRYAT SUR SEINE	belge	non	non	•	2	7	•	•	•
0115	CANAL DE DERIVATION DE CHAMPELLE	gris	non	non	•	1,7	10	•	•	•

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 6 - CARACTERISTIQUES GENERALES ET MESURES RADIOACTIVES EFFECTUEES IN SITU
SUR DES SEDIMENTS PRELEVES DANS LA SEINE PAR BENNE TRAINEE
(BT 16 à BT 29)

REFERENCE	CARACTERES GENERAUX							MESURES RADIOACTIVES (en canion laboratoire)				
	NATURE DU PRELEVEMENT	COULEUR	FLORE ASSOCIEE	FAUNE ASSOCIEE	MATIERE ORGANIQUE	DENSITE EN PLACE	(1) Y global chocs/sec sans bruit de fond	RADIOISOTOPES DETECTES EN Y ml				
								MATURELS		ARTIFICIELS		
								40 K	U/RA		137 Cs	
		OUI ou NON	OUI ou NON	OUI ou NON	• peu • moyen • beaucoup							
0116	CANAL DE DERIVATION DE BEAULIEU	gris	OUI	NON	...	1,4	9	•	•	-		
0117	CANAL DE DERIVATION DE BEAULIEU	gris	OUI	NON	...	1,5	10	•	•	-		
0118	CANAL DE DERIVATION DE BEAULIEU	gris	OUI	NON	...	1,8	10	•	•	-		
0119	CANAL DE DERIVATION DE BEAULIEU	gris et beige	NON	NON	...	2	9	•	•	-		
0120	BASSIN DE VIRAGE DE BEAULIEU	gris	NON	OUI	...	1,4	10	•	•	-		
0121	NOGENT SUR SEINE	beige	NON	NON	•	2,1	9	•	•	-		
0122	NOGENT SUR SEINE	beige	NON	NON	•	2,1	9	•	•	-		
0123	CANAL DE L'ECLUSE NOGENT	gris	OUI	NON	...	1,4	10	•	•	-		
0124	VILLIERS-AUX-CROUX	beige	NON	NON	•	2,1	8	•	•	-		
0125	PRE DU CLOS	beige	NON	NON	•	2,1	8	•	•	-		
0126	SAUSSOY HERAT	beige	NON	NON	•	2,1	7	•	•	-		
0127	NARHAY SUR SEINE	beige	NON	NON	•	2,1	9	•	•	-		
0128	CANAL DE NARHAY	gris	OUI	OUI	...	1,4	13	•	•	-		

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 7 - CARACTERISTIQUES GENERALES ET MESURES RADIOACTIVES EFFECTUEES IN SITU
SUR DES SEDIMENTS PRELEVES INDIVIDUELLEMENT SUR LES BERGES DE LA SEINE
(RD 1, RG 1 - RD 9, RG 9)

REFERENCE	CARACTERES GENERAUX						MESURES RADIOACTIVES (en cm² ou laboratoire)			
	NATURE DU PRELEVEMENT	CORRECTION	FLUORE ASSOCIEE	FAUNE ASSOCIEE	MATIERE ORGANIQUE	MESURE EN PLACE	(1) Y global chocs/sec sans bruit de fond	RADIOACTIVITES		
								RADIOACTIVITES		
								60 Co	137 Cs	137 Cs
RD1	SAUSSOY MERAI	beige	001	000	000	1,3	12	•	•	•
RD1	MARAY SUR SEINE	gris	000	001	•	1,4	10	•	•	•
RD2	SAUSSOY MERAI	beige	001	000	•	1,0	9	•	•	•
RD2	GOULLEAUX	brun	001	000	•	1,2	9	•	•	•
RD3	GOULLEAUX (près de la grille)	beige	001	000	•	1,0	8	•	•	•
RD3	LA VENTE	beige fin brun	001	000	•	1,5	9	•	•	•
RD4	BOUILLON CHANTIER	beige	000	000	•	1,3	7	•	•	•
RD4	BOUILLON CHANTIER	brun gris	001	000	•	2	11	•	•	•
RD5	CHATEAU DE MONTREUILS	gris	001	000	•	1,3	9	•	•	•
RD5	CAMPING DE NOGENT	beige noir	001	000	•	2	10	•	•	•
RD6	NOGENT	beige	000	001	•	2	11	•	•	•
RD6	L'ONCLEAU	beige	001	000	•	1,0	9	•	•	•
RD7	ECLUSE DE MONTREUIL (garage aout)	noir	000	000	•	1,6	13	•	•	•
RD7	PARC D'YER BAS	beige	001	000	•	1,7	9	•	•	•
RD8	DAMRAGE MOBILE	beige gris	000	000	•	1,5	10	•	•	•
RD8	DAMRAGE MOBILE	beige	000	000	•	1,7	12	•	•	•
RD9	LA GREN	brun	000	000	•	1,4	13	•	•	•

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABEAU N° 8 - CARACTERISTIQUES GENERALES ET MESURES RADIOACTIVES EFFECTUEES IN SITU
SUR DES SEDIMENTS PRELEVES INDIVIDUELLEMENT SUR LES BERGES DE LA SEINE
(RD 10, RG 10 - RD 18, RG 18)

DEFINITION	CARACTERISTIQUES GENERALES						MESURES RADIOACTIVES (en contre laboratoire)			
	NATURE DU PRELEVEMENT	COULEUR	FORME ASSOCIEE	MATERIE ASSOCIEE	DENSITE EN PLAQUE	(1) Y global absorbee sans bruit de fond	RADIOACTIVITES METRIQUES (en Y RJ)			
							NATURELS	ARTIFICIELS		
								137 Cs	60 Co	137 Cs
RG10	vase sable fin	brun	001	...	1,5	11	.	.		
RG10	vase	brun	000	...	1,7	11	.	.		
RG11	sable moyen	beige	000	.	1,0	7	.	.		
RG11	sable moyen	beige	001	.	2	7	.	.		
RG12	sable moyen	beige	000	.	1,0	0	.	.		
RG12	sable moyen vase	beige noir	000	..	2,2	21	.	.		
RG13	vase	gris	000	...	1,3	13	.	.	7	
RG13	vase	brun	000	...	1,3	11	.	.		
RG14	vase sable fin	noir gris fond	000	..	1,5	12	.	.		
RG14	gravier vase	gris beige	000	..	7	12	.	.		
RG15	vase	gris noir	000	...	1,5	16	.	.		
RG15	vase sable fin	gris noir	000	...	1,5	11	.	.		
RG16	sable gravier vase	beige gris	000	..	7	12	.	.		
RG16	vase	gris noir	000	...	1,5	9	.	.		
RG17	vase sable fin	noir	000	..	1,5	12	.	.		
RG17	vase sable fin	noir	000	..	1,3	12	.	.		
RG18	sable fin à noyau	beige	000	.	2	10	.	.		
RG18	vase sable fin	gris	000	..	1,5	10	.	.		

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 9 - CARACTERISTIQUES GENERALES ET MESURES RADIOACTIVES EFFECTUEES IN SITU
SUR DES SEDIMENTS PRELEVES INDIVIDUELLEMENT DANS DES AFFLUENTS DE LA SEINE

REFERENCE	CARACTERES GENERAUX						MESURES RADIOACTIVES (en cañon laboratoire)			
	NATURE DU PRELEVEMENT	COULEUR	FLORE ASSOCIEE	FAUNE ASSOCIEE	MATIERE ORGANIQUE	DENSITE EN PLACE	(1) Y global chocs/sec sans bruit de fond	RADIONUCLEIDES DETECTES EN Y Bal		
								NATURELS	ARTIFICIELS	
								40 K	U/RA	137 Cs
V22	terre et sable	gris	NON	OUI	•	1,7	19	•	•	-
V23	sable moyen	gris	NON	NON	•	1,6	16	•	•	-
V24	sable moyen vase	beige	OUI	NON	••	2	14	•	•	-
V51	sable grossier gravillons	sarron	NON	NON	•	2,2	11	•	•	-
V52	terre gravier	sarron	NON	NON	••	1,3	8	•	•	-
V53	sable vase	sarron brun	OUI	NON	•	1,6	8	•	•	-
V54	vase sable	brun	NON	NON	•••	1,2	7	•	•	-
V55	vase glaise	sarron clair	NON	NON	•	1,5	14	•	•	-
V01	sable terre	beige	OUI	OUI	•	1,7	12	•	•	-
V02	vase	sarron	OUI	OUI	•••	1,3	14	•	•	-
V03	sable graviers terre	sarron clair	OUI	OUI	••	2	18	•	•	-
ML1	vase terre	brun	OUI	OUI	•••	1,2	12	•	•	-
VII -	sable vase	brun jaune	NON	OUI	•	1,7	23	•	•	-
CT1	vase	brun foncé	OUI	NON	•••	1,2	9	•	•	-

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 10 - CARACTERISTIQUES GENERALES ET MESURES RADIOACTIVES EFFECTUEES IN SITU
SUR DES SEDIMENTS PRELEVES DANS DES AFFLUENTS DE LA SEINE ET DANS LA SEINE A BRAY SUR SEINE

REFERENCE	CARACTERES GENERAUX						MESURES RADIOACTIVES (en canion laboratoire)			
	NATURE OU PRELEVEMENT	COULEUR	FLORE ASSOCIEE	FAUNE ASSOCIEE	MATIERE ORGANIQUE	DENSITE EN PLACE	(1) Y global chocs/sec sans bruit de fond	RADIONUCLEIDES DETECTES EN Y m ³		
								NATURELS	ARTIFICIELS	
								40 K	U/RA	137 Cs
BN1	GRANDE MOUE D'HERNE	beige	OUI	OUI	*	1,8				
BN2	GRANDE MOUE D'HERNE	brun	NON	NON	***	1,6	11	*	*	-
BN3	GRANDE MOUE D'HERNE	brun	NON	NON	*	1,5	17	*	*	-
BN4	GRANDE MOUE D'HERNE	noir	OUI	OUI	***	1,2	10	*	*	-
BN1	GRANDE MOUE DE NEUVRY	brun	OUI	NON	**	1,1	8	*	*	-
BN2	GRANDE MOUE DE NEUVRY	brun foncé	OUI	NON	**	1,2	7	*	*	-
BN3	GRANDE MOUE DE NEUVRY	jaune	NON	NON	*	2,1	12	*	*	-
BN1	MOUE DES MAGEOIERES	gris	NON	NON	*	2	20	*	*	-
BN1	MOUE DE PIGNY	brun	NON	NON	***	1,4	10	*	*	-
PD1	PLACE DE BRAY SUR SEINE (face terrain de camping)	beige	NON	NON	*	1,6		*	*	-
PD2	PLACE DE BRAY SUR SEINE (plage de la ville)	beige	NON	NON	*	2		*	*	-

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABEAU N° 11 - CARACTERISTIQUES GENERALES ET MESURES RADIOACTIVES EFFECTUEES IN SITU
SUR DES SEDIMENTS PRELEVES DANS DIFFERENTS ETANGS, SABLIERES, GRAVIERES
ET DANS LES BASSINS DE DECANTATION DE BRAY SUR SEINE

REFERENCE	CARACTERES GENERAUX						MESURES RADIOACTIVES (en cation laboratoire)			
	NATURE DU PRELEVEMENT	COULEUR	FLORE ASSOCIEE	FAUNE ASSOCIEE	MATIERE ORGANIQUE	DENSITE EN PLACE	(1) γ global chocs/sec sans bruit de fond	RADIOACTIVITES DETECTEES EN γ NaI		
								NATURELS	ARTIFICIELS	
								40K	U/NA	137Cs
CG1	petits graviers terre	brun rouge	NON	OUI	*	1,7	15	*	*	-
VP1	vase	brun	NON	OUI	**	1,4	10	*	*	6
VR1	vase	brun foncé	NON	NON	**	1,2	10	*	*	-
SJ1	sable gravieres	brun foncé	NON	NON	*	1,9	15	*	*	-
S2	vase	brun noir	NON	NON	**	1,4		*	*	-
GR1	sable moyen	gris	NON	NON	*	1,6	7	*	*	-
BS1	vase liquide	gris	NON	NON	*	1,2		*	*	-
EC1	vase sables gravieres	brun beige	NON	NON	*	2,1	13	*	*	-
LV1	vase gravieres	gris	NON	NON	***	1,8	10	*	*	-
BD1	vase	beige noir	NON	NON	***	1,2	16	*	*	-
BD2	vase	gris	NON	NON	**	1,4	25	*	*	-

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N°12 - CONSTITUTION DES ECHANTILLONS COMPOSITES DE SEDIMENTS

NUMERO ECHANTILLON COMPOSITE	ECHANTILLONS INDIVIDUELS	NATURE DU SEDIMENT	ZONE INTERESSEE	NOMBRE D'ECHANTILLONS INDIVIDUELS PRIS EN COMPTE	PLAN DE SITUATION
Z 1	PB 1 PB 2	Sables	Plage aménagée de BRAY SUR SEINE	2	3
B 2	BD 1 BD 2	Boues de décantation	Bassins de décantation à BRAY SUR SEINE	2	
Z 3	VZ 1 VZ 2 VZ 3 VZ 4	Sables	Sédiments de la VOULZIE	3	
Z 4	ML 1 CT 1 NY 1 NY 2 NH 4 VS 4 VS 5 VR 1 VO 2 VP 1 NS 1 SBL 2	Vases	Bras morts, étangs, noues de NOGENT à BRAY SUR SEINE	12	

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N°13 - CONSTITUTION DES ECHANTILLONS COMPOSITES DE SEDIMENTS

NUMERO ECHANTILLON COMPOSITE	ECHANTILLONS INDIVIDUELS	NATURE DU SEDIMENT	ZONE INTERESSE	NOMBRE D'ECHANTILLONS INDIVIDUELS PRIS EN COMPTE	PLAN DE SITUATION
Z 5	NP 1	Sables	Bras morts, étangs, noues de NOGENT à BRAY SUR SEINE	16	3
	NN 1				
	VS 1				
	VS 3				
	NH 2				
	NH 3				
	VJ 1				
	VO 1				
	VO 3				
Z 6	FC 1	Sables	Gravières en exploitation (amont centrale)	2	
	LV 1				
Z 7	GR 1	Vases	Berges rive droite de la SEINE-NOGENT à BRAY SUR SEINE	8	
	GR 2				
	RD 1				
	RD 9				
	RD 13				
Z 8	RD 15	Sables	Berge rive droite de la SEINE de NOGENT à BRAY SUR SEINE	10	
	RD 17				
	RD 2				
	RD 4				
	RD 8				
	RD 12				
	RD 18				

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 14 - CONSTITUTION DES ECHANTILLONS COMPOSITES DE SEDIMENTS

NUMERO ECHANTILLON COMPOSITE	ECHANTILLONS INDIVIDUELS	NATURE DU SEDIMENT	ZONE INTERESSEE	NOMBRE D'ECHANTILLONS INDIVIDUELS PRIS EN COMPTE	PLAN DE SITUATION
Z 9	RG 1 RG 2 RG 4 RG 10 RG 13 RG 15 RG 16 RG 17 RG 18	Vases	Berges rive gauche de la SEINE de NOGENT à BRAY SUR SEINE	9	3
Z 10	RG 3 RG 6 RG 7 RG 8 RG 11 RG 12 RG 14 RG 5 RG 9	Sables	Berges rive gauche de la SEINE de NOGENT à BRAY SUR SEINE	9	
Z 11	BT 1 BT 2 BT 3 BT 4 BT 5 BT 6 BT 7 BT 8 BT 9 BT 10 BT 11 BT 12 BT 13 BT 14	Sables	Lit de la SEINE de l'aval du canal de BEAULIEU à VILLIERS SUR SEINE jusqu'à BRAY SUR SEINE	14	
Z 12	BT 15 BT 16 BT 17 BT 18 BT 19 BT 20 BT 23	Vases	Canal de BEAULIEU à VILLIERS SUR SEINE et canal de NOGENT	7	

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 15 - CONSTITUTION DES ECHANTILLONS COMPOSITES DE SEDIMENTS

NUMERO ECHANTILLON COMPOSITE	ECHANTILLONS INDIVIDUELS	NATURE DU SEDIMENT	ZONE INTERESSEE	NOMBRE D'ECHANTILLONS INDIVIDUELS PRIS EN COMPTE	PLAN DE SITUATION
Z 13	BT 21 BT 22 BT 24 BT 25 BT 26 BT 27	Sables	Lit de la SEINE en amont de BEAULIEU	6	3
	BT 28 BT 29	Vases		2	

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 16 - ECHANTILLONS COMPOSITES DE SEDIMENTS
LES DEUX FRACTIONS GRANULOMETRIQUES ISSUES DES PRELEVEMENTS DE SURFACE

NUMERO ECHANTILLON COMPOSITE	ECHANTILLONS COMPOSITES UTILISES	NATURE	ZONE INTERESSEE	NOMBRE D'ECHANTILLONS COMPOSITES PRIS EN COMPTE	PLAN DE SITUATION
Z'A	Z 1 Z 2 Z 3 Z 4 Z 5 Z 7 Z 8 Z 9 Z 10 Z 11 Z 12 Z 13 Z 14	Fraction granulométrique 2 mm > ϕ > 0,2 mm	De MARNAY SUR SEINE à BRAY SUR SEINE	13	3
		Fraction granulométrique 0,2 mm > ϕ > 0,05 mm			
Z'B					

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 17 - MESURES SEDIMENTOLOGIQUES
POIDS SPECIFIQUE APPARENT DES SEDIMENTS

NUMERO ECHANTILLON COMPOSITE	PSh/1 = POIDS SPECIFIQUE DU MELANGE EAU-SEDIMENT (kg.1-1)	PSS/1 POIDS DE MATIERE SECHE CONTENUE DANS UN LITRE DE DEPOT	NATURE DES DEPOTS	TENEUR EN EAU (%)	PLAN N°
Z 1	2,10	1,80	Sables	14	3
B 2	1,26	0,51	Boues de décantation	60	
Z 3	1,87	1,31	Sables	30	
Z 4	1,31	0,46	Vases	65	
Z 5	1,83	1,28	Sables	30	
Z 6	1,67	1,55	Sables	7	
Z 7	1,50	0,64	Vases	57	
Z 8	2,21	1,68	Sables	24	

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 18 - MESURES SEDIMENTOLOGIQUES
POIDS SPECIFIQUE APPARENT DES SEDIMENTS

NUMERO ECHANTILLON COMPOSITE	Psh/l = POIDS SPECIFIQUE DU MELANGE EAU-SEDIMENT (kg.l^{-1})	PSS/l POIDS DE MATIERE SECHE CONTENUE DANS UN LITRE DE DEPOT	NATURE DU DEPOT	TENEUR EN EAU	PLAN N°
Z 9	1,57	0,63	Vases	60	3
Z 10	2,12	1,60	Sables	25	
Z 11	2,35	1,99	Sables	15	
Z 12	1,74	1,01	Vases	42	
Z 13	2,15	1,81	Sables	16	
Z 14	1,50	0,69	Vases	54	

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 19 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS DE LA SEINE
PRELEVEMENTS DE SURFACE

REFERENCE ECHANTILLON	GRANULOMETRIE %						pH		ELEMENTS ECHANGEABLES (1) meq/100 g					ELEMENTS HYDROSOLUBLES meq/100 g				CALCAIRE (%)		REFERENCE PLAN
	SG 2 mm à 200 µm	SF 200 µm à 50 µm	LG 50 µm à 20 µm	LF 20 µm à 2 µm	A 2 µm	* Carbone	Eau	KCL	Capacité totale	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na	Total	Actif	
Z 1	70	21	2	3	1	0,42	8,5	8,2	3,2	2,83	0,20	0,03	0,14	0,25	0,02	0,02	0,10	75	4	N° 3
B 2	2	2	27	37	30	0,91	7,9	7,8	20,1	8,87	2,80	5,23	3,10	3,31	0,49	2,57	3,05	37	20	
Z 3	68	13	9	4	3	0,75	8,2	8,0	7,62	6,94	0,34	0,15	0,19	0,50	0,03	0,08	0,17	68	6	
Z 4	18	6	23	28	22	1,26	8,0	7,7	23,8	22,49	0,69	0,36	0,27	1,25	0,03	0,06	0,21	56	22	
Z 5	60	10	7	10	10	0,80	8,3	7,9	19,8	19,16	0,37	0,10	0,17	0,70	0,04	0,05	0,12	64	8	
Z 6	94	3	1	1	1	0,35	8,7	8,4	1,3	0,91	0,21	0,04	0,14	0,31	0,02	0,04	0,12	88	3	
Z 7	14	20	22	20	22	2,51	8,0	7,8	14,7	13,65	0,66	0,18	0,21	0,73	0,06	0,05	0,13	65	16	
Z 8	70	18	3	3	4	0,60	8,4	8,1	3,3	2,85	0,25	0,05	0,15	0,41	0,04	0,05	0,08	80	6	

* La teneur en matières organiques est égale à la teneur en carbone x 1,724

SG : Sables grossiers

SF : Sables fins

LG : Limons grossiers

LF : Limons fins

A : Argiles

(1) meq - milliequivalent ; 1 équivalent = $\frac{\text{poids atomique}}{\text{valence de l'élément}}$ ex : 1 meq Ca⁺⁺ = $\frac{40 \cdot 10^3}{2}$ - 20 mg

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 20 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS DE LA SEINE
PRELEVEMENTS DE SURFACE

REFERENCE ECHANTILLON	GRANULOMETRIE %						pH		ELEMENTS ECHANGEABLES (1) meq/100 g					ELEMENTS HYDROSOLUBLES meq/100 g				CALCAIRE (%)		REFERENCE PLAN
	SG 2 mm à 200 µm	SF 200 µm à 50 µm	LG 50 µm à 20 µm	LF 20 µm à 2 µm	A 2 µm	* Carbone	Eau	KCL	Capacité totale	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na	Total	Actif	
Z 9	12	21	23	22	19	2,77	8,0	7,8	15,3	14,32	0,62	0,17	0,19	1,09	0,04	0,05	0,14	67	17	N° 3
Z 10	59	27	3	4	4	0,60	8,5	8,2	3,7	3,28	0,25	0,05	0,12	0,49	0,03	0,05	0,11	80	7	
Z 11	60	33	1	3	2	1,60	8,8	8,4	4,2	3,87	0,17	0,03	0,13	0,22	0,01	0,03	0,07	83	7	
Z 12	39	15	9	24	11	1,89	8,2	7,9	9,5	8,76	0,46	0,12	0,16	0,70	0,04	0,04	0,09	75	15	
Z 13	84	9	1	2	1	0,42	8,8	8,4	1,3	0,93	0,20	0,03	0,14	0,31	0,02	0,03	0,09	88	6	
Z 14	6	7	26	44	17	2,29	7,9	7,7	13,3	12,27	0,67	0,17	0,19	1,62	0,06	0,05	0,16	67	27	

* La teneur en matières organiques est égale à la teneur en carbone x 1,724

SG : Sables grossiers

SF : Sables fins

LG : Limons grossiers

LF : Limons fins

A : Argiles

(1) meq - milliequivalent ; 1 équivalent = $\frac{\text{poids atomique}}{\text{valence de l'élément}}$ ex : 1 meq Ca⁺⁺ = $\frac{40 \cdot 10^3}{2} = 20 \text{ mg}$

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 21 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS DE LA SEINE
PRELEVEMENTS DE SURFACE - FRACTIONS GRANULOMETRIQUES

REFERENCE ECHANTILLON	GRANULOMETRIE %						pH		ELEMENTS ECHANGEABLES (1) meq/100 g					ELEMENTS HYDROSOLUBLES meq/100 g				CALCAIRE (%)		REFERENCE PLAN
	SG 2 mm à 200 µm	SF 200 µm à 50 µm	LG 50 µm à 20 µm	LF 20 µm à 2 µm	A 2 µm	* Carbone	Eau	KCL	Capacité totale	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na	Total	Actif	
Z'A	91	4	1	1	1	0,72	8,5	8,1	2,8	2,36	0,22	0,06	0,16	0,95	0,04	0,06	0,16	83	4	N° 3
Z'B	-	78	9	5	5	2,54	8,2	7,9	6,5	5,92	0,32	0,07	0,19	0,39	0,02	0,05	0,12	73	7	

Z'A particules d'un diamètre compris entre 2 mm et 0,2 mm
Z'B " " " 0,2 mm et 0,05

Fractions obtenues in situ à partir d'un mélange aliquote de l'ensemble (sauf Z6) des échantillons de surface. L'échantillon aliquote Z' est tamisé par voie humide sur un jeu de trois tamis à mailles carrées de 2 mm, 0,2 mm et 0,05 mm.

* La teneur en matières organiques est égale à la teneur en carbone x 1,724

SG : Sables grossiers

SF : Sables fins

LG : Limons grossiers

LF : Limons fins

A : Argiles

(1) meq - milliequivalent ; 1 équivalent = $\frac{\text{poids atomique}}{\text{valence de l'élément}}$

ex : 1 meq Ca⁺⁺ - $\frac{40 \cdot 10^3}{2}$ - 20 mg

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 22 - ANALYSE MINÉRALOGIQUE DES SEDIMENTS DE LA SEINE

REFERENCE ECHANTILLON	MINÉRALOGIE GLOBALE (% du poids de sédiment brut)						MINÉRALOGIE DES ARGILES* (% de la phase argileuse cristalline)				PLAN DE SITUATION
	Calcite	Dolomite	Quartz	Feldspath alcalin	Feldspath plagioclase		Smectite	Illite	Kaolinite	Chlorite	
Z 4	59	0	9	0	2		65	12	16	3	3
Z 11	94	0	2	0	2		49	24	20	4	
Z 12	81	0	4	0	4		64	12	22	Traces	
Z'A	84	0	4	0	2		53	18	26	Traces	
Z'B	73	0	18	0	2		71	14	10	3	

* Argiles : particules d'un diamètre inférieur à 2 µm

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 23 - ANALYSE TOTALE DES SEDIMENTS DE LA SEINE
Valeurs en % du poids

PLAN DE SITUATION	REFERENCE ECHANTILLON		PERTES AU FEU (1100°C)	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
3	Vases, bras morts, noues	Z 4	38,08	21,79	31,80	3,57	0,47	0,5	0,14	0,255	2,06
		Z 11	37,36	15,07	44,36	0,56	0,15	0,08	0,10	0,42	0,39
	Vases, canal de BEAULIEU	Z 12	37,76	15,33	41,43	2,18	0,29	0,30	0,12	0,141	1,09
		Z 1A	39,21	12,36	45,35	1,29	0,23	0,07	0,11	0,038	0,43
	Fractions granulométriques	2 mm > Ø > 0,2 mm 0,2 mm > Ø > 0,05 mm	38,48	19,48	39,86	4,66	0,24	0,21	0,09	0,119	0,73

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 24 - CARACTERISTIQUES RADIOACTIVES DES SEDIMENTS DE LA SEINE

REFERENCE ECHANTILLON (sédiments)	CONDITIONS DE MESURE		ACTIVITE NATURELLE mBq.g ⁻¹ de matière sèche						ACTIVITE ARTIFICIELLE mBq.g ⁻¹ de matière sèche			PLAN DE SITUATION
	Poids (g)	Durée (mn)	²³⁸ U + ²³⁴ Pa	²²⁶ Ra	²³² Th + ²²⁸ Ac	⁴⁰ K	⁷ Be	¹³⁷ Cs	¹⁴⁴ Ce + ¹⁴⁴ Pr	⁹⁵ Nb		
Z 1	564	914	6 ± 3	10 ± 6	3 ± 2	30 ± 10	-	1,1 ± 0,5	≤ 2	0,8 ± 0,3	3	
B 2	329	919	26 ± 13	42 ± 20	39 ± 10	510 ± 100	-	19 ± 4	8 ± 2	≤ 4		
Z 3	509	933	18 ± 6	20 ± 5	13 ± 3	84 ± 20	-	3,1 ± 0,9	≤ 2	1,1 ± 0,4		
Z 4	357	952	22 ± 8	22 ± 10	21 ± 5	160 ± 30	-	12 ± 2	6,8 ± 0,9	4,1 ± 0,8		
Z 5	483	959	18 ± 5	18 ± 8	12 ± 3	90 ± 20	-	4 ± 1	1,7 ± 0,4	≤ 1		
Z 6	552	1 332	4 ± 2	7 ± 4	3 ± 1	21 ± 7	-	≤ 0,5	≤ 1	≤ 1		
Z 7	372	1 385	9 ± 6	18 ± 9	15 ± 5	150 ± 40	-	9 ± 3	12 ± 1	8 ± 1		
Z 8	542	1 402	6 ± 2	9 ± 4	5 ± 2	37 ± 10	7 ± 2	1,1 ± 0,4	1,0 ± 0,2	1,2 ± 0,3		
Z 9	351	1 414	≤ 10	20 ± 9	20 ± 3	140 ± 30	-	8 ± 1	10 ± 1	6,3 ± 0,9		

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 25 - CARACTERISTIQUES RADIOACTIVES DES SEDIMENTS DE LA SEINE

REFERENCE ECHANTILLON (sédiments)	CONDITIONS DE MESURE		ACTIVITE NATURELLE mBq.g ⁻¹ de matière sèche						ACTIVITE ARTIFICIELLE mBq.g ⁻¹ de matière sèche				PLAN DE SITUATION
	Poids (g)	Durée (mn)	²³⁸ U + ²³⁴ Pa	²²⁶ Ra	²³² Th + ²²⁸ Ac	⁴⁰ K	⁷ Be	¹³⁷ Cs	¹⁴⁴ Ce + ¹⁴⁴ Pr	⁹⁵ Nb	Divers		
Z 10	565	1 424	9 ± 3	9 ± 5	6 ± 1	40 ± 10	6 ± 1	1,3 ± 0,4	≤ 1	1,1 ± 0,3	-	3	
Z 11	546	2 705	6 ± 2	9 ± 4	3 ± 1	24 ± 6	-	0,6 ± 0,2	≤ 1	≤ 0,6	-		
Z 12	445	2 712	17 ± 4	11 ± 5	11 ± 3	80 ± 20	-	6 ± 1	5,2 ± 6	≤ 1	-		
Z 13	567	2 730	6 ± 2	9 ± 5	3 ± 1	23 ± 6	-	0,7 ± 0,2	≤ 1	≤ 0,6	-		
Z 14	335	2 827	22 ± 5	20 ± 7	17 ± 4	160 ± 25	-	20 ± 2	≤ 2	1,3 ± 0,3	-		

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 26 - CARACTERISTIQUES RADIOACTIVES DES SEDIMENTS DE LA SEINE
FRACTIONS GRANULOMETRIQUES

REFERENCE ECHANTILLON (sédiments)	CONDITIONS DE MESURE		ACTIVITE NATURELLE mBq.g ⁻¹ de matière sèche						ACTIVITE ARTIFICIELLE mBq.g ⁻¹ de matière sèche			
	Poids (g)	Durée (mn)	²³⁸ U + ²³⁴ Pa	²²⁶ Ra	²³² Th + ²²⁸ Ac	⁴⁰ K	⁷ Be	¹³⁷ Cs	¹⁴⁴ Ce + ¹⁴⁴ Pr	⁹⁵ Nb	Divers	
Z'A	476	2 831	5 ± 1	10 ± 4	4 ± 1	27 ± 6	-	0,8 ± 0,2	≤ 1	≤ 0,6	-	
Z'B	365	2 759	≤ 16	16 ± 6	9 ± 2	60 ± 12	10 ± 2	3,8 ± 0,8	3,6 ± 0,5	2,2 ± 0,4	-	

Z'A particules d'un diamètre compris entre 2 mm et 0,2 mm
Z'B " " " 0,2 mm et 0,05 mm

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 27 - ACTIVITE EN STRONTIUM 90 DES SEDIMENTS DE LA SEINE

REFERENCE ECHANTILLON	ACTIVITE EN ^{90}Sr mBq.g^{-1}
Z'A	$\leq 7,4$
Z'B	$\leq 7,4$

Z'A : particules d'un diamètre compris entre 2 mm et 0,2 mm

Z'B : " " " 0,2 mm et 0,05 mm

ANNEXE 2.3

LES VEGETAUX DE LA SEINE

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 28 - LISTE DES VEGETAUX PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT
SUR SEINE EN 1980 ET 1981

NOMS FRANCAIS	NOMS LATINS
Ceratophylle	Ceratophyllum sp.
Fontinale	Antipyretica Hedw.
Iris	Iris pseudocorus L.
Myriophylle	Myriophyllum sp.
Nénuphar	Nuphar sp.
Renoncule	Ranunculus sp.

TABLEAU N° 29
CONDITIONNEMENT DES VEGETAUX PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE
EN 1980 ET 1981

DATES	LIEUX	GENRES	POIDS SEC (g)	POIDS DE CENDRES (g)	<u>POIDS DE CENDRES</u> <u>POIDS SECS</u>
Août 1980	Entre la Centrale et NOGENT	Cératophylle	839	485	0,578
		Iris			
		.parties aériennes	1 274	139	0,109
		.parties souterraines	1 444	108	0,075
		Myriophylle	856	500	0,584
		Nénuphar			
Janvier 1981	NOGENT	.parties aériennes	363	88	0,242
		.parties souterraines	468	64	0,137
		Renoncles	1 339	344	0,257
		Fontinale	988	271,1	0,274
		Cératophylle	408	113	0,277
		Fontinale	633	223,3	0,353
Juillet 1981	La MOTTE TILLY	Myriophylle	578	279	0,483
		Renoncule	880	304,4	0,346

TABEAU N° 30
TENEURS EN CALCIUM ET EN POTASSIUM DES VEGETAUX PRELEVES SUR LE SITE
DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

DATES	LIEUX	GENRES	CALCIUM		POTASSIUM	
			mg.g ⁻¹ de cendres	g.kg ⁻¹ sec	mg.g ⁻¹ de cendres	g.kg ⁻¹ sec
Août 1980	Entre la Centrale et NOGENT	Cératophylle	266,1	153,8	48,4	28,0
		Iris				
		.parties aériennes	234,2	25,5	138,3	15,1
		.parties souterraines	239	17,9	108,1	8,1
		Myriophylle	234,2	136,8	43,5	25,4
		Nénuphar				
Janvier 1981	NOGENT	.parties aériennes	156	37,8	200	48,4
		.parties souterraines	90,6	12,4	200	27,4
		Renoncles	252,5	64,9	98,4	25,3
		Fontinale	232,3	63,7	26,6	7,3
		Cératophylle	129,9	36,0	229,8	63,7
		Fontinale	211,3	74,6	19,2	6,8
Juillet 1981	La MOTTE TILLY	Myriophylle	255,5	123,4	52,5	25,4
		Renoncule	156	54,0	233,8	80,9

TABLEAU N° 31

ACTIVITE γ OBTENUE PAR SPECTROMETRIE Ge-Li DES VEGETAUX
PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

RESULTATS EN mBq.g^{-1} de cendres

DATES	LIEUX	GENRES	POIDS DE CENDRES MESURES (g)	TEMPS DE COMPTAGE (mn)	ACTIVITE NATURELLE						ACTIVITE ARTIFICIELLE					
					^{238}U ^{235}U $^{234\text{m}}\text{Pa}$	^{226}Ra	^{232}Th ^{228}Ac	^{40}K	^7Be	^{137}Cs	^{144}Ce ^{144}Pr	^{95}Nb	^{103}Ru	^{95}Zr	^{106}Rh ^{106}Ru	^{54}Mn
Août 1980	Entre la centrale et NOGENT	Cératophylle	263	1 325	$18,5 \pm 3,7$	$14,8 \pm 3,7$	$14,8 \pm 3,7$	2035 ± 185	$63 \pm 7,4$	$7,8 \pm 1,8$	-	-	-	-	-	-
		Iris	20,6	1 314	≤ 148	$26 \pm 7,4$	$22 \pm 3,7$	4440 ± 480	370 ± 37	$11 \pm 3,7$	-	-	-	-	-	-
		Parties aériennes														
		Parties souterraines	21,5	1 318	33 ± 11	$18,5 \pm 7,4$	26 ± 15	3330 ± 400	152 ± 22	$15 \pm 3,7$	-	-	-	-	-	-
		Myriophylle	260	1 475	48 ± 11	$18,5 \pm 11$	$18,5 \pm 3,7$	1775 ± 220	200 ± 22	$7,4 \pm 2,2$	-	-	-	-	-	-
		Ménaphar														
Janvier 1981	NOGENT	Parties aériennes	17,2	1 348	$2,2 \pm 2,2$	$14,8 \pm 7,4$	$26 \pm 7,4$	5550 ± 555	≤ 26	$4,4 \pm 1,8$	-	-	-	-	-	-
		Parties souterraines	15,5	1 365	26 ± 11	$14,8 \pm 11$	$26 \pm 7,4$	5920 ± 780	≤ 33	$4 \pm 1,8$	-	-	-	-	-	-
		Renoncles	273	1 218	$14,8 \pm 3,7$	$30 \pm 7,4$	$22 \pm 3,7$	4030 ± 370	92 ± 11	$11,5 \pm 2,2$	-	-	-	-	-	-
		Fontinale	192	928	≤ 110	$26 \pm 14,8$	67 ± 22	1260 ± 260	370 ± 75	$9,2 \pm 3$	118 ± 16	140 ± 19	140 ± 19	104 ± 19	82 ± 38	-
Juillet 1981	LA MOTTE TILLY	Cératophylle	110	2 817	$18,5 \pm 3,7$	$11 \pm 7,4$	$18,5 \pm 3,7$	7810 ± 555	107 ± 11	$6,3 \pm 1,5$	112 ± 37	$67 \pm 3,7$	$7 \pm 0,7$	$37 \pm 3,7$	$\leq 14,8$	$9 \pm 0,7$
		Fontinale	200	1 407	$70 \pm 14,8$	518 ± 30	$37 \pm 14,8$	1000 ± 335	330 ± 40	$11 \pm 3,7$	$274 \pm 7,4$	215 ± 22	$33 \pm 7,4$	$110 \pm 18,5$	274 ± 37	$\leq 3,7$
		Myriophylle	262	973	$14,8 \pm 11$	$33,3 \pm 18,5$	$11 \pm 3,7$	1810 ± 555	92 ± 11	$5,2 \pm 1,8$	$44,4 \pm 7,4$	$63 \pm 7,4$	$\leq 0,7$	$30 \pm 3,7$	≤ 22	$\leq 1,8$
		Renoncule	264	1 364	$18,5 \pm 3,7$	$7,4 \pm 7,4$	$18,5 \pm 7,4$	7960 ± 740	78 ± 11	$5,2 \pm 1,5$	$82 \pm 7,4$	$67 \pm 3,7$	$8,5 \pm 1,5$	$33 \pm 7,4$	$60 \pm 7,4$	$6,3 \pm 0,7$

TABLEAU N° 32

ACTIVITE γ OBTENUE PAR SPECTROMETRIE Ge-Li DES VEGETAUX
PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

RESULTATS EXPRIMES EN Bq.kg⁻¹ sec

DATES	LIEUX	GENRES	POIDS DE CENDRES MESURES (g)	TEMPS DE COMPTAGE (mn)	ACTIVITE NATURELLE							ACTIVITE ARTIFICIELLE						
					^{238}U , ^{234}Pa	^{226}Ra	^{232}Th , ^{228}Ac	^{40}K	^7Be	^{137}Cs	^{144}Ce , ^{144}Pr	^{95}Nb	^{103}Ru	^{95}Zr	^{106}Rh , ^{106}Ru	^{54}Mn		
Août 1980	Entre la centrale et NOGENT	Cératophylle	263	1 325	$10,7 \pm 2,2$	$8,5 \pm 2,2$		1175 ± 110	$36,2 \pm 4,3$	$4,4 \pm 1,1$	-	-	-	-	-	-		
		Iris	20,6	1 314	$\leq 16,3$	$2,8 \pm 0,8$	$2,4 \pm 0,4$		410 ± 52	40 ± 4	$1,2 \pm 0,4$	-	-	-	-	-		
		Parties aériennes	21,5	1 318	$25 \pm 0,85$	$1,4 \pm 0,6$	$1,9 \pm 1,1$		250 ± 28	$11,4 \pm 1,7$	$1,1 \pm 0,3$	-	-	-	-	-		
		Parties souterraines																
		Myriophylle	260	1 475	$28,1 \pm 6,5$	$10,7 \pm 6,5$	$10,7 \pm 2,2$		1040 ± 130	116 ± 13	$4,3 \pm 1,3$	-	-	-	-	-		
		Ménaphar																
Janvier 1981	NOGENT	Parties aériennes	17,2	1 348	$0,5 \pm 0,5$	$3,6 \pm 1,8$	$6,3 \pm 1,8$	1340 ± 135	$\leq 6,3$	$1,1 \pm 0,4$	-	-	-	-	-	-		
		Parties souterraines	15,5	1 365	$3,5 \pm 2,7$	$2 \pm 1,5$	$3,5 \pm 1$		810 ± 105	$\leq 4,6$	$0,5 \pm 0,2$	-	-	-	-	-		
		Renoncules	273	1 218	$3,8 \pm 0,9$	$7,6 \pm 1,8$	$5,7 \pm 0,9$		1040 ± 96	$23,7 \pm 3$	$3 \pm 0,5$	-	-	-	-	-		
		Fontinale	192	928	$\leq 30,3$	$7,1 \pm 4,1$	$18,3 \pm 6,1$		345 ± 71	101 ± 13	$2,5 \pm 0,8$	$32,6 \pm 4,4$	$38,5 \pm 5,2$	$38,5 \pm 5,2$	$22,2 \pm 10,4$	-		
		Cératophylle	110	2 817	$5,1 \pm 1$	$3,1 \pm 2$	$5,1 \pm 1$		2160 ± 155	$30 \pm 3,1$	$1,7 \pm 0,4$	$30,6 \pm 10,4$	$18,5 \pm 1$	$1,8 \pm 0,2$	$\leq 0,4$	$2,4 \pm 0,2$		
		Fontinale	200	1 407	$24 \pm 5,2$	$17,8 \pm 10$	$12,8 \pm 5$		345 ± 115	116 ± 14	$3,8 \pm 2,6$	$94 \pm 2,6$	$74 \pm 7,6$	$11,5 \pm 2,6$	$38 \pm 6,3$	$94 \pm 15,6$	≤ 13	
Juillet 1981	La NOTTE TILLY	Myriophylle	262	973	$7,2 \pm 5,4$	$16,1 \pm 8,9$	$5,4 \pm 1,9$	875 ± 270	$44,7 \pm 5,4$	$2,5 \pm 0,9$	$21,4 \pm 3,6$	$30,3 \pm 3,7$	$\leq 0,4$	$14,4 \pm 1,9$	$\leq 10,8$	$\leq 0,9$		
		Renoncule	264	1 364	$5,4 \pm 1,3$	$2,6 \pm 2,6$	$6,5 \pm 2,6$		2750 ± 255	$26,8 \pm 3,9$	$1,8 \pm 0,5$	$28 \pm 2,6$	$23,1 \pm 1,3$	$3 \pm 0,5$	$11,5 \pm 2,6$	$20,4 \pm 2,6$	$2,2 \pm 0,3$	

TABLEAU N° 33 - TENEURS EN STRONTIUM 90 DES VEGETAUX PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE
EN 1980 ET EN 1981 - RESULTATS EN mBq

DATES	LIEUX	GENRES	RESULTATS EN		
			mBq.g ⁻¹ de cendres	mBq.kg ⁻¹ sec.	mBq.g ⁻¹ de Ca ⁺⁺
Août 1980	Entre la centrale et NOGENT	Myriophylle	≤ 11	≤ 6 420	≤ 48
		Renoncule	≤ 11	≤ 2 820	≤ 44
Juillet 1981	LA MOTTE TILLY	Fontinale	≤ 7,5	≤ 2 570	≤ 35

ANNEXE 2.4

LES POISSONS DE LA SEINE

SITE DE NOGENT SUR SEINE

TABLEAU N° 34 - LISTE DES POISSONS PECHES SUR LE SITE
DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

NOMS FRANCAIS	NOMS LATINS
Barbeau	Barbus barbus L.
Brème	Abramis bramia L.
Brochet	Esox lucius L.
Chevaine	Leuciscus rutilus L.
Gardon	Rutilus rutilus L.
Lotte	Lota lota L.
Perche	Perca fluviatilis L.
Sandre	Stizostedion lucioperca L.
Tanche	Tinca tinca L.

TABLEAU N° 35 - CARACTERISTIQUES BIOMETRIQUES DES POISSONS PECHEES SUR LE SITE
DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

DATES	LIEUX	ESPECES	ENTIER OU DISSEQUE	NOMBRE D'INDIVIDUUS	POIDS EN g			LONGUEUR EN cm		
					MINI	MAXI	MOYEN	MINI	MAXI	MOYENNE
Août 1980	Aval immédiat du site	Brochet	entier	14	66	656	155	21	48	26
		Chevaine	entier	2	843	967	905	37	37,5	37,2
		Gardon	entier	26	33	308	87	12,5	24	16,4
		Perche	entière	19	4	157	55,5	5	20	13,1
		Tanche	entière	2	426	506	466	28	29	28,5
	LA MOTTE TILLY	Barbeau	entier	2	689	1 001	845	38	42	40
		Brème bordelière	entière	8	24	420	132	11	28	17,7
		Chevaine	disséqué	10	116	1 481	628	20	45	33
		Gardon	entier	57	3	269	57	4,5	26	12,3
		Lotte	entière	17	15	164	77	11	27,5	20,8
Janvier 1981	LA MOTTE TILLY	Chevaine	entier	1	-	-	861	-	-	98
		Brème	entière éviscérée	1	-	-	1 226	-	-	40
			disséquée	3	1 340	2 386	1 975	42	48	45,3
	LA MOTTE TILLY	Barbeau	entier	2	191	467	329	24,5	35	29,8
		Brochet	entier	1	-	-	500	-	-	41
Juillet 1981		Sandre	entier	1	-	-	1 100	-	-	47,2

TABLEAU N° 36 - CONDITIONNEMENT DES POISSONS PECHES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

DATES	LIEUX	ESPECES	Entier ou disséqué	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Poids de cendres (g)	Poids sec poids frais	Poids de cendres poids frais	Poids de cendres poids sec
Août 1980	Aval immédiat du site	Brochet	entier	2 173	473,9	95,2	0,218	0,044	0,201
		Chevaine	entier	1 810	465,4	83,2	0,257	0,046	0,179
		Gardon	entier	2 259	588	121,8	0,260	0,054	0,207
		Perche	entière	1 054	281	56,8	0,266	0,054	0,202
		Tanche	entière	932	213,8	31,0	0,229	0,033	0,145
	LA MOTTE TILLY	Barbeau	entier	1 690	456,8	68,9	0,270	0,041	0,151
		Brème bordelière	entière	1 055	323,1	47,9	0,306	0,045	0,148
		Chevaine	peau muscles viscères squelette restes	639 2 633 849 395 1 449	256,1 555,4 175,4 143,2 342,7	73,9 36,8 22,7 43,2 123,7	0,401 0,211 0,207 0,363 0,237	0,116 0,014 0,027 0,109 0,085	0,289 0,066 0,129 0,302 0,361
		Gardon	entier	3 236	846,5	187,9	0,262	0,058	0,222
		Lotte	entière	1 311	290,6	37,9	0,222	0,029	0,130
Janvier 1981	LA MOTTE TILLY	Chevaine	entier	861	210,8	39,1	0,245	0,045	0,186
		Brème	entière éviscérée peau muscles viscères squelette restes	1 226 1 536 537 2 341 1 512 496 1 056	321,8 546,6 235,7 613,2 569 219,1 354,8	55,0 59,0 45,6 27,2 39,8 50,0 86,1	0,262 0,356 0,439 0,262 0,376 0,442 0,336	0,045 0,038 0,085 0,012 0,026 0,101 0,082	0,171 0,109 0,193 0,044 0,070 0,228 0,243
		Barbeau	entier	658	166	26,7	0,252	0,041	0,161
		Brochet	entier	500	111	19,3	0,222	0,039	0,174
		Sandre	entier	1 100	283	53,3	0,257	0,048	0,199
Juillet 1981	LA MOTTE TILLY	Barbeau	entier	658	166	26,7	0,252	0,041	0,161
		Brochet	entier	500	111	19,3	0,222	0,039	0,174
		Sandre	entier	1 100	283	53,3	0,257	0,048	0,199

TABLEAU N° 37 - TENEUR EN CALCIUM ET EN POTASSIUM DE POISSONS
PECHES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981

DATES	LIEUX	ESPECES	CALCIUM		POTASSIUM	
			mg.g ⁻¹ de cendres	g.kg ⁻¹ frais	mg.g ⁻¹ de cendres	g.kg ⁻¹ frais
Août 1980	Aval immédiat du site	Brochet	331,7	14,6	70,4	3,1
		Chevaine	347,9	16,0	59,3	2,7
		Gardon	347,9	18,8	53,7	2,9
		Perche	347,9	18,8	55,6	3,0
		Tanche	315,8	10,4	77,8	2,6
	LA MOTTE TILLY	Barbeau	323,7	13,3	66,7	2,7
		Brème bordelière	331,7	14,9	61,1	2,7
		Chevaine				
		. peau	719,5	83,5	33,2	3,9
		. muscles	81,2	1,1	237,6	3,3
		. viscères	213,2	5,8	83,3	2,2
		. squelette	381,1	41,5	27,1	3,0
		. restes	398,1	33,8	22,9	1,9
		Gardon	331,7	19,2	50,0	2,9
		Lotte	572,8	16,6	172,2	5,0
Janvier 1981	LA MOTTE TILLY	Chevaine	295,1	13,3	53,5	2,4
		Brème				
		. entière	306,0	13,8	54,7	2,5
		. éviscérée	296,0	11,2	60,1	2,3
		. peau	343,7	29,2	12,2	1,0
		. muscles	50,0	0,6	324,2	3,9
		. viscères	30,1	0,8	64,4	1,7
		. squelette	353,2	35,7	22,1	2,2
		. restes	353,2	29,0	18,8	1,5
Juillet 1981	LA MOTTE TILLY	Brochet	266,6	10,4	75,4	2,94

TABLEAU N° 38 - ACTIVITE γ OBTENUE PAR SPECTROMETRIE Ge-Li DES POISSONS PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981 - RESULTATS EXPRIMES EN mBq.g^{-1} DE CENDRES

DATES	LIEUX	ESPECES	POIDS DE CENDRES MESURES (g)	TEMPS DE COMPTAGE (mn)	ACTIVITE NATURELLE				ACTIVITE ARTIFICIELLE
					$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Pa}$	^{226}Ra	$^{232}\text{Th} \rightarrow ^{228}\text{Ac}$	^{40}K	
Août 1980	Aval immédiat du site	Brochet	17,5	4 216	$3,7 \pm 3,7$	$18,5 \pm 7,4$	$3,7 \pm 3,7$	$1\ 920 \pm 185$	$2,2 \pm 0,7$
		Chevaine	17,1	4 228	$26 \pm 7,4$	$3,7 \pm 3,7$	$\leq 3,7$	$1\ 330 \pm 185$	$1,5 \pm 0,7$
		Gardon	16,3	1 260	-	0 $\pm$ 1,8	≤ 22	$1\ 850 \pm 340$	$\leq 0,4$
		Perche	17,6	1 301	$7,4 \pm 7,4$	$7,4 \pm 3,7$	$3,7 \pm 3,7$	$1\ 440 \pm 260$	$\leq 1,5$
		Tanche	16,7	2 382	$7,4 \pm 3,7$	$14,8 \pm 7,4$	$\leq 3,7$	$2\ 260 \pm 260$	$11 \pm 7,4$
	LA MOTTE TILLY	Barbeau	15,3	1 273	≤ 148	$18,5 \pm 7,4$	$\leq 7,4$	$1\ 260 \pm 300$	$0,4 \pm 0,4$
		Brème bordelière	15,4	1 283	≤ 148	55 $\pm$ 15	≤ 11	$1\ 770 \pm 260$	$18,5 \pm 1,5$
		Chevaine	18,1	1 364	$15 \pm 7,4$	44 ± 11	$\leq 7,4$	440 ± 110	$\leq 1,1$
		• peau	19,6	1 353	≤ 222	$\leq 7,4$	$\leq 7,4$	$8\ 510 \pm 810$	11 ± 3
		• Muscles	17,7	1 340	-	-	≤ 15	$2\ 220 \pm 370$	$2,6 \pm 2,6$
Janvier 1981	LA MOTTE TILLY	• Viscères	16,6	1 331	$11 \pm 3,7$	$11 \pm 7,4$	$1,1 \pm 2,2$	815 ± 150	$0,7 \pm 0,7$
		• Squelette	15,8	1 317	$2,2 \pm 3,7$	-	≤ 22	555 ± 370	$\leq 3,7$
		• "restes"	16,1	1 389	-	26 ± 11	≤ 11	$1\ 330 \pm 260$	$\leq 1,8$
		Gardon	16,1	2 459	-	-	$\leq 7,4$	$2\ 700 \pm 740$	$\leq 1,5$
		• Lotte	17,3	915	$18,5 \pm 11$	$3,7 \pm 7,4$	-	$1\ 590 \pm 260$	$2,6 \pm 1,8$
	LA MOTTE TILLY	Chevaine	15	958	$7,4 \pm 3,7$	-	-	$1\ 890 \pm 335$	$3,2 \pm 2,2$
		Brème	15,5	987	≤ 370	$7,4 \pm 7,4$	-	$2\ 150 \pm 335$	$\leq 1,5$
		• entière	17,8	961	$11 \pm 7,4$	$11 \pm 7,4$	-	630 ± 150	≤ 11
		• éviscérée	17,7	961	≤ 295	$3,7 \pm 3,7$	-	$9\ 990 \pm 110$	$5,9 \pm 3$
		• Peau	20,1	943	$18,5 \pm 7,4$	$11 \pm 7,4$	-	$2\ 480 \pm 370$	$3 \pm 1,8$
Juillet 1981	LA MOTTE TILLY	• Viscères	15,2	953	$18,5 \pm 7,4$	$18,5 \pm 11$	670 ± 150	$7,4 \pm 3,2(1)$	
		• Squelette	15,5	987	-	$\leq 18,5$	-	555 ± 75	$\leq 3,4$
Juillet 1981	LA MOTTE TILLY	• "Restes"	7,1	1 372	$44 \pm 29,6$	74 ± 74	-	$2\ 960 \pm 740$	$11 \pm 7,4$
		Barbeau	8,2	1 029	$29,6 \pm 26$	74 ± 110	-	$2\ 590 \pm 740$	$6,3 \pm 6,3$
		Brochet Sandre	14,1	1 043	-	-	-	$2\ 400 \pm 300$	7 ± 2

(1) ^{54}Mn $1,8 \pm 0,7$

TABLEAU N° 39 - ACTIVITE γ OBTENUE PAR SPECTROMETRIE Ge-Li DES POISSONS PRELEVES SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE
EN 1980 ET 1981 - RESULTATS EN Bq.kg⁻¹ frais

DATES	LIEUX	GENRES	POIDS DE CENDRES MESURES (g)	TEMPS DE COMPTAGE (mn)	ACTIVITE NATURELLE				ACTIVITE ARTIFICIELLE	
					238 U $\rightarrow$ Pa	226 Ra	232 Th $\rightarrow$ Ac	40 K	137 Cs	
Août 1980	Aval immédiate du site	Brochet	17,5	4 216	0,15 $\pm$ 0,15	0,8 $\pm$ 0,3	0,15 $\pm$ 0,15	84,7 $\pm$ 8,1	0,1 $\pm$ 0,04	
		Chevaine	17,1	4 228	1,2 $\pm$ 0,3	0,2 $\pm$ 0,2	$\leq$ 0,2	61,4 $\pm$ 8,5	0,07 $\pm$ 0,04	
		Gardon	16,3	1 260	-	0 $\pm$ 0,1	$\leq$ 1,2	100 $\pm$ 40	$\leq$ 0,02	
		Perche	17,6	1 301	0,4 $\pm$ 0,4	0,4 $\pm$ 0,2	0,2 $\pm$ 0,2	78,1 $\pm$ 14	$\leq$ 0,07	
		Tanche	16,7	2 382	0,3 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,3	$\leq$ 0,1	74,4 $\pm$ 8,5	0,36 $\pm$ 0,25	
	LA MOTTE TILLY	Barbeau	15,3	1 273	$\leq$ 6	0,8 $\pm$ 0,3	$\leq$ 0,3	80,3 $\pm$ 12,2	0,02 $\pm$ 0,02	
		Brème bordelière	15,4	1 283	$\leq$ 6,7	25 $\pm$ 0,7	$\leq$ 0,5	80 $\pm$ 11,6	0,83 $\pm$ 0,07	
		Chevaine	18,1	1 364	1,7 $\pm$ 0,8	5,2 $\pm$ 1,3	$\leq$ 0,8	51,4 $\pm$ 13	$\leq$ 0,1	
		• Peau	19,6	1 353	$\leq$ 31	$\leq$ 0,1	$\leq$ 0,1	119 $\pm$ 11,5	0,15 $\pm$ 0,04	
		• Muscles	17,7	1 340	-	-	$\leq$ 0,4	60 $\pm$ 10	0,07 $\pm$ 0,07	
Janvier 1981	LA MOTTE TILLY	• Viscères	16,6	1 331	1,2 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,8	0,1 $\pm$ 0,25	89 $\pm$ 16,3	0,07 $\pm$ 0,07	
		• Squelette	15,8	1 317	0,2 $\pm$ 0,3	-	$\leq$ 1,8	47,1 $\pm$ 31,4	$\leq$ 0,3	
		• "Restes"	16,1	1 389	-	1,5 $\pm$ 0,6	$\leq$ 0,6	77,3 $\pm$ 15	$\leq$ 0,1	
		Gardon	16,1	2 459	-	-	$\leq$ 0,2	78,4 $\pm$ 21,4	$\leq$ 0,04	
		Lotte	17,3	915	0,8 $\pm$ 0,5	0,2 $\pm$ 0,3	-	71,5 $\pm$ 11,6	0,1 $\pm$ 0,07	
	LA MOTTE TILLY	Chevaine	15	958	0,3 $\pm$ 0,2	-	-	85,1 $\pm$ 14,8	0,15 $\pm$ 0,1	
		Brème	15,5	987	$\leq$ 14	0,3 $\pm$ 0,3	-	81,4 $\pm$ 12,6	$\leq$ 0,07	
		• Entière	17,8	961	1 $\pm$ 0,6	1 $\pm$ 0,6	-	53,4 $\pm$ 12,6	$\leq$ 0,9	
		• Eviscérée	17,7	961	$\leq$ 3,5	0,04 $\pm$ 0,04	-	120 $\pm$ 13,5	0,07 $\pm$ 0,04	
		• Peau	20,1	943	0,5 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,2	-	64,4 $\pm$ 9,6	0,07 $\pm$ 0,04	
Juillet 1981	LA MOTTE TILLY	• Viscères	15,2	953	1,9 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 1,1	-	67,3 $\pm$ 14,8	0,7 $\pm$ 0,3(1)	
		• Squelette	15,5	987	-	$\leq$ 1,5	-	45,5 $\pm$ 6,1	$\leq$ 0,3	
		• "Restes"	7,1	1 372	3 $\pm$ 3	-	-	121 $\pm$ 30	0,45 $\pm$ 0,3	
		Barbeau	8,2	1 029	1,1 $\pm$ 1	2,9 $\pm$ 4,3	-	100 $\pm$ 29	0,26 $\pm$ 0,26	
		Brochet	14,1	1 043	-	-	-	115 $\pm$ 15	0,3 $\pm$ 0,1	

(1) : $^{54}\text{Mn} = 0,2 \pm 0,07$

TABLEAU N° 40 - TENEURS EN STRONTIUM 90 DES POISSONS PRELEVES
SUR LE SITE DE NOGENT SUR SEINE EN 1980 ET 1981
RESULTATS EN mBq

DATES	LIEUX	GENRES	RESULTATS EN		
			mBq.g ⁻¹ de cendres	mBq.kg ⁻¹ frais	mBq.g ⁻¹ de Ca ⁺⁺
Août 1980	Aval immédiat du site	Brochet	≤ 11	≤ 490	
		Chevesne	≤ 11	≤ 510	
		Perche	≤ 11	≤ 600	
	LA MOTTE TILLY	Barbeau	≤ 11	≤ 450	
Janvier 1981	LA MOTTE TILLY	Brème			
		. entière	≤ 11	≤ 500	≤ 37
		. squelette	≤ 11	≤ 1 120	≤ 30
Juillet 1981	LA MOTTE TILLY	Barbeau	≤ 11	≤ 450	
		Brochet			
		. entier	≤ 11	≤ 430	≤ 41
		. squelette	≤ 11	≤ 790	

EXEMPLAIRE
DEFINITIF

**POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DU
SITE DE NOGENT S/SEINE
ECOSYSTEMES TERRESTRES.**

LABORATOIRE DE RADIOECOLOGIE APPLIQUEE

**Etude faite à la demande
d'Electricité de France
Région d'Equipe ment de Paris
Contrat n° VEN 1752-03**

Texte

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

DÉPARTEMENT D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES EN SÉCURITÉ

Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement



POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE
DU SITE DE NOGENT-SUR-SEINE

ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES

L. OTTAVI - R. DISDIER - S. MARCHAND - D. CARRERE

TEXTE

LABORATOIRE DE RADIOECOLOGIE APPLIQUEE

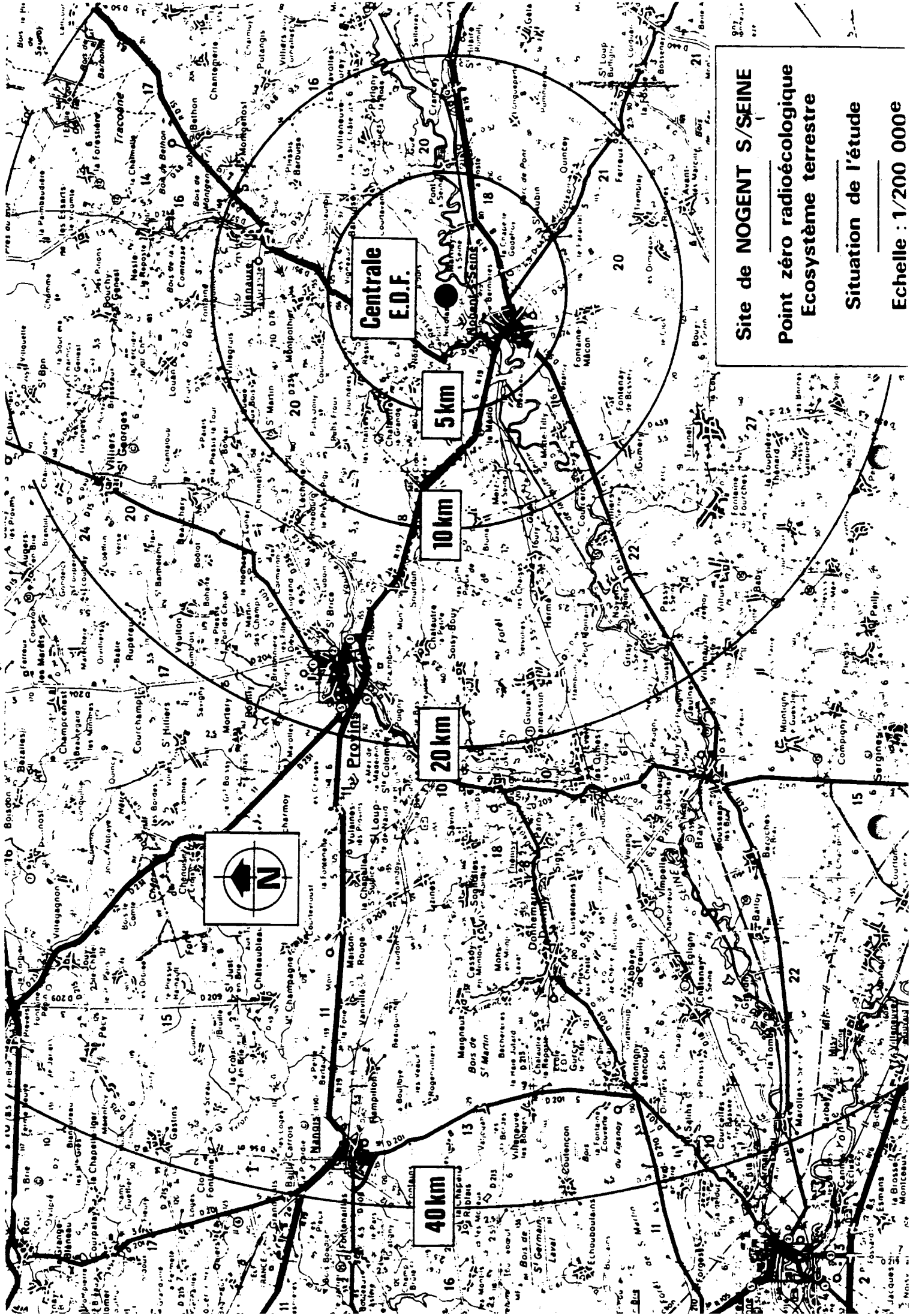
Etude faite à la demande d'Electricité de France

Région d'Equipement de PARIS

Contrat n° VEN 1752-03

C.E.N. CADARACHE - B.P. N° 1 - SAINT PAUL LEZ DURANCE

OCTOBRE 1983



Site de NOGENT S/SEINE

Point zéro radioécologique
Ecosystème terrestre

Situation de l'étude

Echelle : 1/200 000

PLAN DU RAPPORT

N° Pages

CHAPITRE 1

	<u>INTRODUCTION</u>	4
1.1	<u>MOTIVATION ET BUT DE L'ETUDE</u>	4
1.2	<u>RAPPEL DES DONNEES</u>	5
1.2.1	Caractéristiques physiques (climatologie)	5
1.2.2	Géologie - Hydrogéologie	8
1.2.3	Hydrologie	11
1.2.4	Principales caractéristiques humaines et économiques	11
1.2.5	Les activités agricoles	12

CHAPITRE 2

	<u>CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENTS - TRAVAUX REALISES</u>	14
2.1	<u>LES EAUX</u>	15
2.1.1	Les eaux de pluie	15
2.1.2	Les eaux de boisson	17
2.1.3	Les eaux d'irrigation	18
2.2	<u>LES VEGETAUX</u>	18
2.2.1	L'herbe de pâturage	19
2.2.2	Les végétaux cultivés	20
2.3	<u>PRODUCTION ANIMALE : LE LAIT</u>	21
2.4	<u>LES PRODUITS TRANSFORMES</u>	21
2.5	<u>LES SOLS</u>	21

CHAPITRE 3

<u>RESULTATS OBTENUS EN FONCTION</u> <u>DES TYPES D'ANALYSES</u>	23
3.1 <u>LES EAUX</u>	24
3.1.1. Les eaux de pluie	24
3.1.2. Les eaux de boisson et d'irrigation	26
3.2 <u>LES VEGETAUX</u>	36
3.2.1. Les herbages et le fourrage ...	36
3.2.2. Le maïs et les betteraves	38
3.2.3. Les légumes	39
3.3 <u>PRODUCTION ANIMALE : LE LAIT</u>	40
3.4 <u>LES PRODUITS TRANSFORMES</u>	42
3.5 <u>LES SOLS</u>	43

CHAPITRE 4

<u>CONCLUSIONS</u>	51
--------------------------	----

CHAPITRE I

INTRODUCTION

MOTIVATION ET BUT DE L'ETUDE

RAPPEL DES DONNEES

INTRODUCTION

1.1 MOTIVATION ET BUT DE L'ETUDE

L'étude de l'environnement terrestre de la centrale de NOGENT-SUR-SEINE (Aube) a été réalisée par le Laboratoire de Radioécologie Appliquée du D.Pr/SERE (1) de CADARACHE à la demande d'E.D.F., Région d'Equi-
pement de PARIS (2).

Cette étude a pour but de mettre en évidence les niveaux de l'activité d'origine naturelle et artificielle des principaux composants de l'environnement du site avant la mise en service des réacteurs.

L'expérience acquise lors des précédents travaux nous a permis de circonscrire ce type d'étude aux divers composants qui correspondent à des voies de transfert directes ou indirectes vers l'homme, c'est-à-dire :

- les eaux de pluie
- les eaux de boisson et d'irrigation
- les végétaux spontanés et cultivés
- le lait
- les sols
- certains produits transformés (fromage).

L'ensemble de ces travaux s'est déroulé durant une période d'un an, de Septembre 1981 à Septembre 1982.

La périodicité des prélèvements habituellement retenue pour ce type d'intervention est la suivante :

mensuelle, bimestrielle et annuelle

en fonction de la variabilité des composants et afin de tenir compte des cycles saisonniers.

(1) Département de Protection - Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement.

(2) E.D.F./R.E.P. - Immeuble SCOR - LA DEFENSE 8 - CEDEX 39

D'autres études ont été menées conjointement par le Laboratoire d'Etudes de Pollution des Eaux et le Laboratoire de Transferts Atmosphériques du Département de Protection, dans le domaine fluvial (sédiments, flore, faune) et dans le domaine terrestre (mesure du rayonnement y ambiant).

L'ensemble de ces informations correspond donc aux niveaux d'activité de référence des divers constituants de l'environnement du site.

1.2 RAPPEL DES DONNEES

Le site est implanté sur la rive droite de la Seine, à 3 km en amont de NOGENT S/SEINE, à 32 km de MONTEREAU et à 60 Km de MELUN.

L'installation est constituée de deux réacteurs de 1.300 MW dotés de deux aéroréfrigérants assurant le recyclage de l'eau de refroidissement.

A la suite de ce bref préambule, il est nécessaire de rappeler les principales caractéristiques du site.

1.2.1 Caractéristiques physiques

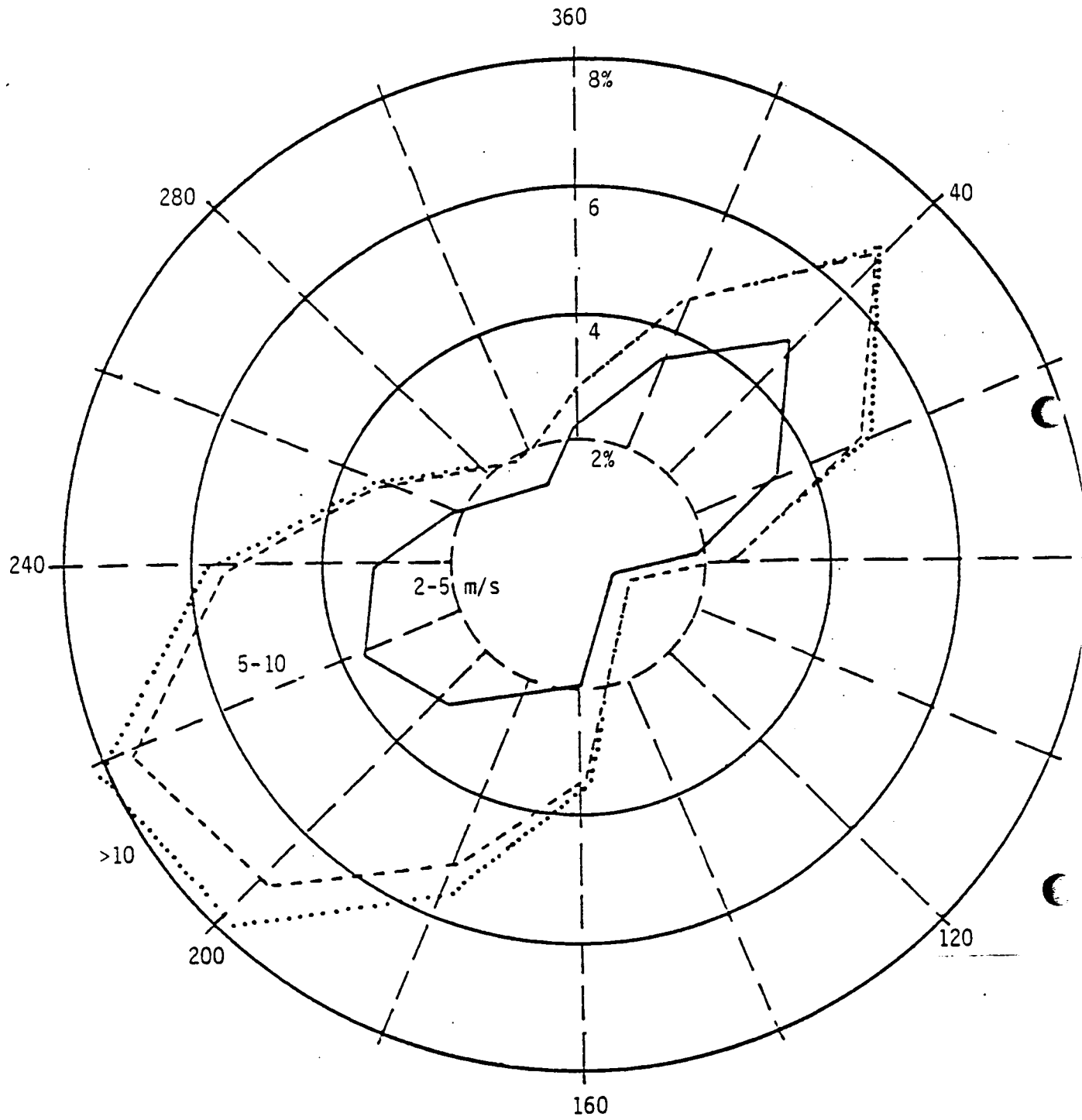
Le climat de la région est classé parmi les "climats océaniques" plus ou moins altérés.

Les observations météorologiques ont été faites à la station de ROMILLY S/SEINE située à 15 Km à l'Est du site.

C'est la rose des vents établie entre 1959 et 1969, d'après les données de cette station, qui a été prise en compte pour cette étude. Cette rose des vents établie par direction et vitesse, montre une anisotropie pour toutes les classes de vitesse.

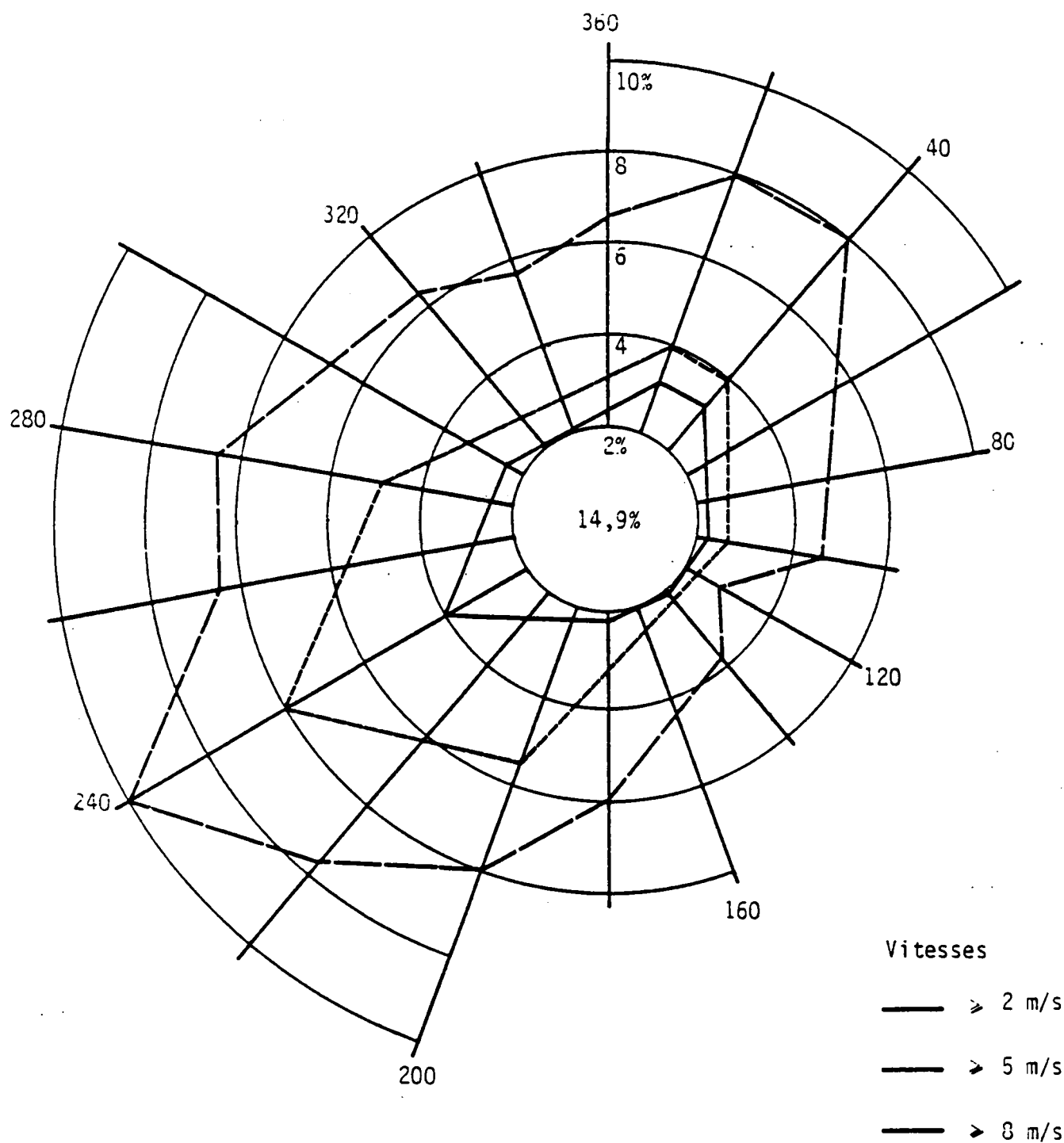
Les vents issus du Sud-Ouest sont nettement dominants (32,5 %) ; les vents calmes sont assez fréquents (36,3 %).

ROMILLY - ROSE DES VENTS



0 à 2 m/s	- 36,6%
2 à 5 m/s	- 37,0%
5 à 10 m/s	- 28,9%
> à 10 m/s	- 2,5%

ROSE DES VENTS DE TRAPPES



FREQUENCE DES DIRECTIONS :

Chaque circonférence représente 2 % à partir de la circonférence des vents calmes.

d'après l'Atlas Climatique de la France

A titre de comparaison, la rose des vents de TRAPPES_a été jointe à cette étude.

A ROMILLY, la durée moyenne des pluies pour la période 1959-1974 est de 702 h/an. La pluviométrie annuelle est de 700 mm/an.

La température moyenne annuelle, d'après l'Atlas Climatique de la France est de 10,4 °C.

1.2.2 Géologie - Hydrogéologie

La région étudiée autour du site peut se diviser en deux zones séparées par la large vallée de la Seine, que rejoint l'Aube, et qui s'écoule en décrivant un large cercle dont la courbe s'inscrit dans la portion de ROMILLY-NOGENT.

- la partie du Sud et Sud-Est est le domaine de la craie crétacée avec des collines sèches dépendant de la Champagne crayeuse ;
- dans la zone Nord et Nord-Ouest, un large plateau tertiaire, recouvert partiellement de limons, a des assises constituées par des collines crayeuses du Crétacé. La falaise ainsi créée surplombe d'une centaine de mètres la vallée de la Seine.

Géochronologie

Ere secondaire :

C'est au Trias (- 212 M.a) que le bassin parisien commence à s'individualiser en une fosse de subsidence orientée grossièrement Ouest-Est, où s'accumulent les sédiments du Jurassique (- 212 M.a) essentiellement composés de marnes et calcaires (phase biochimique), alors qu'au Crétacé (- 142 M.a) l'apport est terrigène avec des sables et des argiles.

Au Cénomanién, Turonien et surtout au Sénonien, une mer épicontinentale à eaux calmes recouvre une partie de la région ; elle permet l'accumulation d'importantes séries crayeuses. A la fin du Sénonien, une période d'émersion altère la craie qui produit des argiles résiduelles à silex.

La craie du Campanien-Santonien constitue la majeure partie de la zone au Sud et au Sud-Est de NOGENT S/SEINE.

Ere tertiaire

Caractérisée par les dépôts du plateau de Sourdun, tout d'abord les grès, puis les sables et les niveaux argilo-sableux de l'Eocène (- 51 M.a) avec l'Yprésien inférieur et supérieur, les calcaires lacustres du Lutécien (Provins et Saint-Parres) et les calcaires et marnes du Bartonien.

L'Oligocène (- 35 M.a) est représenté par des avant-buttes de grès et sables de FONTAINEBLEAU.

Ere quaternaire

De vastes étendues sont recouvertes de dépôts argileux fins appelés limons de plateaux.

Ensuite, les alluvions anciennes, formées de "graves" (sables et cailloutis) recouvrent de larges zones de part et d'autre de la vallée de la Seine.

Enfin, les alluvions modernes couvrent les fonds des diverses vallées ; elles sont formées de sables et cailloutis souvent argilo-sableux avec présence de tourbe. Ces zones sont souvent inondables.

1.2.2.2 Hydrogéologie

La craie sénonienne, qui constitue le substratum géologique des environs de la centrale, contient une nappe libre, d'une trentaine de mètres environ, située dans la partie altérée de cette formation. La perméabilité de cet aquifère est de $6.10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$.

Cette nappe peut devenir partiellement captive sous les alluvions et sous les terrains éocènes.

Les calcaires tertiaires de l'Ile de France sont formés par des alternances de terrains aquifères et non aquifères.

Parmi ces derniers, on peut classer :

- les sables et grès de l'Yprésien
- les marnes du Ludien inférieur
- les argiles et marnes du Stampien

Les deux premiers aquifères sont captifs.

Les alluvions du lit majeur (1) sont constituées par des matériaux sablo-graveleux hétérogènes très perméables qui se sont développés pendant le quaternaire et reposent sur le substratum formé par la craie sénonienne.

La porosité efficace de ces formations est $\simeq 9\%$. La perméabilité moyenne est de $6.10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$ et la transmissivité moyenne de $3,4.10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$ (*).

La nappe fluviale ainsi formée est le plus important aquifère de la région car elle se superpose avec la nappe de la craie ; la section mouillée est de 6 mètres en moyenne, mais elle peut atteindre 9 mètres en fonction des paléothalwegs du substratum.

La Seine peut alimenter la nappe en diverses zones, ainsi que par l'intermédiaire des "noues" dont le niveau topographique moyen est le plus souvent légèrement inférieur au niveau du lit du fleuve.

Les eaux captées dans cette nappe servent à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation. En aval du site, de nombreux forages alimentent quelques villes et communes :

LA MOTTE-TILLY, NOYEN, VILLIERS, MONTEREAU...

(1) C'est dans certains captages de cette nappe qu'on a fait les divers prélèvements de cette étude.

* Données B.R.G.M.

1.2.3 Hydrologie

La Seine a un bassin versant s'étendant sur une superficie de 8.600 Km², en amont de NOGENT.

Le fleuve coule lentement en serpentant dans une vallée large de quelques kilomètres, les restes de l'ancien lit de la Seine (paléothalwegs) forment des ruisseaux ou des bras morts.

La pente moyenne du fleuve est de 3 %, elle décroît ensuite jusqu'à 0,4 % en aval de TROYES.

Le régime du fleuve est dans l'ensemble assez régulier, du type pluvial ; ce régime est influencé par le barrage-réservoir Seine en amont de TROYES.

D'autres travaux d'aménagement sont prévus sur le cours de la Seine et de l'Aube (mise au gabarit, barrages...) qui modifieront l'écoulement, les étiages et les crues.

1.2.4 Principales caractéristiques humaines et économiques

La répartition de la population des communes proches du site est la suivante : (*)

AUBE

BARBUISSÉ	287	LA MOTTE-TILLY	275
COURCEROY	92	NOGENT S/SEINE	4949
FONTAINE-MACON	392	PONT S/SEINE	994
FONTENAY-de-		SAINT AUBIN	349
BEAUSSERY	75	ST NICOLAS-LA-	
MARNAY S/SEINE	203	CHAPELLE	70
LE MERIOT	356	LA SAULSOTTE	334

(*) D'après le recensement 1982.

SEINE ET MARNE

GRISY S/SEINE	162
NOYEN S/SEINE	226
VILLIERS S/SEINE	257

La population augmente peu dans l'ensemble, elle accuse même une large diminution dans certaines petites communes.

La mécanisation de l'agriculture provoque un dépeuplement des secteurs ruraux. Cette population se regroupe dans les secteurs industrialisés.

1.2.5 Les activités agricoles

Le pays est essentiellement à vocation céréalière et betteravière, accessoirement à tendance fourragère et maraîchère. Il y a en général peu d'élevage.

Les céréales sont constituées par du blé, orge, maïs, avoine.

- les blés sont cultivés dans les zones crayeuses,
- les orges sont destinées aux malteries, une partie est traitée sur place,
- le maïs a pris une certaine importance surtout en Val de Seine. Il est cultivé, sur des terres inondables ou sur des terres irrigables à partir des eaux de la Seine, jusqu'à l'obtention des grains ou ensilé pour le fourrage.
- l'avoine est une céréale destinée à l'alimentation du bétail.

La culture betteravière est également très importante. Elle peut, dans certains cas, être irriguée, quelquefois avec des eaux de la Seine quand les cultures sont situées à proximité du fleuve.

La plus grande partie des cultures est destinée aux sucreries de BRAY S/SEINE.

Les cultures maraîchères sont peu développées. On peut signaler, à 25 Km des rejets, les exploitations de BRAY S/SEINE dont les productions sont irriguées à l'aide de la nappe alluviale.

Des endives sont cultivées dans la région de VILLIERS S/SEINE.

Lors de cette étude, divers légumes ont été prélevés dans ces lieux de production.

L'élevage bovin est peu orienté vers la production laitière mais plutôt vers l'embouche de bouvillons.

L'élevage laitier est d'ailleurs en nette régression. A titre d'exemple, la commune de la SAULSOTTE au Nord du site, où l'on dénombrait six producteurs, ne compte plus qu'une seule exploitation de moyenne importance.

CHAPITRE II

CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENT

TRAVAUX REALISES

(se référer aux divers plans de situation de l'Annexe II)

2.1 LES EAUX

2.1.1 Les eaux de pluie

Les vents et les précipitations sous toutes leurs formes sont des vecteurs de transfert des effluents gazeux ou des fines particules en suspension dans l'air.

L'étude météorologique d'une région est donc très importante. Elle peut contribuer à implanter d'une façon plus judicieuse une industrie en fonction de ses rejets. De même, elle permet d'orienter un éventuel réseau de surveillance autour de cette industrie.

Pour un site nucléaire, il est indispensable avant la mise en service des installations, d'évaluer la part de la radioactivité d'origine artificielle existante qui est due :

- à la présence d'une installation similaire située dans un périmètre proche,
- aux retombées des diverses explosions nucléaires aériennes.

Après un tir aérien situé dans l'hémisphère Nord, les retombées provenant de la troposphère se déposent dans les océans et sur la terre pendant quelques mois ; ce délai est plus long en ce qui concerne la stratosphère. C'est le cas de l'explosion aérienne du 16 Octobre 1980 qui a eu les effets dont il est question dans les paragraphes suivants.

Un nuage peut effectuer plusieurs rotations autour de la terre en suivant très grossièrement un parallèle car les hémisphères ne présentent que très peu d'échange entre eux.

La plus grosse partie des tirs aériens a eu lieu avant le 5 Août 1963, date de l'accord Russo-Américain concernant l'arrêt de ce type d'expérience.

Depuis 1975, seule la Chine procède encore à ces tirs. A titre d'exemple, lors des dernières explosions chinoises, les augmentations d'activité ont été enregistrées sur le sol métropolitain avec des délais variant entre 9 et 13 jours après les tirs.

Ces constatations ont été mises en évidence dans des études de sites E.D.F. similaires.

En ce qui concerne le choix des stations pluviométriques autour du site (*) (fixées à trois pour cette étude), c'est la répartition des vents selon les données de la station de ROMILLY qui a été prise en compte.

Nous nous sommes efforcés de trouver des exploitations laitières situées au Nord-Est et au Sud-Ouest du site, ainsi qu'une station située en dehors des vents dominants où nous avons installé nos collecteurs de précipitation.

Les trois stations retenues se trouvent dans une zone de 4 à 6 Km autour du site :

- Secteur Nord-Est :

COURTAVANT (Commune de PLESSIS-BARBUISE)

Madame WOJTOWICZ, productrice (5 vaches laitières)

- Secteur Sud-Sud Ouest

LE MERIOT (Commune de LE PLESSIS-MERIOT)

Monsieur BROUILLET, producteur (10 vaches laitières)

- Secteur Nord - Nord Ouest

LA SAULSOTTE (Commune)

Monsieur ROPARS, producteur (25 vaches laitières)

(*) Les stations sont en général situées près des exploitations laitières afin de déterminer un éventuel transfert :
pluie → herbe → lait.

Les bidons collecteurs de ces trois stations ont été relevés tous les mois par souci de conformité avec le réseau de la météorologie nationale.

2.1.2 Les eaux de boisson

De nombreux captages, situés dans la nappe alluviale, présentent des caractères de vulnérabilité.

Compte-tenu des résultats du traçage fait en aval de NOGENT, quatre forages A.E.P. (*) ont été retenus ainsi qu'un forage destiné à l'irrigation.

- le captage A.E.P. de LA MOTTE-TILLY situé en rive gauche à 10 Km environ des rejets, exploité par le Syndicat Départemental de Distribution des Eaux de l'Aube (S.D.D.E.A.).

Le puits a une profondeur de 15,30 mètres ; trois pompes alimentent alternativement le réseau.

La consommation a été, en 1981, de 10.374 m³.

- le captage A.E.P. de LE MERIOT situé en rive droite du fleuve, en bordure de la vallée et à 10 Km environ des rejets. Ce captage est également exploité par le S.D.D.E.A.

Le forage a une profondeur de 15 mètres (**).

Il a rencontré :

- de 0 à 7,5 mètres, les sables de la Seine
- de 7,5 à 15 mètres, la craie du Sénonien fissurée dans les premiers mètres.

La consommation annuelle de cette station a été de 12.000 m³ en 1981.

- Le captage A.E.P. de NOYEN et VILLIERS situé en rive gauche, à 400 mètres du fleuve dans les alluvions de la Seine.

Le forage a une profondeur de 12 mètres.

Trois pompes alimentent le réseau. La consommation annuelle est voisine de 30.000 m³ pour 400 abonnés.

(*) Alimentation en eau potable.

(**) Voir coupe du forage en Annexe II.

L'eau n'est traitée qu'en cas de crue du fleuve.

- Un des captages A.E.P. de MONTEREAU, situé près de la Seine, au lieu-dit COURBETON, géré par les services techniques de la ville.

Le forage en activité (1) a une profondeur totale de 38 mètres.

La craie a été rencontrée à partir de 5,20 mètres, les premiers mètres étant constitués par des sables et graviers alluviaux quaternaires.

En 1981, le débit du pompage a été de 317.920 m³.

2.1.3 Les eaux d'irrigation

Le choix s'est porté sur le forage du domaine des THURETS à VILLIERS.

Ce captage, situé dans un méandre du fleuve, permet l'irrigation, pendant l'été, de certaines cultures en particulier du maïs.

2.2 LES VEGETAUX

Les végétaux jouent un rôle important dans le transfert de la radioactivité artificielle vers l'homme, car ils peuvent accumuler les radionucléides contenus dans les sols, dans l'eau ou dans l'air. Ils ont également la possibilité de fixer une part de la radioactivité d'origine naturelle et artificielle provenant des sols.

L'absorption foliaire et l'absorption racinaire sont les deux processus de contamination des végétaux.

Les agriculteurs et producteurs font de plus en plus appel à l'irrigation, en particulier par aspersion, pour améliorer les rendements

(1) Voir Coupe jointe à l'Annexe 2.

pendant les mois d'été. Cette méthode constitue une importante voie foliaire de transfert dans le cas d'un pompage dans une nappe ayant subi un traçage, ou dans un fleuve en aval des rejets.

Les concentrations dans les sols et les transferts sol-plante ont des mécanismes assez complexes qui ont été largement étudiés et où la nature chimique et la granulométrie des sols jouent un rôle important.

En fonction des types de chaînes alimentaires, on peut classer :

- les végétaux absorbés par les mammifères dont la production est consommée par l'homme (le lait par exemple).
- les végétaux cultivés, de plein champ ou de jardin, et qui sont directement consommés par l'homme.

2.2.1 L'herbe de pâturage

La couverture végétale constitue un très bon indicateur du marquage par voie atmosphérique. Ce sont les herbages qui sont en grande partie responsables du transfert par ingestion, au niveau du lait des bovins, des radionucléides artificiels. Le fourrage et l'ensilage peuvent également contribuer à cet apport ainsi que les eaux d'abreuvement.

Dans le cadre de cette étude, les prélèvements d'herbage proviennent des prairies entourant les collecteurs de précipitation où paissent les bovins et dont il est utile de rappeler la position géographique par rapport au site :

Secteur Nord-Est

COURTAVANT (Commune de PLESSIS-BARBUISE)

Madame WOJTOWICZ.

Secteur Sud - Sud-Ouest

LE MERIOT (Commune du PLESSIS-MERIOT)

Monsieur BROUILLET.

Secteur Nord - Nord-Ouest

LA SAULSOTTE (Commune)

Monsieur ROPARS.

Nous nous sommes attachés à respecter le type d'alimentation des bovins, en particulier pendant les mois d'hiver.

Des analyses d'ensilage et de foin ont été faites pendant cette période.

2.2.2 Les végétaux cultivés

Les diverses stations de prélèvement retenues lors de cette étude ont été les suivantes :

- le maïs grain et fourrage irrigué du domaine des THURETS (Commune de VILLIERS) en zone inondable
Monsieur MILLON, producteur.
- les betteraves irriguées à ATHIS, en zone inondable
Monsieur HEURTEVIGNE, producteur.
- les endives de VILLIERS, en zone inondable
Madame RAS, productrice.
- les cornichons à LE MERIOT
Monsieur BROUILLET
- les divers légumes de la zone de maraîchage de BRAY S/SEINE, dont l'arrosage est assuré par l'eau de la nappe alluviale :
 - . laitues
 - . tomates
 - . carottesMonsieur THOISON, maraîcher
MOUSSEaux LES BRAY.

2.3 PRODUCTION ANIMALE : LE LAIT

Les trois stations de lait retenues correspondent aux fermes où ont été prélevés l'eau de pluie et les herbages et dont les lieux ont été précisés dans les paragraphes 2.1.1 et 2.2.1.

2.4 LES PRODUITS TRANSFORMES

Pour cette étude, nous avons retenu trois produits plus spécifiques de la région :

- du fromage (brie) de la laiterie QUINOTTE à GRISY
- du sucre, de la sucrerie centrale à BRAY
- du malt, de la malterie SOUFFLET à NOGENT.

2.5 LES SOLS

En fonction de leur nature minéralogique, les sols contiennent des radionucléides naturels en plus ou moins grande quantité.

La présence d'engrais dans les sols cultivés peut faire varier les teneurs en potassium 40.

Depuis les premières explosions aériennes, les sols contiennent également les radionucléides artificiels provenant des diverses retombées.

Certains radionucléides peuvent se fixer et s'accumuler en fonction de la nature chimique, minéralogique et granulométrique des sols, c'est le cas par exemple du césium 137 et du strontium 90.

Pour cette étude, les six échantillons de sols retenus proviennent de certains terrains cultivés ou de prairies permanentes dans des zones où ont eu lieu les divers prélèvements :

- VILLIERS (rive gauche)
Sol de betterave
- VILLIERS (rive droite)
Sol maïs
- VILLIERS
Sol maraîcher
- LE MERIOT
Sol pâturage
- BRAY S/SEINE
Sol maraîcher
- COURTAVANT
Sol pâtûrage.

CHAPITRE III

RESULTATS OBTENUS EN FONCTION

DES TYPES D'ANALYSES

(se référer aux tableaux de mesure de l'Annexe I)

Les valeurs sont données en mBq ou Bq

(1 Bq = 27 pCi)

Les chiffres séparés par un trait correspondent aux valeurs minimales et maximales obtenues en tenant compte des éventuelles marges d'erreur.

3.1 LES EAUX

3.1.1 Les eaux de pluie

(se référer aux tableaux 1.2.3 de l'Annexe I)

Les diverses analyses effectuées en laboratoire, sur les eaux de pluie collectées, ont consisté en la détermination :

- du pH
- de l'activité α et βT sur :
 - . l'eau brute
 - . l'eau filtrée
- de la mesure du tritium
- de l'activité γ en spectrométrie GeLi, après concentration.

L'échantillon de COURTAVANT, du 12.12.1981 au 13.01.1982, n'a pu être récupéré, les inondations qui ont sévi pendant cette période ayant submergé le bidon collecteur.

- Mesure βT (1)

La mesure β Total généralisée sur les diverses stations du territoire permet de déceler rapidement les variations notables de radioactivité des précipitations d'un mois sur l'autre.

L'examen des résultats obtenus lors de cette étude montre une augmentation de l'activité β Total à la station de COURTAVANT (240 mBq/l) du 09.04.1982 au 11.05.1982 ainsi qu'aux trois stations du 07.07.1982 au 25.08.1982, avec un maximum de 800 mBq/l à COURTAVANT (du 29.07.1982 au 25.08.1982).

(1) Radioactivité calculée à partir du comptage β de l'échantillon et du rendement de la mesure obtenu avec le radionucléide de référence (^{90}Sr) dans les mêmes conditions opératoires (préparation-comptage).

Ces activités sont probablement dues ~~aux retombées~~ résiduelles de la dernière explosion nucléaire aérienne d'Extrême-Orient.

- Mesure α

Les mesures sont inférieures aux limites de détection soit 111 mBq/l.

- Mesure ^3H

Les mesures sont inférieures aux limites de détection soit 11 mBq/l.

- Mesures spectrométriques γ GeLi

Sur les 22 mesures spectrométriques réalisées pendant cette étude, ont été décelés :

- du ^7Be (*) dans de nombreux échantillons mesurés (17 sur 22)

- du ^{137}Cs dans les trois stations avec les fourchettes suivantes :

. COURTAVANT	0-15 mBq/l
. LA SAULSOTTE	1-11 mBq/l
. LE MERIOT	1-18 mBq/l

pendant les périodes où les volumes d'échantillons ont été suffisants (du 09.09.1981 au 13.11.1981 et du 11.05.1982 au 07.07.1982).

- du ^{144}Ce à

. LE MERIOT	:	12 ± 3 mBq du 09.09 au 09.10.1981
. LA SAULSOTTE	:	13 ± 3 mBq du 10.03 au 09.04.1982

(*) D'origine cosmique.

3.1.2 Les eaux de boisson et d'irrigation
(se référer aux tableaux N° 4-5-6 de l'Annexe I)

Les mesures ou analyses suivantes ont été réalisées sur les divers échantillons prélevés tous les deux mois avant traitement :

- Mesures physiques et chimiques

- . pH
 - . résistivité
 - . température
 - . cations sur tous les prélèvements
 - . éléments totaux deux fois l'an
- mesures complémentaires
faites in situ

- Mesures α et β T sur

- . l'eau brute
- . l'eau filtrée
- . les M.E.S. (mesure sur le résidu de filtration)

- Mesure du tritium sur tous les échantillons par la méthode d'enrichissement.

- Extraction radiochimique du Strontium 90

- Spectrométrie γ GeLi après concentration sur tous les échantillons

Résultats commentés des analyses :

CHIMIE :

(se référer aux tableaux n° 17, 18 et 19 de l'Annexe I)

Les tableaux et graphiques ci-après permettent d'identifier respectivement chaque nappe sur une période d'un an.

La moyenne des cations et anions, pour chaque captage, est la suivante : (en meq/l)

C A P T A G E S	TOTAL CATIONS (meq/l)	TOTAL ANIONS (meq/l)
LE MERIOT	6,95	5,95
LA MOTTE-TILLY	5,72	4,53
NOYEN	5,06	5,09
MONTEREAU	7,25	6,35
VILLIERS (irrigation)	5,49	5,36

En ce qui concerne l'examen des divers cations, le tableau suivant permet un classement par élément et par captage (*) :

LIEU DE PRELEVEMENT	K+		Ca++		Na+		Mg++	
	mg/l	Nº ordre	mg/l	Nº ordre	mg/l	Nº ordre	mg/l	Nº ordre
LE MERIOT	8,59	1e	110,16	1e	11,68	1e	3,35	1e
LA MOTTE-TILLY	7,18	2e	91,94	2e	8,37	2e	2,81	3e
NOYEN	1,50	3e	86,42	3e	4,62	3e	3,46	2e

MONTEREAU	1,20	116,10	7,79	4,28
-----------	------	--------	------	------

VILLIERS	0,89	89,58	5,21	2,63
----------	------	-------	------	------

(*) Moyenne sur 6 prélèvements sauf pour MONTEREAU et VILLIERS.

TABLEAU DES ANALYSES D'EAU 1981-1982

TABLEAU D'ANALYSES D'EAU 1981-1982
MOYENNE ANNUELLE DES CATIONS
MAXIMA ET MINIMA OBSERVES ET MOIS CORRESPONDANTS

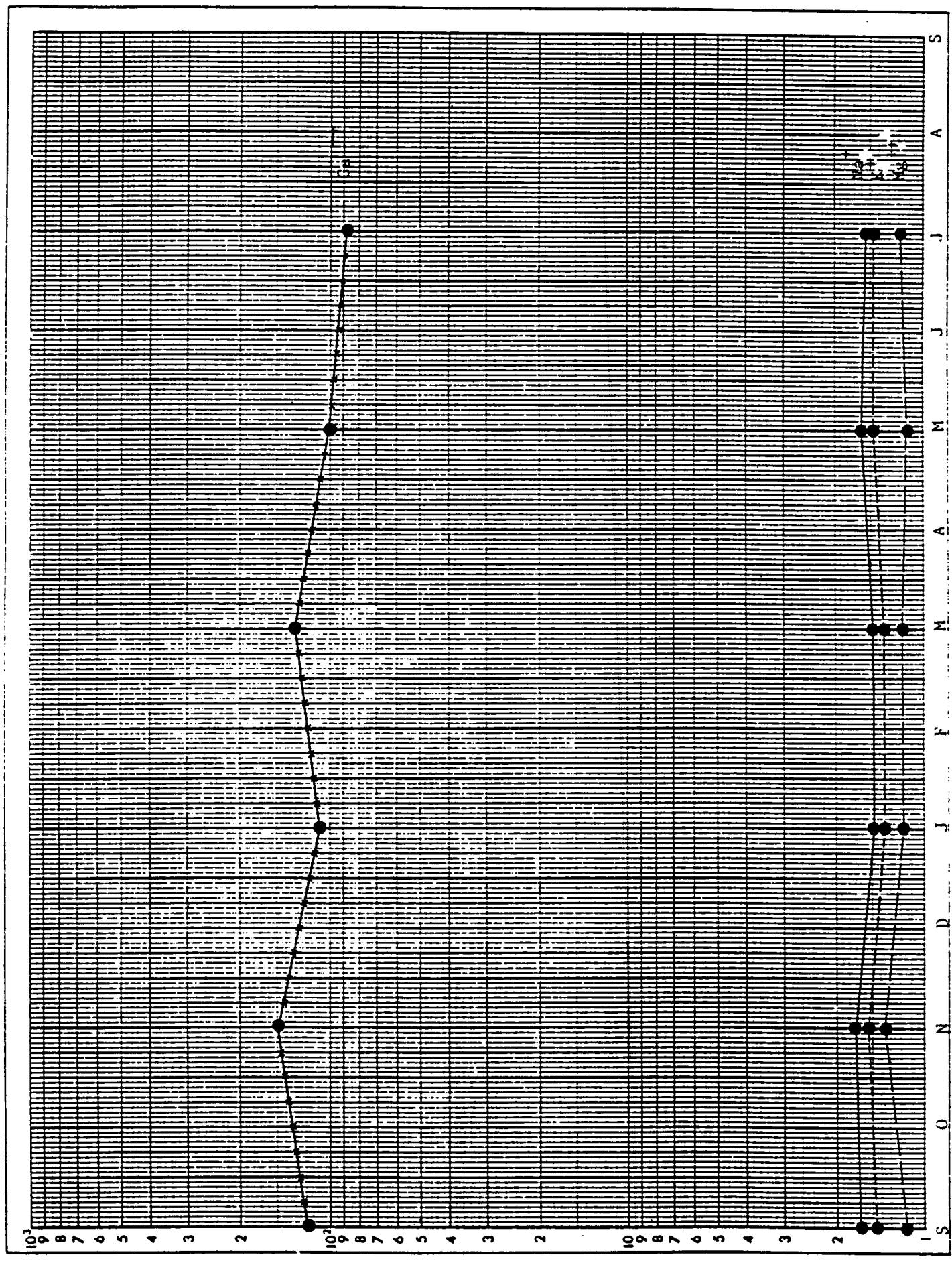
	K ⁺ mg/l			Ca ⁺⁺ mg/l			Na ⁺ mg/l			Mg ⁺⁺ mg/l		
	Moy. (sur 6 prélèv.)	Maxi (mois)	Mini (mois)	Moy.	Maxi (mois)	Mini (mois)	Moy.	Maxi (mois)	Mini (mois)	Moy.	Maxi (mois)	Mini (mois)
LE MERLOI (boisson)	8,59	10,7 (Nov) 81	7,2 { Janv 82 Mars 82	110,16	142 (Nov) 81	82,58 (Juill 82)	11,68	13,8 (Nov) 81	9,7 (Janv) 82	3,35	6,3 (Nov) 81	2,45 (Mai) 82
LA MOTTE TILLY (boisson)	7,18	8,8 (Nov) 81	5,0 (Mars) 82	91,94	107 (Sept) 81	75,25 (Juill 82)	8,37	9,5 (Nov) 81	6,7 (Mars) 82	2,81	3,39 (Juill 82)	2,18 (Mai) 82
MOYEN (boisson)	1,50	1,6 { Sept 81 Janv 82	1,42 (Mai) 82	86,42	100 (Nov) 81	69,92 (Juill 82)	4,62	4,8 (Nov) 81	4,5 { Sept 81 Mars 82	3,46	3,93 (Juill 82)	2,9 (Nov) 81
PONTREAU (boisson)	Moy. (sur 5 prélèv.) 1,20	1,3 (Mars) 82	0,9 (Mai) 82	116,10	136,7 (Nov 81)	104,5 (Mai 82)	7,79	8,1 (Sept) 81	7,2 (Mars) 82	4,28	8,06 (Juill 82)	3,23 (Mai) 82
VILLIERS (irrigation)	Moy. (sur 5 prélèv.) 0,89	1,4 (Mars) 82	0,66 (Mai) 82	89,58	109 (Sept 81)	71,7 (Mai 82)	5,21	6,0 (Sept) 81	5,0 (Mai) 82	2,63	3,3 (Mars) 82	2,1 (Sept) 81

COURBE - EAU DE BOISSON LE MERIOT

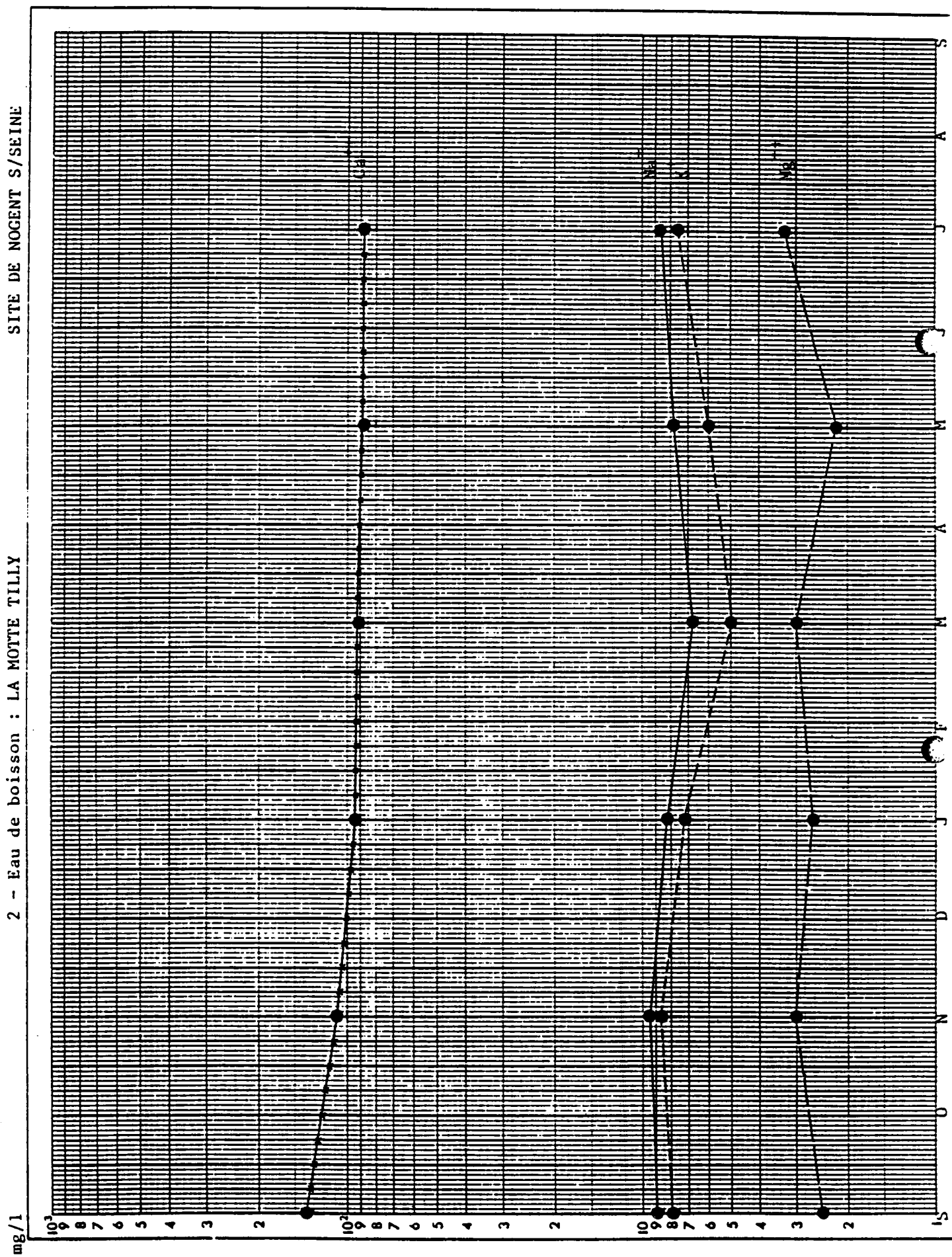
SITE DE NOCENT S/SEINE

1 - Eau de bo. n : LE MERIOT

mg/l



COURBE : EAU DE BOISSON - LA MOTTE TILLY

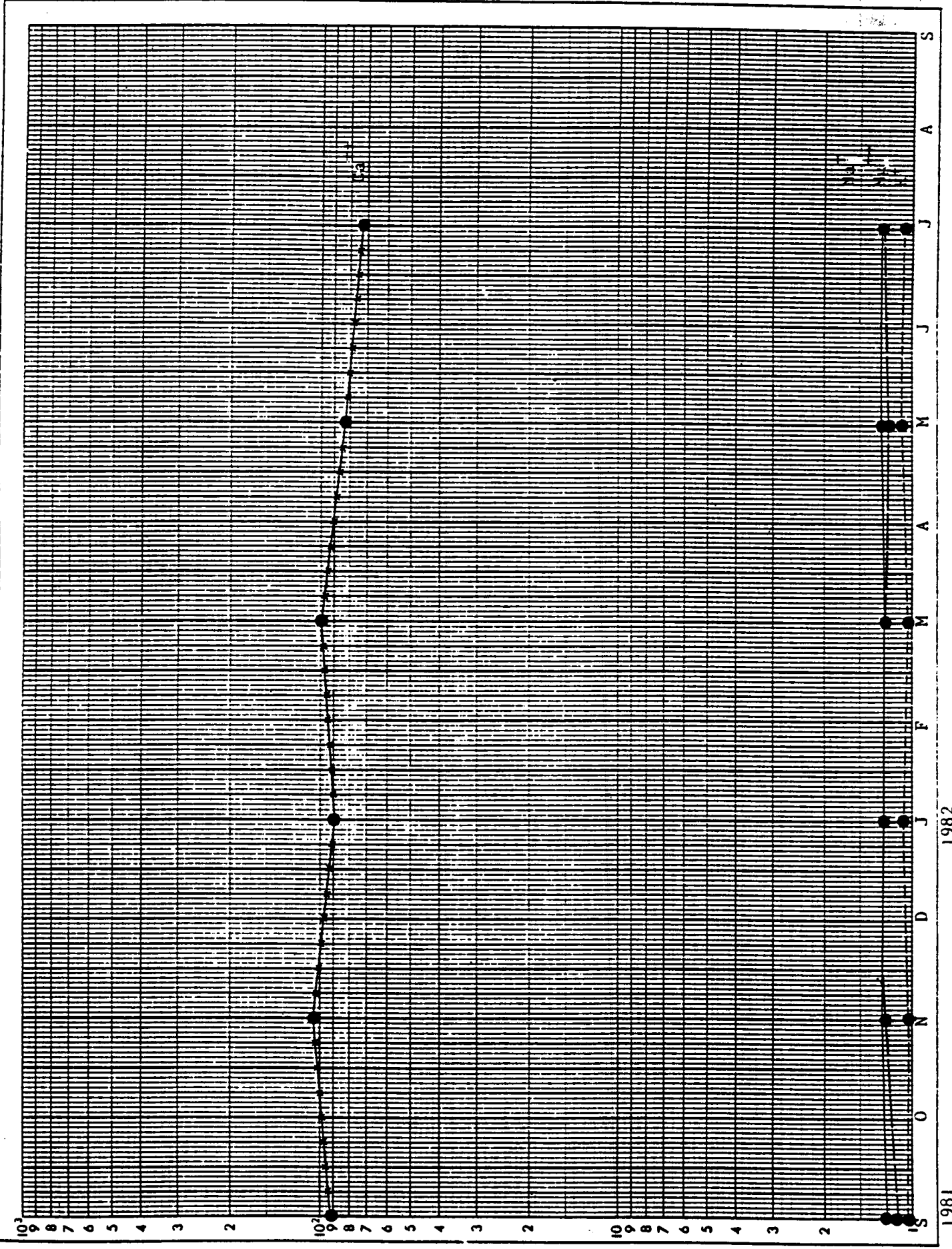


COURBE : EAU DE BOISSON - NOYEN

SITE DE NOGENT S/SEINE

3 - Eau de boisson : NOYEN

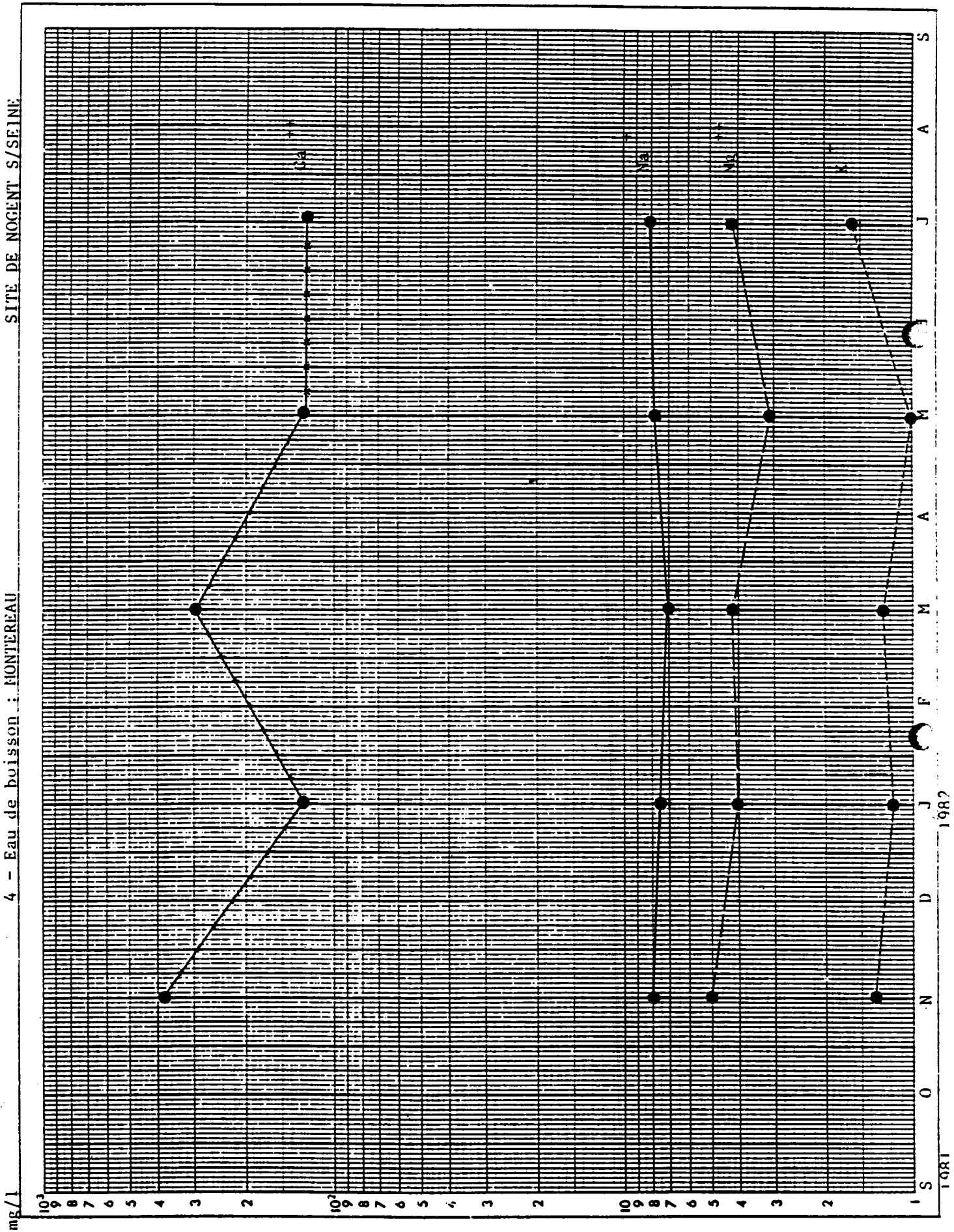
mg/l



1982

1981

COURBE : EAU DE BOISSON - MONTEREAU

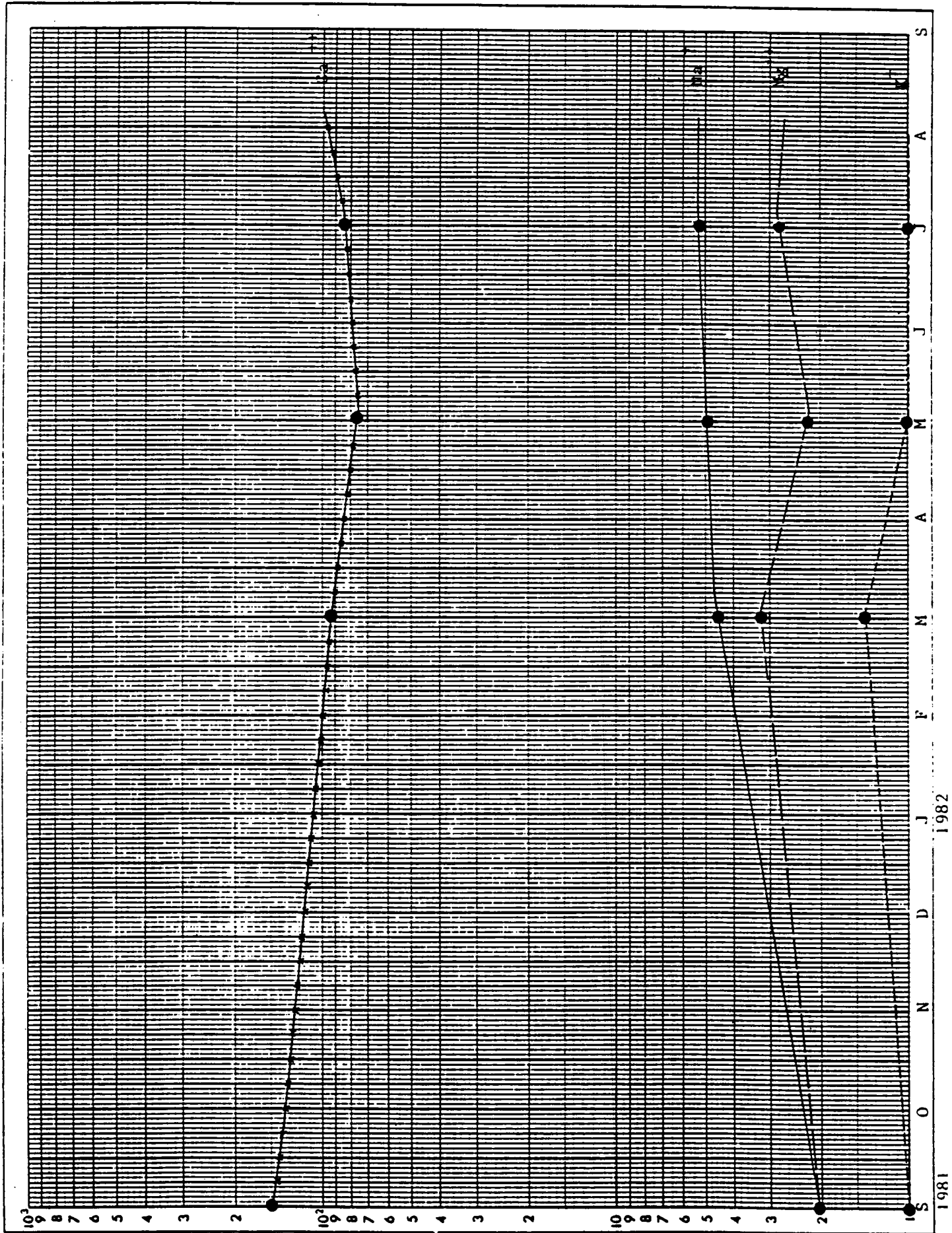


COURBE : EAU D'IRRIGATION - VILLIERS

SITE DE NOCENT S/SEINE

5 - Eau d'irrigation : VILLIERS

mg/l



Ce sont les captages de MONTEREAU et LE MERIOT qui sont les plus chargés en cations. Ils sont alimentés en grande partie par la nappe des coteaux crayeux. Par contre, les captages de NOYEN et de VILLIERS (irrigation) ont des teneurs plus faibles en cations et en nitrates.

L'alimentation par la nappe alluviale doit être, dans ce cas, plus importante, ce qui confirme la vulnérabilité de ces captages.

A titre de comparaison, sur une analyse d'eau de Seine, faite à VILLIERS, nous obtenions le 08.07.1982 les valeurs suivantes : (en mg/l)

$$K^+ = 1,7 - Ca^{++} = 84,4 - Na^+ : 6,8 - Mg^{++} = 3,4$$

Mesures de radioactivité

- Mesure α et βT

Les mesures α sont dans l'ensemble inférieures ou égales aux limites de détection, soit 111 mBq/l.

Une exception toutefois, la mesure du 08.07.1982 au captage de NOYEN où l'on obtient 699 mBq/l.

Les résultats des mesures $\beta Total$, par contre, sont liées aux teneurs en ^{40}K des échantillons. Les eaux du captage de LE MERIOT et de LA MOTTE-TILLY ont des teneurs plus élevées en potassium, ce qui explique certaines valeurs observées, les autres mesures étant ≤ 185 mBq/l.

Une seule mesure sur filtre calciné est représentative : 219 mBq/g de cendres (soit 5,5 mBq/l), il s'agit du prélèvement d'eau d'irrigation de VILLIERS, du 10.03.1982, les teneurs en M.E.S. étant de 33,6 mg/l.

- Mesures 3H

Les mesures ont été faites après enrichissement, les valeurs minimales et maximales sur l'année, obtenues par captage, sont les suivantes :

LE MERIOT	2890 - 6105	mBq/l
LA MOTTE-TILLY	2405 - 6695	mBq/l
NOYEN	4220 - 7545	mBq/l
MONTEREAU	3145 - 9210	mBq/l
VILLIERS (irrig.)	5030 - 20980	mBq/l

Les valeurs maximales sont obtenues à VILLIERS dont le captage est situé dans un méandre de la Seine.

Ces valeurs sont à comparer avec la mesure faite dans le fleuve le 08.07.1982 soit : 26970 ± 590 mBq/l.

Des mesures analogues ont été faites dans les eaux du fleuve par le Laboratoire d'Etude de Pollution des Eaux, avec les résultats suivants :

23400 mBq/l en Juillet 1981
29000 mBq/l en Novembre 1981.

Dans des études similaires précédentes, nous avons constaté que les eaux du Rhône avaient des teneurs inférieures en tritium (CREYS-MALVILLE, ST ALBAN-ST MAURICE) par contre, les valeurs étaient supérieures dans la nappe alluviale.

Cette augmentation observée dans la Seine pourrait être imputée aux retombées de la dernière explosion chinoise.

- Spectrométrie γ GeLi

Présence de quelques radionucléides naturels en particulier le ^{40}K , par contre le ^7Be n'a pas été mis en évidence.

Le seul radionucléide artificiel γ décelé est le ^{137}Cs , soit 9 mesures représentatives sur 29 : les valeurs obtenues sont comprises entre 0 et 8,1 mBq/l ; cette dernière mesure a été faite à NOYEN, le 11.09.1981.

Les teneurs en ^{90}Sr sont également inférieures aux limites de détection, soit : 3,7 mBq sauf à

NOYEN le 11.09.1981 soit 7 ± 3 mBq/l

et à

VILLIERS le 11.09.1981 soit 7 ± 3 mBq/l
 le 10.03.1982 soit $11 \pm 2,2$ mBq/l
 le 14.05.1982 soit $7 \pm 1,8$ mBq/l

Ces deux captages sont plus sensibles aux apports extérieurs (eau de pluie, eau du fleuve).

3.2 LES VEGETAUX

Les végétaux, après conditionnement, ont fait l'objet des analyses suivantes :

- détermination Ca - K
- mesure βT
- certaines mesures complémentaires en tritium sur l'eau interstitielle des végétaux
- extraction chimique et mesure du strontium 90
- rapport $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$
- spectrométrie γ GeLi.

3.2.1 Les herbages et le fourrage

(se référer aux Tableaux N° 7, 8, 9 et 10 de l'Annexe I)

Rappelons qu'il a été tenu compte, dans cette étude, du type d'alimentation du bétail, en particulier pendant les mois d'hiver (foin, ensilage, pulpe de betterave).

- Mesure β Total

Les moyennes obtenues pour chaque station sont les suivantes :

COURTAVANT	sur 6 mesures	=	768 mBq/g sec
LA SAULSOTTE	sur 7 mesures	=	762 mBq/g sec
LE MERIOT	sur 8 mesures	=	716 mBq/g sec.

Les valeurs données sont en général fonction des teneurs en potassium 40.

Prenons par exemple l'herbe de LA SAULSOTTE du 12.11.1981 : la mesure β Total est de 1215 mBq/g sec, la teneur en ^{40}K est de 1450 ± 240 mBq/g sec.

- Extraction du ^{90}Sr

Pour les trois stations, les valeurs obtenues sont les suivantes :

COURTAVANT	1,2 - 16	mBq/g sec	(6/6)	(*)
LA SAULSOTTE	0,56 - 22,9	mBq/g sec	(7/7)	
LE MERIOT	0,82 - 15,4	mBq/g sec	(7/8)	

La mesure non significative correspond à la pulpe de betterave.

La mesure la plus élevée a été obtenue à LA SAULSOTTE, le 09.07.82, dans un prélèvement d'herbe.

- Spectrométrie γ GeLi

C'est le ^{40}K qui correspond à la part la plus importante de la radioactivité totale des échantillons :

COURTAVANT	530 - 1335	mBq/g sec	(6/6)
LA SAULSOTTE	74 - 1690	mBq/g sec	(7/7)
LE MERIOT	140 - 1344	mBq/g sec	(8/8)

Le ^7Be est présent dans quelques échantillons d'herbe (LA SAULSOTTE 265 ± 65 mBq/g sec) et de luzerne.

Sa faible période (53,6 jours) ne lui permet pas de figurer dans les échantillons de foin, d'ensilage de maïs et de betterave.

(*) Nombre de mesures représentatives/Nombre de mesures réalisées.

La radioactivité d'origine artificielle est constituée, pour la plus grande part, de ^{137}Cs ainsi que par le ^{95}Nb et ^{144}Ce et accessoirement par le ^{95}Zr , ^{54}Mn et ^{106}Rh .

En ce qui concerne le ^{137}Cs les valeurs obtenues, par station, sont les suivantes :

COURTAVANT	0 - 5,5	mBq/g sec	(5/6)
LA SAULSOTTE	0 - 2,8	mBq/g sec	(4/7)
LE MERIOT	0,1 - 50,4	mBq/g sec	(4/7)

La valeur la plus élevée observée à LE MERIOT provient d'un prélèvement d'herbe d'ensilage du 11.03.1982.

Du ^{144}Ce a été décelé d'une façon significative dans :

- . l'herbe et la luzerne dans les 3 stations en Septembre 1981
- . les betteraves ensilage de LE MERIOT
- . le foin de COURTAVANT
- . l'herbe et le maïs ensilage de LA SAULSOTTE

Le ^{95}Nb est présent dans :

- . l'herbe et la luzerne de Septembre 1981.

Du ^{106}Rh est à signaler dans la luzerne de COURTAVANT. On observe que ces trois radionucléides proviennent de la première série de prélèvements.

3.2.2 Le maïs et les betteraves (se référer au tableau N° 11 de l'Annexe I)

- Mesure βT

Les valeurs obtenues pour la partie racinaire et la partie aérienne des betteraves sont sensiblement identiques (335 et 440 mBq/g sec).

Pour le maïs, c'est dans la variété destinée au fourrage où l'on observe la valeur la plus élevée (545 mBq/g sec).

- Mesure ^{90}Sr

Les feuilles de betterave ont des teneurs plus élevées ($9,8 \pm 0,9$ mBq/g sec).

Les mesures faites sur le maïs sont inférieures aux limites de détection.

- Spectrométrie γ GeLi

C'est le ^{40}K qui correspond à la part la plus importante de la radioactivité.

Il faut signaler la présence de ^7Be dans le maïs fourrage et les feuilles de betterave.

Le ^{137}Cs a été quantifié dans tous les échantillons avec une valeur atteignant $5,44 \pm 1,55$ mBq/g sec dans le maïs fourrage.

Le ^{95}Zr a été décelé dans les racines de betterave et dans le maïs fourrage.

Le ^{95}Nb ainsi que le ^{144}Ce sont présents dans les feuilles de betterave et le maïs fourrage.

Le ^{125}Sb n'a été mis en évidence que dans le maïs fourrage.

3.2.3 Les légumes

(se référer au Tableau N° 12 de l'Annexe I)

Les légumes recueillis : endives, cornichons, laitues, tomates et carottes, proviennent de VILLIERS, LE MERIOT et BRAY S/SEINE (zone maraîchère).

- Mesures β Total

Les valeurs sont comprises entre 648 et 2198 mBq/g sec.

- Extraction radiochimique du ^{90}Sr

Les teneurs représentatives sont réparties entre 2,55 et 22,8 mBq/g sec ; cette dernière valeur a été obtenue à BRAY S/SEINE dans les carottes (transfert racinaire).

- Spectrométrie γ GeLi

La radioactivité naturelle est presque exclusivement composée par le ^{40}K dont les teneurs se situent entre 768 et 5180 mBq/g sec.

Les laitues contiennent du ^7Be , le transfert foliaire étant prépondérant dans ce type de légume.

Du ^{137}Cs a été trouvé dans tous les légumes sauf les carottes, avec des valeurs comprises entre 0 et 7,92 mBq/g sec.

C'est dans les endives de VILLIERS que l'on observe les valeurs les plus importantes en ^{137}Cs .

3.3 PRODUCTION ANIMALE : LE LAIT

(se référer aux Tableaux 13 et 14 de l'Annexe I)

Lors de cette campagne, les prélèvements de lait ont été faits tous les deux mois. Après conditionnement, les prélèvements ont été soumis aux analyses suivantes :

- détermination chimique du potassium et du calcium
- détermination de l'activité βT

- mesure du tritium sur l'eau obtenue par évaporation
- extraction et mesure du ^{90}Sr et rapport $\frac{^{90}\text{Sr}}{\text{Ca}}$
- spectrométrie γ GeLi sur tous les échantillons.

- Mesures βT

Les mesures enregistrées sur l'ensemble de la campagne sont comprises entre $3,1 \cdot 10^4$ et $5,4 \cdot 10^4$ mBq/l et varient selon les teneurs en ^{40}K des échantillons.

Les moyennes obtenues par station sont :

- COURTAVANT	$4,53 \cdot 10^4$	mBq/l
- LA SAULSOTTE	$5,08 \cdot 10^4$	mBq/l
- LE MERIOT	$3,56 \cdot 10^4$	mBq/l

- Mesures ^3H

Les mesures sont inférieures ou égales aux limites de détection, soit 11 Bq/l.

- Mesures radiochimique du ^{90}Sr

Par station, on obtient :

- COURTAVANT	58 - 195	mBq/l	(6/6)
- LA SAULSOTTE	54,4 - 129	mBq/l	(3/6)
- LE MERIOT	36,3 - 157	mBq/l	(5/6)

- Spectrométrie γ GeLi

Pratiquement, seul le ^{40}K a été décelé dans le cadre de la radioactivité d'origine naturelle avec des valeurs comprises, pour l'ensemble de la campagne entre $2,5 \cdot 10^4$ et $6,90 \cdot 10^4$ mBq/l.

La radioactivité d'origine artificielle n'est composée que de ^{137}Cs ; les mesures significatives sont les suivantes :

- COURTAVANT	7 - 203	mBq/l	(6/6)
- LA SAULSOTTE	1 - 189	mBq/l	(5/6)
- LE MERIOT	7 - 140	mBq/l	(3/6)

La valeur maximum a été obtenue à COURTAVANT le 13.11.1981.

Les transferts n'ont pas eu lieu pour les autres radionucléides signalés dans le fourrage et les herbages.

3.4 LES PRODUITS TRANSFORMES

(se référer au Tableau 15 de l'Annexe I)

Après conditionnement, les échantillons de fromage (Brie) et de malt ont fait l'objet des analyses suivantes :

- détermination chimique du potassium et du calcium
- mesure βT
- extraction radiochimique et mesure du ^{90}Sr
- mesure spectrométrique γ GeLi.

Les deux prélèvements de sucre fin ont été mesurés directement en spectrométrie γ GeLi dans une géométrie de 350 cc.

- Mesure radiochimique du ^{90}Sr

Pour le fromage et le malt, les mesures sont inférieures aux limites de détection.

- Spectrométrie γ GeLi

. Le ^{40}K constitue l'essentiel de l'activité d'origine naturelle du fromage ; on trouve du radium dans le malt.

- Le ^{137}Cs est à signaler :
 - dans le fromage (56 $\pm$ 49 mBq/Kg frais)
 - dans le malt (3,6 $\pm$ 1,35 mBq/g sec)
 - dans le sucre (1,2 $\pm$ 0,7 mBq/g).

3.5 LES SOLS

(se référer au Tableau n° 16 de l'Annexe I)

Les analyses suivantes ont été réalisées sur les sols cultivés prélevés sur une profondeur de 20 à 25 cm environ (la migration des radionucléides artificiels n'excédant guère cette profondeur).

- détermination de la densité de l'échantillon
- éléments totaux
- granulométrie
- extraction et mesure du ^{90}Sr + ^{90}Y
- mesure spectrométrique γ GeLi.

Six sols ont été retenus dans certaines zones de prélèvements.

Il s'agit de :

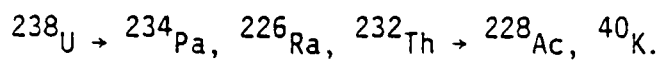
Deux sols de	LE MERIOT	argilo-limoneux
pâturage	COURTAVANT	sablo-limoneux
Deux sols de	ATHIS	argilo-limoneux
grande culture	VILLIERS	argilo-sableux
Deux sols	VILLIERS	argilo-limoneux
maraîchers	BRAY S/SEINE	argilo-limoneux

- Mesure radiochimique ^{90}Sr + ^{90}Y

Les mesures varient entre 3,78 et 11 Bq/Kg, cette dernière mesure a été obtenue dans le sol de pâturage de LE MERIOT.

- Spectrométrie γ GeLi

La plupart des radionucléides d'origine naturelle ont été mis en évidence :



Le ^{137}Cs est présent dans tous les échantillons avec des teneurs qui sont comprises entre :

0,6 et 21,0 Bq/Kg

La mesure la plus importante a été obtenue dans le sol de pâturage de LE MERIOT qui a une teneur très élevée en argile (33 %).

A signaler la présence de ^{95}Nb dans le sol de maïs irrigué de VILLIERS.

SOL DE PATURAGE (TABLEAU)
COURTAVANT

ANALYSE DE SOL

SITE DE NOGLHI S/SEINE

1 - ANALYSE TOTALE

LIEU DE PRELEVEMENT	pH	Perte au feu %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	BaO %	Total %	Matières Organiques %	Ca échangeable meq/100 g	Capac. tot. d'échange meq/100 g
COURTAVANT Sol Pâturage	8,0	27,90	37,22	3,59	2,10	27,65	0,44	0,62	0,16	0,054	99,73	4,73	52,41	26,4

2 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE (%)

Argile < 0,002 mm	Limons fins 0,002 mm	Limons grossiers 0,02 mm	Sables fins 0,05 mm	Sables grossiers 0,2 mm
22	14	13	11	37

SOL DE PATURAGE (TABLEAU)
LE MERIOT

ANALYSE DE SOL

SITE DE NOGENT S/SOIRE

- ANALYSE TOTALE

LIEU DE PRELEVEMENT	pH	Perte au feu %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	BaO %	Total %	Matières Organiques %	Ca échangeable meq/100 g	Capac. tot. d'échange meq/100 g
LE MERIOT Sol pâturage	8,2	36	22,71	6,59	2,43	29,82	0,52	0,8	0,16	0,018	99,04	2,27	57,8	23

SO₄ (PPM) = 17

- ANALYSE GRANULOMETRIQUE (%)

Argille < 0,002 mm	Limons fins 0,002 mm	Limons grossiers 0,02 mm	Sables fins 0,05 mm	Sables grossiers 0,2 mm
33	30	31	3	2

SOL DE GRANDE CULTURE (TABLEAU)

ATHIS

SITE DE ROCHENT S/S LINE

ANALYSE DE SOL

1 - ANALYSE TOTALE

LIEU DE PRELEVEMENT	pH	Perte au feu %	SiO ₂ %	Al ²⁺³ %	Fe ²⁺³ %	CaO %	MgO %	K ²⁺ %	Na ²⁺ %	BaO %	Total %	Matières Organiques %	Ca échangeable meq/100 g	Capac. tot. d'échange meq/100 g
ATHIS Sol gde culture (rive gauche) Belleraves	7,0	30,7	32,14	7,0		20,2	0,86	0,81	0,14	0,016	91,86	4,02	82,49	27,44

SO₄ (PPM) = 19

2 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE (%)

Argile < 0,002 mm	Limons fins 0,002 mm	Limons grossiers 0,02 mm	Sables fins 0,05 mm	Sables grossiers 0,2 mm
34	20	23	11	12

SOL DE GRANDE CULTURE (TABLEAU)

VILLIERS

ANALYSE DE SOL

SITE DE HOGLNI S/SLINE

1 - ANALYSE TOTALE

LIEU DE PRELEVEMENT	pH	Perte au feu %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	BaO %	Total %	Matières Organiques %	Ca échangeable meq/100 g	Capac. tot. d'échange meq/100 g
VILLIERS Sol gde culture (rive droite) Maïs	7,7	40,05	21,78	2,77		27,7	0,48	0,49	0,16	0,0026	93,4	3,06	70,83	13,07

SO₄ (PPM) = 6,2

2 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE (%)

Argile < 0,002 mm	Limons fins 0,002 mm	Limons grossiers 0,02 mm	Sables fins 0,05 mm	Sables grossiers 0,2 mm
23	24	18	12	20

SOL MARAICHER (TABLEAU)

VILLIERS

SITE DE NOGENT S/SEINE

ANALYSE DE SOL

1 - ANALYSE TOTALE

LIEU DE PRELEVEMENT	pH	Perte au feu %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	BaO %	Total %	Matières Organiques %	Ca échangeable meq/100 g	Capac. tot. d'échange meq/100 g
VILLIERS Sol Maraîcher Endives	7,8	39	26	6,58	2,39	23,69	0,49	0,65	0,17	0,02	98,99	8,8	69,2	42,8

SO₄ (PPM) = 28

2 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE (%)

Argile < 0,002 mm	Limons fins 0,002 mm	Limons grossiers 0,02 mm	Sables fins 0,05 mm	Sables grossiers 0,2 mm
29	22	26	8	14

SOL MARAICHER (TABLEAU)

BRAY S/SEINE

SITE DE NOGENT S/SEINE

ANALYSE DE SOL

- ANALYSE TOTALE

LIEU DE PRELEVEMENT	pH	Perte au feu %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	BaO %	Total %	Matières Organiques %	Ca échangeable meq/100 g	Capac. tot. d'échange meq/100 g
BRAY SUR SEINE Sol Maraîcher	7,7	31,24	31,82	2,66	1,29	31,08	0,28	0,59	0,19	0,079	99,22	5,93	47,35	18,52

SO₄ (PPM) = 26

- ANALYSE GRANULOMETRIQUE (%)

Argile < 0,002 mm	Limons fins 0,002 mm	Limons grossiers 0,02 mm	Sables fins 0,05 mm	Sables grossiers 0,2 mm
16	25	15	15	21

CHAPITRE IV

CONCLUSIONS

CONCLUSIONS :

Les conclusions qui suivent peuvent être tirées de l'étude faite durant un an dans les écosystèmes terrestres des environs du site de NOGENT S/SEINE.

- la majeure partie de la radioactivité décelée est d'origine naturelle et due, en particulier, au potassium 40.

- les trois stations de pluviométrie ont accusé de légères hausses de la mesure β Total en Juillet et Août 1982. Ces hausses proviennent du reliquat des retombées du dernier tir aérien d'Extrême-Orient du 16 Octobre 1980.

- les radionucléides artificiels décelés dans les divers compartiments du domaine terrestre, plus particulièrement dans les végétaux :

^{137}Cs , ^{95}Nb , ^{144}Ce , ^{95}Zr , ^{54}Mn , ^{106}Rh et ^{90}Sr ,

sont dus au transfert des retombées aériennes citées plus haut.

- les analyses chimiques, spectrométriques et mesures du tritium dans les eaux de nappe, ont pu mettre en évidence la vulnérabilité de certains captages aux transferts dus aux eaux du fleuve et aux retombées aériennes.

Parmi ces captages, on peut citer ceux de NOYEN (A.E.P) et VILLIERS (irrigation).

Les résultats obtenus lors de cette étude pourront être pris en compte avant la mise en service de la centrale.

-53-

POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE
DU SITE DE NOGENT

DESTINATAIRES DU RAPPORT

OCTOBRE 1983

Numéros 1 à 7	E.D.F./R.E.P.	M. LEPEZANT
Numéro 8	E.D.F./S.E.I.	Mme BOURDEAU
Numéro 9	C.E.A./I.P.S.N.	M. TANGUY
Numéro 10	C.E.A./I.P.S.N.	Dr JAMMET
Numéro 11	C.E.A./D.E.R.S.	M. BAILLY
Numéro 12	C.E.A./D.E.R.S./S.E.R.E	M. GRAUBY
Numéro 13	C.E.A./D.E.R.S./S.E.R.E.	M. DELMAS
Numéro 14	C.E.A./D.E.R.S./S.E.R.E./L.T.A.	M. CAPUT
Numéro 15	C.E.A./D.E.R.S./S.E.R.E./L.R.M.	M. GUEGUENIAT
Numéro 16	C.E.A./D.E.R.S./S.E.R.E./L.P.E.	M. PICAT
Numéro 17	C.E.A./D.E.R.S./S.E.R.E./L.R.A.	M. HUGON
Numéro 18	C.E.A./D.E.R.S./S.E.R.E./L.R.A.	M. OTTAVI
Numéros 19 à 20	ARCHIVES L.R.A.	

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
DEPARTEMENT D'ETUDE ET DE RECHERCHE EN SECURITE
SERVICE D'ETUDES ET DE RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT

EXEMPLAIRE
DEFINITIF

**POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DU
SITE DE NOGENT S/SEINE
ECOSYSTEMES TERRESTRES**

LABORATOIRE DE RADIOECOLOGIE APPLIQUEE

**Etude faite à la demande
d'Electricité de France
Région d'Equiperment de Paris
Contrat n° VEN 1752-03**

**Annexes
I et II**

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

DÉPARTEMENT D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES EN SÉCURITÉ

Service d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement



POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE

DU SITE DE NOGENT-SUR-SEINE

ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES

L. OTTAVI - R. DISDIER - S. MARCHAND - D. CARRERE

ANNEXES I ET II

LABORATOIRE DE RADIOECOLOGIE APPLIQUEE

Etude faite à la demande d'Electricité de France

Région d'Equipement de PARIS

Contrat n° VEN 1752-03

C.E.N. CADARACHE - B.P. N° 1 - SAINT PAUL LEZ DURANCE

OCTOBRE 1983

ANNEXE I

I

METHODES D'ANALYSES

DETERMINATION DE LA RADIOACTIVITE DES EAUX NATURELLES

20 litres du prélèvement sont additionnés de 1 ml par litre de HNO_3 pour limiter la fixation sur les parois. Ils sont ensuite filtrés sur filtre millipore de 0.45μ .

Radioactivité α et β des eaux de sources, nappes, rivières

Sur le reliquat du prélèvement initial :

a) Eau brute :

Mesurer 200 ml à l'éprouvette. Evaporer en cristalliseur de 400 - 500 ml en étuve ou sur plaque chauffante à $60 - 70^\circ \text{C}$.

Arrêter l'évaporation lorsqu'il reste 5 à 10 ml ; reprendre par quelques ml de HNO_3 . N/20.

Transférer le contenu du cristalliseur dans une capsule en acier inoxydable.

Renouveler deux fois l'opération de rinçage ; faire sécher en étuve.

Comptage sur compteur NU-15 Intertechnique durant 120 minutes, 7 jours après le prélèvement pour permettre la décroissance des produits de filiation à vie courte tels le Radon et le Thoron.

b) Eau filtrée :

Mesurer 200 ml à l'éprouvette ; filtrer sur filtre millipore de 0.45μ .

Evaporer comme ci-dessus.

Comptage au bout de 7 jours sur compteur NU-15 Inter technique durant 120 minutes.

La différence du comptage entre l'eau brute et l'eau filtrée donne l'activité volumique des matières en suspension.

c) Matières en suspension (M.E.S.) :

Le résidu de la filtration de 20 l d'eau sur filtre millipore de 0.45 μ est pesé et incinéré à 450° C durant 12 H.

La cendre obtenue est ensuite repesée et soumise au comptage β (idem eau brute).

On obtient l'activité massique des matières en suspension.

Radioactivité β total des eaux de pluie

L'évaluation de l'activité s'effectue après évaporation.

Une mesure d'activité est faite sur le résidu de 200 ml du prélèvement comme ci-dessus. Une autre mesure est réalisée dans les mêmes conditions après filtration.

Comptage sur compteur NU-15 7 jours après le prélèvement durant 120 minutes.

La comparaison des deux résultats fournit l'évaluation de l'activité des fractions "soluble." et "insoluble".

Radioactivité γ des eaux de pluie, nappes, sources, rivières

Evaporer les 20 litres d'eau prélevée et filtrée ; réduire le volume initial à 500 ml.

Une fraction de 250 ml sera utilisée pour le dosage du ^{90}Sr .

La seconde fraction sera concentrée jusqu'à 15 ml ; c'est celle-ci qui est utilisée pour le comptage γ .

Pour l'eau de pluie, le volume initial qui est fonction de la pluviométrie, est directement concentré à 15 ml.

Comptage dans flacon plastique de 125 ml en spectrométrie NaI ou Ge-Li.

Radioactivité ^3H des eaux de pluie, sources, rivières

10 ml sont prélevés sur un échantillon de 600 ml après distillation à l'évaporateur rotatif.

Ces 10 ml sont mélangés à 10 ml de liquide scintillant "Insta-Gel" en tubes plastiques.

Comptage durant 100 minutes en compteur à scintillation liquide Packard 3255.

Radioactivité ^3H des eaux de nappe et d'irrigation par enrichissement électrolytique

Le dosage du tritium est effectué par la méthode de scintillation liquide avec enrichissement électrolytique préalable. L'opération a pour but de concentrer en tritium l'échantillon d'eau à analyser, le résidu du bac d'électrolyse étant en effet plus riche en éléments lourds (deutérium, tritium) que l'échantillon initial.

L'enrichissement est voisin de 10. La quantité d'eau nécessaire est de 250 ml.

Dans ces conditions le seuil de détection de la méthode se situe au niveau de 3 unités tritium soit 360 mBq par litre.

L'appareil utilisé pour le comptage est du type "Packard-Tricarb 3301". La solution scintillante est composée de 10 ml d'eau mélangée à 10 ml d'Insta-Gel.

Le temps de comptage est fixé à 300 minutes par échantillon.

Dosage du Strontium 90 dans les eaux naturelles

Après filtration au millipore de 0.45 μ les eaux sont concentrées par évaporation de 20 l à 500 ml. On utilise 250 ml pour le dosage du ^{90}Sr .

La méthode utilisée est identique à celle que nous exposons plus loin pour les végétaux.

DETERMINATION DE LA RADIOACTIVITE DES VEGETAUX

Radioactivité β total

Tarer un creuset de silice, le remplir d'un poids connu de végétaux et porter l'étuve à 80 - 100° C durant environ 24 H.

Peser le creuset avec les végétaux secs ; en déduire leur poids.

Incinérer au four à moufle à 520° C jusqu'à obtention d'une cendre gris clair.

Tarer une capsule en acier inoxydable ; y déposer une quantité de cendres de l'ordre de 1 g. Fixer celles-ci avec une solution d'acétate de cellulose.

Attendre 7 jours entre les dates de prélèvement et de comptage que l'on effectue sur NU-15 Intertechnique (120 minutes).

Radioactivité γ

Disposer les cendres dans une boîte de comptage en plastique "crystal" de 20 cm³.

Comptage NaI ou Ge-Li durant un temps moyen de 1000 minutes.

La connaissance du rapport $\frac{\text{poids de cendre}}{\text{poids sec}}$ nous permet de donner l'activité en gramme-sec.

Radioactivité ^3H

Les végétaux lavés et séchés sont distillés en évaporateur rotatif. 10 ml de l'eau intersticielle recueillie sont mélangés à 10 ml de liquide scintillant "Insta-Gel".

Comptage durant 100 minutes sur compteur Packard 3255 à scintillation liquide.

Dosage du Strontium 90 dans les végétaux

Les végétaux sont réduits en cendres à 580° C.

Le dosage s'effectue par double précipitation des hydroxydes :

Après purification de l'oxalate par précipitation des terres rares sous forme d'hydroxydes et stockage de la solution purifiée, une nouvelle précipitation d'hydroxydes entraîne ^{90}Y renouvellement formé à partir de ^{90}Sr .

L'étude de la décroissance radioactive de ce nouveau précipité permet de déterminer la teneur en ^{90}Y et d'en déduire celle en ^{90}Sr . Les diverses précipitations effectuées selon la technique décrite dans le rapport C.E.A. N° 2339 (1) sont sûres et éprouvées.

Les faibles niveaux d'activité que l'on rencontre en général restent la cause principale d'imprécision.

(1) COULON R. - "JEANMAIRE L. - MICHON G. (1963)
"Méthodes d'étude de la contamination radioactive des végétaux"
Rapport C.E.A. 2339.

DETERMINATION DE LA RADIOACTIVITE DU LAIT, DU VIN, DES PRODUITS
TRANSFORMES

Lait : Radioactivité ^3H

Ajouter une goutte de liquide antimousse par litre de lait.

Extraction sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif. L'opération est poussée jusqu'à obtention d'un résidu solide.

Le liquide obtenu est conditionné et compté comme précédemment sur compteur à scintillation liquide PACKARD 3255.

Lait : Radioactivité β total

Le comptage au compteur NU-15 s'effectue sur 1 g de cendre provenant de l'incinération à 520° C du résidu ci-dessus.

Comptage durant 120 minutes 7 jours après le prélèvement.

Lait : Radioactivité γ

La spectrométrie NaI ou Ge-Li sur les cendres de lait, s'effectue suivant le même schéma que pour les végétaux.

Lait : Dosage du Strontium 90

Dessiccation en capsule-porcelaine de 2 litres de lait sur bain de sable puis réduction en cendres à 700° C au four à moufle.

On utilise 5 g de cendres pour le dosage du ^{90}Sr qui s'effectue par extraction de ^{90}Y dans le tributylphosphate (1).

(1) BALLADA J. - JEANMAIRE L. (1968)

"Dosage du ^{90}Sr dans les cendres de lait"

Rapport C.E.A. - R - 3653.

DETERMINATION DE LA RADIOACTIVITE DES TERRES ET DES BOUES DE DECANTATION

Radioactivité β total

Faire sécher la terre en étuve à 60° C.

Broyer aussi finement que possible au mortier ou au broyeur à couteaux.

Tamiser et stocker dans des boîtes vernies intérieurement.

La terre sèche est alors traitée en vue du comptage, par solubilisation fluoronitrique qui entraîne la volatilisation de la silice :

1 g de sol + 5 ml HNO₃ concentré + 15 ml acide fluorhydrique concentré.

Cette attaque se fait sur bain de sable en bécher téflon jusqu'à siccité. Reprendre avec 1 ml HNO₃.N ; il ne doit rester aucune particule de silice (floculat blanc) sinon reprendre avec acide fluorhydrique.

Déposer sur capsule en acier inoxydable. Sécher à l'air libre et compter sur NU-15 7 jours après le prélèvement (120 minutes).

Radioactivité γ

Les spectrométries NaI ou Ge-Li s'effectuent sur 350 cm³ de terre tamisée disposée en pots vissants en plastique "crystal" durant un laps de temps moyen de 1000 minutes.

Dosage du Strontium 90 dans les terres

Suivant la méthode exposée dans le volume "H.A.S.L. 300 E.M.L. procédure manual" technique N° E Sr 01.16 (1).

Ce procédé est utilisé par le Laboratoire de Radiotoxicologie du D.Pr.

(1) Edited by John H. HARDLEY environmental measurement laboratory ;
U.S. Department of Energy. 376 Hudson Street New York 1.00.14.

II

DESCRIPTION DES APPAREILS

DE DETECTION γ Ge Li

2 - MESURE TRITIUM

3 - POTASSIUM

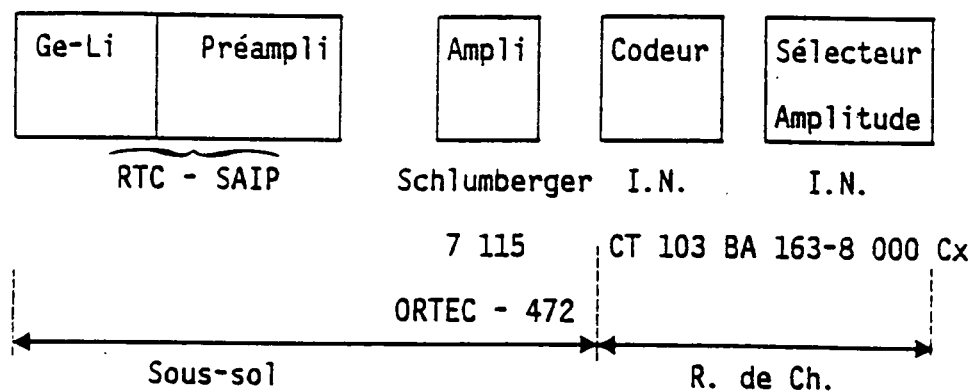
<u>COMPTEUR S.C.P.R.I.</u>	<u>COMPTEUR C.E.A.</u>
SL 300 INTERTECHNIQUE	PACKARD 3255 (scintillation liquide)
Seuil de détection :	Seuil de détection :
< 400 pCi/l	≤ 11.100 mBq/l
< 14.800 mBq/l	
<u>APPAREIL S.C.P.R.I.</u>	<u>APPAREIL C.E.A.</u>
PHOTOMETRE "EPPENDORFF"	PHOTOMETRE "EPPENDORFF"
Seuil de détection :	Seuil de détection :
0,5 mg	< 0,5 mg

Le laboratoire de Radiométrie d'ORSAY lequel dépend du Département de Protection du C.E.A. qui est spécialisé sur les mesures en spectrométrie Ge-Li, a été choisi en tant que laboratoire de référence.

A - Caractéristiques générales

Les détecteurs jonction utilisés sont installés dans une chambre blindée (10 cm Pb - Faible activité + 5 mm de cuivre électrolytique). Cette chambre, située en sous-sol (- 7 m) est protégée par une dalle de béton de 2,5 mètres d'épaisseur.

La chaîne de mesure type peut être décrite par le schéma ci-dessous :



Détecteurs : volume 30 cm³ - résolution 2 keV à 1 MeV.

L'ensemble de la chaîne de mesure est climatisée à 2° C.

Les spectrogrammes couvrent une plage d'énergie comprise entre 0,060 et 3 MeV et sont obtenus avec un échantillonnage de 0,5 KeV/canal.

Le dépouillement des spectrogrammes est effectué à l'aide d'un ordinateur PHILIPS PR 8 000 qui utilise un programme original Philpott (Biblio - Réf. 2 et 3).

Le traitement recouvre l'ensemble des opérations suivantes :

- Identification des pics photo-électriques : présence et énergies,
- Calcul des intensités des pics,
- Calcul des activités des nucléides présents,
- Evaluation des erreurs sur chaque résultat.

B - Performances

a) - Limite de détection

La limite de détection est une grandeur toujours difficile à évaluer avec certitude. Elle est liée en particulier à la fluctuation statistique du fond continu du spectre, donc à l'activité globale de l'échantillon, et au temps de mesure.

En outre, le bon isolement de la raie photo-électrique concernée a une influence certaine sur cette limite de détection.

Compte tenu de ces remarques, nous admettons que le pic photo-électrique aura une signification physique lorsque ce dernier "émergera" d'une quantité au moins égale à l'amplitude de la fluctuation du fond environnant.

Il y aura donc autant de limites de détection qu'il y aura de nucléides dosés, et pour simplifier on donnera celles-ci pour un temps de mesure de l'ordre de 1 000 minutes, les activités des différents échantillons étant supposées du même ordre de grandeur.

On distingue deux cas :

1° - Nucléides appartenant au bruit de fond (BdF) ou à la contamination du détecteur. On admet dans ce cas, que la limite de détection (LdD) est égale à la valeur du B.D.F. ou de la contamination.

	^{40}K	^{137}Cs	^{60}Co	^{238}U			^{235}U	^{232}Th
				^{234}Th	^{234}Pa	^{226}Ra		^{228}Ac
limite de détection en (pCi) par échantillon	150	3	7	300	300	100	15	10

2° - Nucléides n'appartenant pas au B.D.F.

Pour ces nucléides la L.D.D. est évaluée conformément aux remarques précédentes, étant entendu que ces valeurs ne sont valables qu'au jour de la mesure.

	^{51}Cr	^{134}Cs	^{131}I	^{140}La	^{54}Mn	^{121}Sb	^{95}Zr	^{65}Zr
limite de détection en pCi par échantillon	50	5	5	6	12	5	8	10

b) - Précision des résultats

La fluctuation statistique qui entâche la valeur de l'activité est donnée par $\frac{2\sqrt{N}}{N}$, où N est le nombre de désintégrations recueillies par le détecteur, et définissant le pic photo-électrique.

Le rendement du détecteur et les probabilités de désintégration pour chaque nucléide sont connus respectivement à $\pm 3 \%$ et 1% .

La pesée des échantillons est effectuée avec une précision de 2.10^{-3} donc négligeable devant les autres erreurs.

III

TABLEAUX DE MESURE

METHODE DE PRESENTATION DES RESULTATS RADIOACTIFS

Les activités mesurées sur les échantillons soumis à analyse, peuvent être exprimées de quatre façons différentes dont la signification respective est la suivante :

- | | | |
|-----------|---|---|
| $A \pm a$ | : | dans les conditions de la mesure, l'activité de l'échantillon mesuré pour le radionucléide considéré, a 95 % de chances d'être comprise entre $A + a$ et $A - a$. |
| $\leq A$ | : | dans les conditions de la mesure, le radionucléide considéré n'a pu être dosé ; son niveau d'activité est estimé inférieur ou égal à A, mais il n'est pas possible d'être affirmatif quant à la présence du nucléide. |
| — | : | le radionucléide considéré n'a pu être dosé ; on ne sait pas évaluer son seuil minimum d'activité et on n'affirme rien quant à sa présence possible. |
| | : | case blanche : dosage non effectué. |

Tous les résultats pour les radionucléides identifiés sont exprimés en mBq/g de produit incinéré, sec ou frais, sauf en règle générale pour les liquides (eaux, lait) où les résultats sont donnés en mBq/l.

Les activités α et β totales sont exprimées en mBq/l ou mBq/g (α équivalent ^{239}Pu et β équivalent $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$).

Les dosages sont tous effectués par spectrométrie γ Ge-Li sauf pour le strontium 90 dosé par radiochimie et le tritium dosé par scintillation liquide.

NOTA :

- 1/ Pour ^{238}U et ^{232}Th : les émissions gamma de ^{238}U et ^{232}Th étant difficilement utilisables en spectrométrie γ Ge-Li ou NaI, l'activité de ces deux nucléides est estimée grâce à leurs descendants respectifs ^{234}Th et ^{234}Pa d'une part et ^{228}Ac d'autre part. Les activités sont rapportées au nucléide père (ou tête de groupe).
- 2/ Le dosage du ^{226}Ra s'effectue en utilisant la raie composite à 186 Kev (186,17 Kev du ^{226}Ra et 185,76 de l' ^{235}U) après déduction de la contribution de l' ^{235}U .
- 3/ Pour évaluer l'expression $\frac{^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}}{2}$ on multipliera par 2 la valeur indiquée dans les tableaux qui correspond au seul ^{106}Rh émetteur γ .
- 4/ Pour évaluer l'expression $\frac{^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}}{2}$, on multipliera par 2 la valeur indiquée dans les tableaux qui correspond au seul ^{144}Ce émetteur γ .

TABLEAUX 1 À 19

TABLEAU N° 1

REFERENCE DU PRELEVEMENT				RADIOACTIVITE TOTALE en mBq/l						T_H	SPECTROMETRIE γ GEL millibecquerels/litre (mBq/l)														
LIEU	DATE	PLUVIO METRIE mm	pH	EAU BRUTE		RESIDU DE FILTRATION		EAU FILTREE		T_H mBq/l	CONDITIONS DE MESURE		RADIOACTIVITE NATURELLE						RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE				^{141}Ce	^{144}Ce	
				α	β	α	β	α	β		DUREE min	VOLUME MEASURE	$^{238}U - ^{234}Th$	^{226}Ra	$^{232}Th - ^{228}Ac$	^{40}K	7Be	^{137}Cs	^{95}Zr	^{95}Nb	^{103}Ru				
COURMAYEUR LA SAUSSETTE LE MERLOT	du 09.09.01 au 09.10.01	103,6 92,4 111,5	6,62 6,09 6,54	≤ 111 ≤ 111 ≤ 111	≤ 185 ≤ 185 ≤ 185			≤ 111 ≤ 111 ≤ 111	≤ 185 ≤ 185 ≤ 185	$\leq 1,1.10^6$ $\leq 1,1.10^6$ $\leq 1,1.10^6$	1348 1355 1355	14 ml 14 ml 14 ml	- - -	- - -	- - -	- - -	410 $\pm$ 110 540 $\pm$ 160 750 $\pm$ 150	≤ 6 7 $\pm$ 4 5 $\pm$ 3	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	≤ 16 ≤ 28 12 $\pm$ 3	
	COURMAYEUR LA SAUSSETTE LE MERLOT	du 09.10.01 au 13.11.01	87,6 103,6 71,7	6,63 6,62 7,04	≤ 111 ≤ 111 ≤ 111	≤ 185 ≤ 185 ≤ 185			≤ 111 ≤ 111 ≤ 111	≤ 185 ≤ 185 ≤ 185	$\leq 1,1.10^6$ $\leq 1,1.10^6$ $\leq 1,1.10^6$	1355 1355 1284	14 ml 14 ml 14 ml	- - -	- - -	- - -	- - -	820 $\pm$ 130 520 $\pm$ 100 520 $\pm$ 100	7 $\pm$ 4 6 $\pm$ 3 6 $\pm$ 3	- - -	- - -	- - -	- - -	≤ 10 ≤ 10 ≤ 10	
		COURMAYEUR LA SAUSSETTE LE MERLOT	du 13.11.01 au 12.12.01	76,5 70,8 74,9	5,95 5,66 5,69	≤ 111 ≤ 111 ≤ 111	≤ 185 ≤ 185 ≤ 185			≤ 111 ≤ 111 ≤ 111	≤ 185 ≤ 185 ≤ 185	$\leq 1,1.10^6$ $\leq 1,1.10^6$ $\leq 1,1.10^6$	1250 1348 1300	14 ml 14 ml 14 ml	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
COURMAYEUR LA SAUSSETTE LE MERLOT	du 12.12.01 au 13.01.02												DUE AUX INONDATIONS												
										$\leq 1,1.10^6$	1355	14 ml	-	-	-	-	-	460 $\pm$ 75	-	-	-	-	-	-	-
										$\leq 1,1.10^6$	1280	14 ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Les mesures "g total" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

TABLEAU n° 2

REFERENCE DU PRELEVEMENT				RADIOACTIVITE TOTALE en mBq/l				^3H mBq/l		SPECTROMETRIE γ GEL millibecquerel/litre (mBq/l)									
LIEU	DATE	PLUVIO METRIE mm	EAU BRUTE m	RESIDU DE FILTRATION		EAU FILTREE				RADIOACTIVITE NATURELLE						RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE			
				α	β	α	β			$^{238}\text{U} - ^{234}\text{Pa}$	^{226}Ra	$^{232}\text{Th} - ^{228}\text{Ac}$	^{40}K	^7Be	^{137}Cs	^{90}Sr	^{95}Zr	^{103}Ru	^{144}Ce
COURTAVANT LA SAULSOTIE LE MERLOT	du 13.01.82	11,6	5,59	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105	\$ 1,1.10 ⁴	\$ 1,1.10 ⁴	L U	M	E	M	S	U	F	F	S	A
	au	32,0	6,26	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105			L U	M	E	M	S	U	F	F	S	A
	12.02.82	37,9	5,70	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105			-	-	-	-	0,5 $\pm$ 0,1	7 $\pm$ 5	-	-	-	-
COURTAVANT LA SAULSOTIE LE MERLOT	du 12.02.82	10,4	6,60	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105	\$ 1,1.10 ⁴	\$ 1,1.10 ⁴	L U	M	E	M	S	U	F	F	S	A
	au	28,0	6,60	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105			L U	M	E	M	S	U	F	F	S	A
	10.03.82	20,0	5,89	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105			L U	M	E	M	S	U	F	F	S	A
COURTAVANT LA SAULSOTIE LE MERLOT	du 10.03.82	73,3	5,50	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105	\$ 1,1.10 ⁴	\$ 1,1.10 ⁴	-	-	-	-	5 $\pm$ 4	-	-	-	-	-
	au	71,7	6,16	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	09.04.82	73,5	5,83	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105			-	-	-	-	890 $\pm$ 130	-	-	-	-	-
COURTAVANT LA SAULSOTIE LE MERLOT	du 09.04.82	19,2	5,86	\$ 111	240	\$ 111	\$ 105	\$ 1,1.10 ⁴	\$ 1,1.10 ⁴	L U	M	E	M	S	U	F	F	S	A
	au	16,7	5,83	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105			L U	M	E	M	S	U	F	F	S	A
	11.05.82	21,5	5,90	\$ 111	\$ 105	\$ 111	\$ 105			L U	M	E	M	S	U	F	F	S	A

Les mesures "B totales" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

REFERENCE DU PRELEVEMENT				RADIOACTIVITE TOTALE en mBq/l						3_H mBq/l	SPECTROMETRIE γ Co-113 mBq/l/litre (mBq/l)																			
LIEU	DATE	PLUVIO mm	pH	EAU BRUTE		RESIDU DE FILTRATION		EAU FILTREE			CONDITIONS DE MESURE		RADIOACTIVITE NATURELLE						RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE											
				α	β	α	β	α	β		238U - 234Pa	226Ra	232Th - 228Ac	40K	T _{Bo}	137Cs	95Zr	95Nb	103Ru	141Ce	144Ce									
COURTAVANT LA SAUSSETTE LE MERLOT	du 11.05.82	61,3	5,36	≤ 111	≤ 185			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	1360	14 ml	-	-	-	-	-	-	2140 $\pm$ 200	0,5 $\pm$ 1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	au	46,2	4,03	≤ 111	330			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	1366	14 ml	-	-	-	-	-	-	1790 $\pm$ 200	4 $\pm$ 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11.06.82	50,7	7,0	≤ 111	≤ 185			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	1372	14 ml	-	-	-	-	-	-	780 $\pm$ 100	2 $\pm$ 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
COURTAVANT LA SAUSSETTE LE MERLOT	du 11.06.82	130,7	5,85	≤ 111	≤ 185			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	1363	14 ml	-	-	-	-	-	-	3600 $\pm$ 300	11 $\pm$ 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	au	140,2	5,70	≤ 111	≤ 185			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	1369	14 ml	-	-	-	-	-	-	1170 $\pm$ 100	4 $\pm$ 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	07.07.82	82,2	6,53	≤ 111	≤ 185			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	1348	14 ml	-	-	-	-	-	-	1120 $\pm$ 110	5 $\pm$ 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COURTAVANT LA SAUSSETTE LE MERLOT	du 07.07.82	30,3	4,9	≤ 111	500		245	≤ 111	255	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	V	O	L U	M	E	M	S	E	M	U	F	F	I	S	A	M	T	-	-	-
	au	33,8	3,91	≤ 111	220			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	V	O	L U	M	E	M	S	E	M	U	F	F	I	S	A	M	T	-	-	-
	29.07.82	51,5	6,4	≤ 111	350		95	≤ 111	255	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	813	14 ml	-	-	50 $\pm$ 30	-	-	-	1110 $\pm$ 150	10 $\pm$ 8	-	-	-	-	A	M	T	-	-	-
COURTAVANT LA SAUSSETTE LE MERLOT	du 29.07.82	12,7	6,25	≤ 111	800			≤ 111	800	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	V	O	L U	M	E	M	S	E	M	U	F	F	I	S	A	M	T	-	-	-
	au	5,5	4,4	≤ 111	255			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	V	O	L U	M	E	M	S	E	M	U	F	F	I	S	A	M	T	-	-	-
	25.08.82	27,1	7,6	≤ 111	500			≤ 111	≤ 185	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	V	O	L U	M	E	M	S	E	M	U	F	F	I	S	A	M	T	-	-	-

Les mesures "B total" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

TABLEAU N° 4

LIEUX DU PRELEVEMENT		RESIS- TIVITE	pH - t°	ANALYSES CHIMIQUES CATIONS (mg/l)				RADIOACTIVITE TOTALE						90Sr mBq/l	SPECTROMETRIE										RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
LIEU	DATE			K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	EAU BRUTE			MATIERES EN SUSPENSION		EAU FILTRÉE			T _H mBq/l	CONDITIONS DE MESURE		RADIOACTIVITE NATURELLE						137Cs	95Zr	95Nb	144Ce																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		α mBq/l	β mBq/l				POIDS mg/l	ρ mBq/g	ρ mBq/g	EXTR SEC mg/l	α mBq/l	β mBq/l	238U - 234Pa	226Ra		232Th - 228Ac	40K	7Be	238U - 234Pa	VOLUME ml	226Ra	232Th - 228Ac	40K																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
A LE MERISOT	11.09.01	1666	7,25	130C	9,1	116,0	13,3	2,4	5 111	445	0,1	74	445	5 111	390	41001260	5 3	1470	14 ml	22,2 ± 10,5	-	110 ± 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Les mesures "β totale" non sélectives ont une valeur indicatif et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec précaution, avec les mesures sélectives quantitatives.

A - EAU DE BOISSON

- 2

B - EAU D'IRRIGATION

CAMPAGNE : MOISANT SUR SEINE

TABLEAU N° 3

REFERENCES DU PRELEVEMENT		RESIS- TIVITE	O cm	pH - 25°	ANALYSES CHIMIQUES CATIONS (mg/l)				RADIOACTIVITE TOTALE							90Sr mBq/l	SPECTROMETRIE Y 0,01 mBq/litre (mBq/l)										
					K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	EAU BRUTE			MATIERES EN SUSPENSION			EAU FILTREE				RADIOACTIVITE NATURELLE						137Cs	RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE	
									α mBq/l	ρ mBq/l	POIDS mg/l	ρ mBq/l	ρ mBq/g	ENTR. SEC mg/l	α mBq/l		ρ mBq/l	238U - 234Th mBq/l	226Ra mBq/l	232Th - 228Ac mBq/l	40K mBq/l	T ₉₀					
LIEU	DATE																										
A LE MERLOT	10.03.82	2000	6,96	99C	7,2	126,0	9,0	3,2	5 111	277,5	-	-	400	5 111	5 105	3700±220	5,4	1347	14 ml	-	170 ± 70	-	-	-	-	-	
A LA MOTTE TILLY	10.03.82	2544	7,22	109C	5,0	90,0	6,7	3,0	5 111	5 105	-	-	310	5 111	5 105	2625±220	5,4	1419	14 ml	-	170 ± 72	-	-	-	-	-	
A MOYEN	10.03.82	2941	7,28	60C	1,5	95,0	4,5	3,9	5 111	5 105	-	-	270	5 111	5 105	4440±220	5,4	1323	14 ml	-	5 90	-	-	-	-	-	
A MONTEREAU	10.03.82	2083	6,84	109C	1,3	130,0	7,2	4,9	5 111	5 105	-	-	410	5 111	5 105	3840±220	5,4	1460	14 ml	-	95 ± 50	-	-	-	-	-	
B VILLIERS	10.03.82	2941	6,53	59C	1,4	90,0	4,6	3,3	5 111	5 105	33,6	219	280	5 111	5 105	15945±370	11 ± 2,2	1408	14 ml	-	0 ± 11	-	-	-	-	-	
A LE MERLOT	14.05.82	1818	6,55	149C	0,6	94,4	11,9	2,4	5 111	314,5	-	74	530	5 111	240,5	4790±220	5,3,7	1470	14 ml	-	130 ± 80	-	-	1 ± 1	-	-	
A LA MOTTE TILLY	14.05.82	2439	6,74	139C	5,9	87,2	7,9	2,2	5 111	5 105	-	-	440	5 111	5 105	3590±220	5,3,7	1470	14 ml	-	80 ± 50	-	-	5 5	-	-	
A MOYEN	14.05.82	2544	6,90	119C	1,4	78,4	4,6	3,2	5 111	5 105	-	-	315	5 111	5 105	6105±220	5,3,7	1470	14 ml	-	30 ± 30	-	-	0,4 ± 0,8	-	-	
A MONTEREAU	14.05.82	2000	6,50	119C	1,0	104,5	7,0	3,2	5 111	5 105	-	-	510	5 111	5 105	4440±220	5,3,7	1460	14 ml	-	5 100	-	-	5 0	-	-	
B VILLIERS	14.05.82	2777	6,93	79C	0,8	71,7	5,0	2,2	5 111	5 105	0,4	-	375	5 111	5 105	15945±220	7,4 ± 1,8	1470	14 ml	-	5 60	-	-	0,1 ± 0,3	-	-	

Les mesures "p total" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

TABLEAU N° 6

REFERENCES DU PRELEVEMENT		RESIS- TIVITE	pH - e°	ANALYSES CHIMIQUES CATIONS (mg/l)				RADIOACTIVITE TOTALE						90Sr	SPECTROMETRIE										RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE	
LIEU	DATE	Q cm		K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		EAU BRUTE			MATIERES EN SUSPENSION				EAU FILTREE		DUREE en	RADIOACTIVITE NATURELLE					RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE			
								α mduo/l	β mduo/l	POIDS mg/l	β mduo/g cendres	β mduo/l	ENTR SEC mg/l	α mduo/l	238U - 234Pa	226Ra		232Th - 228Ac	40K	7Be	137Cs					
A LE MERLOT	08.07.82	1530	7,02 169C	0,0	82,6	11,5	2,0	370	-	96		390	5 111	274	5085±220	≤ 3,7	1350	14 ml	-	-	120 ± 80	-	3 ± 3			
A LA MOTTE TILLY	08.07.82	2000	7,16 149C	7,9	75,2	8,9	3,4	275	-	89		375	5 111	186	6475±220	≤ 3,7	1953	14 ml	-	-	100 ± 80	-	5 5			
A NOYEN	08.07.82	2173	7,25 189C	1,5	69,9	4,7	3,9	699	5 105			265	5 111	5 105	7325±220	5 3,7	1355	14 ml	-	-	-	-	5 11			
A MONTIEREAU	08.07.82	1818	6,65 169C	1,1	104,5	0,1	4,5	5 111	5 105	-		455	5 111	5 105	8990±220	≤ 3,7	1357	14 ml	-	-	-	-	5 5			
B VILLIERS	08.07.82	2127	6,76 129C	0,7	80,7	5,2	2,0	5 111	5 105	0,5		310	5 111	5 105	20500±486	≤ 3,7	2245	14 ml	-	-	-	-	5 6			
VILLIERS (prélèvement Seine)	08.07.82	2300	6,05 209C	1,7	84,4	6,8	3,4	5 111	5 105	19,2		260	5 111	5 105	76970±590	5 3,7	2247	14 ml	-	-	40 ± 40	-	5 7			
B VILLIERS	25.08.82	2200	6,88 119C	0,7	96,5	5,2	2,7	350	4,2			155	5 111	5 105	15350±220	5 4	1433	14 ml	-	-	50 ± 20	-	-			

Les mesures "p total" non sélectives ont une valeur indicatif et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

mbq/g cendres
mbq/g sec
mbq/g frais

TABLEAU NR 7

CAMPAGNE : NOGENT SUR SEINE

REFERENCE DU PRELEVEMENT			ANALYSE CHIMIQUE		MESURE	T_H mbq/g frais	90Sr		CONDITIONS DE MESURE		SPECTROMETRIE γ Co-1 millibecquerel (mbq)												
LIEU	NATURE	DATE	mg/g cendres	R	Ce		mbq/g	mbq/g cendres, Ca 9/g cendres	DUREE min	POIDS DE CENDRES MESURE g	RADIOACTIVITE NATURELLE												
											238U - 234Pa	226Ra	232Th - 228Ac	40K	7Be	137Cs	95Zr	95Nb	106Rh	54Mn	147Ce	144Ce	
COURTAVANT	Luzerne	11.09.81	250.0	101.9	7400 740 200	-	14.8 $\pm$ 3.2 1.5 $\pm$ 0.3 0.4 $\pm$ 0.01	81.8 $\pm$ 17.9	1157	5.909	7.4 $\pm$ 11.1 0.74 $\pm$ 1.11 0.2 $\pm$ 0.3	74 $\pm$ 37 7.4 $\pm$ 3.7 2.8 $\pm$ 1	-	9250 $\pm$ 1110 925 $\pm$ 111 250 $\pm$ 30	333 $\pm$ 74 3.3 $\pm$ 7.4 9 $\pm$ 2	11.1 $\pm$ 7.4 1.1 $\pm$ 0.7 0.3 $\pm$ 0.2	-	25.9 $\pm$ 7.4 2.6 $\pm$ 0.7 0.7 $\pm$ 0.2	70.3 $\pm$ 22.2 7.03 $\pm$ 2.2 1.09 $\pm$ 0.6	-	-	-	-
A SAULSOTTE	Luzerne	11.09.81	230.0	145.5	6290 1010 200	-	40.7 $\pm$ 6.1 6.5 $\pm$ 0.9 1.3 $\pm$ 0.2	280.6 $\pm$ 41.9	1161	0.509	14.8 $\pm$ 10.5 2.37 $\pm$ 2.9 0.47 $\pm$ 0.6	14.8 $\pm$ 14.8 2.4 $\pm$ 2.4 0.48 $\pm$ 0.48	-	7290 $\pm$ 1110 1160 $\pm$ 180 235 $\pm$ 35	511 517.8 53.6	57.4 51.2 50.24	-	37 $\pm$ 7.4 5.9 $\pm$ 1.2 1.2 $\pm$ 0.24	-	-	-	-	-
LE HERIOT	Herbe	11.09.81	127.0	90.2	4810 770 190	-	14.8 $\pm$ 2.5 2.22 $\pm$ 0.4 0.6 $\pm$ 0.1	151 $\pm$ 25.6	1170	2.974	-	0 $\pm$ 3.7 0 $\pm$ 0.6 0 $\pm$ 0.15	-	4255 $\pm$ 925 640 $\pm$ 140 170 $\pm$ 35	1185 $\pm$ 185 175 $\pm$ 30 47.3 $\pm$ 7.4	55.5 $\pm$ 22.2 9.3 $\pm$ 3.3 2.22 $\pm$ 0.08	88.8 $\pm$ 10.5 13.3 $\pm$ 2.8 3.55 $\pm$ 0.74	185 $\pm$ 30 27.7 $\pm$ 4.4 7.4 $\pm$ 1.2	-	11.1 $\pm$ 3.7 1.7 $\pm$ 0.6 0.44 $\pm$ 0.15	-	-	
COURTAVANT	Foin	12.11.81	204.2	129.5	9620 1060 770	-	137 $\pm$ 9.5 15.0 $\pm$ 1.0 10.5 $\pm$ 0.7	1062 $\pm$ 74	1351	4.265	-	-	550 55.5 810 $\pm$ 160	10150 $\pm$ 2000 1115 $\pm$ 270 810 $\pm$ 160	500 500 564	30 $\pm$ 20 3.3 $\pm$ 2.2 2.4 $\pm$ 1.6	-	590 810 57.2	-	-	-	-	-
LA SAULSOTTE	Herbe	12.11.81	242.8	88.6	7585 1215 280	-	40.7 $\pm$ 6.9 6.1 $\pm$ 1.04 1.5 $\pm$ 0.26	482.5 $\pm$ 78.1	1343	2.670	-	-	30 $\pm$ 25 4.8 $\pm$ 4 1.1 $\pm$ 0.9	3050 $\pm$ 1500 1050 $\pm$ 240 335 $\pm$ 55	1670 $\pm$ 400 265 $\pm$ 65 60 $\pm$ 15	525 54 50.9	-	580 265 $\pm$ 65 52.96	-	-	-	-	-

mesures "B total" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce
être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

mbq/g cendres
mbq/g sec
mbq/g frais

TABLEAU NR 0

CAMPAGNE : MOSENT SUR SEINE

REFERENCE DU PRELEVEMENT			ANALYSE CHIMIQUE		MEASURE	3 _H	90 _{Sr}		CONDITIONS DE MESURE		RADIOACTIVITE NATURELLE						RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE							
LIEU	MATIERE	DATE	mg/g cendres	K	Ca	pt mbq	mbq/g frais	mbq/g	mbq/g cendres Ca 9/g cendres	DUREE min	POIDS DE CENDRES MEASURE g	238 _U - 234 _{Pa}	226 _{Ra}	232 _{Th} - 228 _{Ac}	40 _K	7 _{Be}	137 _{Cs}	90 _{Zr}	95 _{Nb}	106 _{Rh}	54 _{Mn}	104 _{Co}	144 _{La}	
LA SAUSSETTE	Plais ensilage	12.11.01	164,7	140,2	5190 485 95	-	81,4 ± 8,1 7,3 ± 8,2 1,5 ± 0,14	501,4 ± 50	3,720	1457	3,720	40 ± 25 3,6 ± 2,2 0,72 ± 0,45	40 ± 25 3,6 ± 2,2 0,72 ± 0,45	14 ± 15 1,3 ± 1,3 0,25 ± 0,27	5230 ± 900 410 ± 80 95 ± 15	5300 545 55	10 ± 0 1,4 ± 0,7 0,25 ± 0,15	-	550 54,5 50,9	-	-	-	-	65 ± 5,8 ± 11,7 ±
LE MERIDI	Foin	12.11.01	154,3	164,0	4440 355 285	-	45,1 ± 0,4 3,6 ± 0,4 2,7 ± 0,3	275 ± 27,5	6,062	1433	6,062	-	-	580 54,8 53,2	5040 ± 1000 305 ± 60 200 ± 40	5600 538 524	530 51,60 50,72	-	560 54,8 52,4	-	-	-	-	5 ± 1 ± 5 ±
LE MERIDI	Belleraves pulpe	12.11.01	90,7	79,9	5625 560 110	-	33,3 ± 6,7 3,2 ± 0,7 0,64 ± 0,13	416,0 ± 83,3	9,175	1446	9,175	64 ± 30 6,4 ± 3 1,28 ± 0,6	64 ± 30 6,4 ± 3 1,28 ± 0,6	60 ± 20 6 ± 2 1,12 ± 0,4	1700 ± 300 170 ± 30 34 ± 6	5170 517 53,4	3 ± 2 0,3 ± 0,2 0,06 ± 0,04	-	-	-	-	-	-	5 ± 1 ± 5 ±
COURTAVANT	Herbe	14.01.02	257,5	136,0	7585 685 530	-	114 ± 3,42 9,12 ± 0,27 2,5 ± 0,07	840 ± 25	4,994	1353	4,994	-	-	-	8500 ± 1500 765 ± 135 595 ± 105	-	530 52,7 52,1	-	-	-	-	-	-	5 ± 1 ± 5 ±
LA SAUSSETTE	Plais ensilage	14.01.02	168,6	120,4	7065 345 125	-	33 ± 4,25 3,63 ± 0,54 3,07 ± 0,46	275 ± 40	2,505	1376	2,505	-	-	-	5240 ± 1100 419 ± 80 105 ± 22	-	70 ± 15 1,6 ± 1,2 0,4 ± 0,3	-	-	-	-	-	-	83 ± 6,6 ± 1,44 ±

Les mesures "g total" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce
il être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

mbq/g cendres
mbq/g sec
mbq/g frais

TABLEAU N° 9

CAMPAGNE : NOGENT SUR SEINE

REFERENCE DU BREVETEMENT				ANALYSE CHIMIQUE		MESURE	γ_H	^{90}Sr		CONDITIONS DE MESURE		RADIOACTIVITE NATURELLE						RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE						
LIEU	NATURE	DATE	mg/g cendres	R	Ca			pI mbq	mbq/g frais	mbq/g	mbq/g cendres Ca g/g cendres	DUREE min	POIDS DE CEMENTES MESURE g	$^{238}\text{U} - ^{234}\text{Pu}$	$^{232}\text{Th} - ^{228}\text{Ac}$	^{40}K	^7Be	^{137}Cs	^{95}Zr	^{95}Mo	^{106}Rh	^{54}Mn	^{144}Co	^{144}Co
MERIDI	Bellaves pelée ensilage	14.01.82	124,0	47,1		3895 970 95	-	5,19 5,2,85 5,2,56		1364	2,063	-	-	-	4040 ± 800 505 ± 100 101 ± 20	-	50 ± 20 6,25 ± 2,5 1,23 ± 0,5	-	-	-	-	-	-	38 ± 1 4,75 ± 1 0,55 ± 1
BURIYANI	Foin	11.03.82	144,0	245,4		5925 595 475	-	130 ± 6,5 13 ± 0,65 10,4 ± 0,52	530 ± 26,5	1826	6,371	-	-	-	6300 ± 1000 630 ± 100 504 ± 80	-	20 ± 15 1,6 ± 1,2 0,4 ± 0,3	-	-	-	-	-	-	83 ± 1 6,6 ± 1 1,66 ± 1
A SAUSOITE	Herbe ensilage	11.03.82	178,2	64,2		7405 740 110	-	52 ± 8,32 5,2 ± 0,83 0,78 ± 0,12	785 ± 125	1337	2,448	-	-	-	8700 ± 1500 870 ± 150 130 ± 22	-	10 ± 9 1 ± 0,9 0,15 ± 0,13	-	-	-	-	-	-	99 ± 1 9,9 ± 2 1,5 ± 0
MERIDI	Herbe ensilage	11.03.82	172,2	85,2		6465 530 115	-	26 ± 7,8 2,08 ± 0,62 0,44 ± 0,13	205 ± 92	1354	2,025	1000 ± 250 50 ± 20 17 ± 1,25	1700 ± 300 136 ± 24 28,5 ± 5,1	14500 ± 2300 1160 ± 184 246 ± 39	-	-	530 ± 100 42,4 ± 8 9 ± 1,7	-	-	-	-	-	4 ± 10 5,8 5,1	
BURIYANI	Foin	12.05.82	296	142,7		8880 800 710	-	74 ± 7,4 6,66 ± 0,66 5,92 ± 0,59	520 ± 50	1395	6,514	-	-	-	10600 ± 1600 954 ± 144 848 ± 128	-	12 ± 8 1,08 ± 0,72 0,96 ± 0,64	-	-	-	-	-	-	-

Les valeurs "g total" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent pas être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

mBq/g cendres
mBq/g sec.
mBq/g frais

TAB. N° 10

CAMPAGNE : MOGENT SUR SEINE

LIEU			ANALYSE CHIMIQUE		MEASURE	³ H	90Sr		DUREE DE MEASURE	RADIOACTIVITE NATURELLE						RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE					
NATURE	DATE	mg/g cendres	K	Ca			pt mBq	mBq/g frais		mBq/g	mBq/g cendres Ca 5/g cendres	238U - 234Pa	226Ra	232Th - 228Ac	40K	7Be	137Cs	95Zr	106Rh	54Mn	141Ce
SAINTEOTTE	12.05.82	250	102,5		1110 111 15	-	7,4 ± 1,95 0,74 ± 0,18 0,125 ± 0,031	72,2 ± 18	1420	5,040	-	-	990 ± 250 99 ± 25 16,8 ± 4,25	-	2 ± 3 0,2 ± 0,3 0,03 ± 0,05	-	-	-	-	-	
ERLOT	12.05.82	309,6	125		9250 740 647	-	74 ± 7,4 5,92 ± 0,6 5,18 ± 0,5	592 ± 59,2	1409	0,011	-	-	10500 ± 1200 840 ± 96 735 ± 84	-	15 ± 7 1,2 ± 0,5 1,05 ± 0,2	-	-	-	-	-	
ERLOT	12.05.82	202	71		7400 1036 185	-	100 ± 10 14 ± 1,4 9 ± 0,9	1408 ± 140,6	1431	4,207	-	-	6600 ± 1000 1204 ± 140 774 ± 90	-	26 ± 15 3,44 ± 2,1 2,34 ± 1,35	-	-	-	-	-	
ERLOT	09.07.82	250	100		6092 728 162	-	82 ± 5,7 7,45 ± 0,52 1,64 ± 0,11	455 ± 32	1418	4,775	140 ± 30 12,7 ± 2,7 2,8 ± 0,6	-	10900 ± 1500 981 ± 135 218 ± 30	-	2 ± 3 0,10 ± 0,27 0,04 ± 0,06	-	-	-	-	-	
SAINTEOTTE	09.07.82	232	156		7792 1247 156	-	133 ± 6,65 21,3 ± 1,06 2,66 ± 0,13	852 ± 42,6	1294	7,021	7 ± 0 1,18 ± 1,20 0,14 ± 0,16	-	9100 ± 1100 1456 ± 176 182 ± 22	-	5 ± 12 144 ± 16 5 ± 0,24	-	-	-	-	-	
ERLOT	09.07.82	220	76		6294 818 189	-	7 ± 0,7 0,91 ± 0,09 0,21 ± 0,02	92,1 ± 9,21	1321	4,017	-	-	6600 ± 1500 884 ± 195 204 ± 45	-	1 ± 27 172 ± 26 1 ± 0,81	-	-	-	-	-	

ures "A total" non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce
tre comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

RELEVÉS
MMS

TABLEAU NO 11

CAMPAGNE : INCIDENT SAN SEINE

REFERENCE DU PRELEVEMENT				ANALYSE CHIMIQUE mg/g cendres		ME SURE pH mEq	V_h	90_{Se}		COMPOSITION DE ME SURE		RADIOACTIVITE NATURELLE							RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE						
LIEU	NATURE	DATE	E	Co				mg/g	mg/g cendres Co 90 cendres	ME SURE mm	POIDS DE CEMENTES ME SURE g	$238_U - 234_{Th}$	$235_U - 235_{Th}$	$232_{Th} - 228_{Ac}$	90_Y	7_{Be}	137_{Cs}	90_{Sr}	106_{Rn}	54_{Mn}	137_{Ba}	134_{La}			
VILLIERS	Batteries	11 09 01	306,0	100,0		8,15 335 75	-	37 ± 4,0 1,5 ± 0,2 0,33 ± 0,04	355,7 ± 45,9	1100	6,005	10,5 ± 10,5 0,10 ± 0,10 0,02 ± 0,02	-	-	16520 ± 1000 665 ± 25 150 ± 15	5,11 5,11 5,1	75,3 ± 2,5 0,10 ± 0,10 0,10 ± 0,05	7,5 ± 2,7 0,10 ± 0,10 0,10 ± 0,05	-	-	-	100,5 100,5 100,5			
VILLIERS	Batteries foeuilles	11 09 01	329,0	100,0		1330 440 90	-	30 ± 2,9 0,5 ± 0,1 1,56 ± 0,15	277,0 ± 27,3	1360	9,976	0 ± 2,7 0 ± 1,2 0 ± 0,19	-	-	11000 ± 1110 1905 ± 265 590 ± 55	5,14 10,7 ± 2,4 22,2 ± 3,7	11,1 ± 2,4 0,10 ± 0,10 0,10 ± 0,10	-	-	-	-	100,5 102,2 ± 2,4 1,05 ± 0,10			
VILLIERS	Mass grates	11 09 01	201,0	7,2		3625 205 20	-	5,10 ± 5 0,10 ± 0,10 0,11	-	1375	4,002	0 ± 2,6 0 ± 0,07 0 ± 0,04	37 ± 37 0,12 ± 0,12 0,12 ± 0,22	-	10730 ± 1000 105 ± 20 65 ± 0,1	5,105 5,11 5,1	60,3 ± 25,5 0,10 ± 0,10 0,10 ± 0,10	-	-	-	-	100,5 100,5 100,5			
VILLIERS	Mass Fourage	11 09 01	248,0	115,4		7770 545 125	-	5,37 ± 0,10 0,10 ± 0,10 0,10 ± 0,10	-	1309	5,972	10,5 ± 10,5 0,1 ± 0,1 0,1 ± 0,1	37 ± 36 2,6 ± 5,2 0,1 ± 0,1	-	9620 ± 1000 100 ± 20 155 ± 25	2010 ± 220 10 ± 10 35,1 ± 3,5	77,7 ± 22,2 0,10 ± 0,10 1,10 ± 0,10	70 ± 11,1 0,10 ± 0,10 1,10 ± 0,10	-	-	-	100 ± 11,1 10,1 ± 0,10 2,10 ± 0,10			

Les mesures p total (mSv/h) ont une valeur indicative et ne doivent pas être
utilisées pour l'évaluation des risques, avec les mesures effectuées qualitativement.

mb/g cendres
mb/g sec
mb/g frais

TABLEAU N° 12

CAMPAGNE : MOÛSANT SUR SETINE

REFERENCE DU PRELEVEMENT				ANALYSE CHIMIQUE		MEASURE	pH	90Sr	CONDITIONS DE MESURE		RADIOACTIVITE NATURELLE							RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE						
EU	MATIERE	DATE	mg/g cendres		mbq/g frais	mbq/g	mbq/g cendres Ca 9/g cendres	DUREE min	POIDS DE CENDRES MEASURE g	238U - 234Pa	226Ra	232Th - 228Ac	40K	7Be	137Cs	90Sr	106Rh	54Mn	125Sb	144Ce				
			K	Co																				
IERS	Endives	14.01.82	358,3	35,4	-	30 ± 4,5 3 ± 0,45 0,15 ± 0,022	847 ± 127	1320	4,566	-	-	-	14600 ± 200 2620 ± 36 131,4 ± 1,0	-	32 ± 12 5,76 ± 2,16 0,29 ± 0,11	-	-	-	-	1,20 5,5,4 5,0,27				
R101	Cornichons	09.07.82	324	92	-	19 ± 1,9 3,8 ± 0,38 0,15 ± 0,015	206,5 ± 20,6	1354	6,624	-	-	-	12000 ± 1500 2400 ± 300 96 ± 12	5 150 5 30 5 1,2	16 ± 0 3,2 ± 1,6 0,13 ± 0,06	-	-	-	-	-				
5/SEINE	Laitues	09.07.82	310	80	-	26 ± 2,6 5,2 ± 0,52 0,26 ± 0,02	325 ± 32,5	1354	5,204	5 50 5 20 5 12,5	-	-	11450 ± 1500 4580 ± 600 2862 ± 375	470 ± 100 188 ± 40 117,5 ± 25	2 ± 2 0,8 ± 0,8 0,5 ± 0,5	-	-	-	-	-				
5/SEINE	Tomates	09.07.82	425	27	-	5 7 5 0,63 5 0,03	-	1390	4,762	100 ± 50 9 ± 4,5 0,4 ± 0,2	-	-	17100 ± 2000 1539 ± 180 64,4 ± 8	5 250 5 22,5 5 1	22 ± 15 1,90 ± 1,35 0,09 ± 0,06	-	-	-	-	-				
5/SEINE	Carottes	09.07.82	324	50	-	26 ± 2,6 20,8 ± 2 0,23 ± 0,02	448,2 ± 44,0	1356	5,532	-	220 ± 80 19,8 ± 7,2 0,04 ± 0,32	-	11100 ± 1500 880 ± 120 100 ± 13,5	5 290 5 23,2 5 2,61	5 32 5 2,56 5 0,29	-	-	-	-	-				

Les 8 totaux non sélectives ont une valeur indicatrice et ne doivent pas être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

REFERENCE DU PRELEVEMENT		ANALYSES CHIMIQUES mg/l		MESURE Bq	^{238}Pu mBq/l	^{90}Sr		SPECTROMETRIE γ G-11 mBq/litre (mBq/l)														
								CONDITIONS DE MESURE					RADIOACTIVITE NATURELLE					RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE				
								DATE	LIEU	K	Ca	DUREE min	POIDS DE CENDRES MESURE (g)	^{238}Pu - ^{234}Pu	^{226}Ra	^{232}Th - ^{228}Ac	^{40}K	^{7}Be	^{137}Cs			
						mBq/l	mBq/l Ca Bq/l															
	COURMAYEUR	11.09.81		1154	973	$4,53 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	$129,5 \pm 30,9$	$133 \pm 30,85$	1426	5,752	-	-	$(4,1410,59)10^{-6}$	-	$77,7 \pm 25,9$						
	LA SAULSOTTE	11.09.81		1526	917	$4,80 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	$77,5 \pm 21,7$	$84,5 \pm 21,7$	1141	5,046	-	-	$(5,4410,77)10^{-6}$	-	$26,9 \pm 25,9$						
	LE MERLOT	11.09.81		1344	1022	$3,60 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	$51,8 \pm 15,5$	$50,7 \pm 15,2$	1149	6,603	-	-	$(4,9210,77)10^{-6}$	-	$5 \pm 51,8$						
	COURMAYEUR	13.11.81		1504	1093	$5,20 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	$103,6 \pm 25,9$	$94,8 \pm 23,7$	1403	5,118	-	-	$(5,8110,77)10^{-6}$	-	140 ± 63						
	LA SAULSOTTE	13.11.81		1559	906	$5,30 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	$77,7 \pm 23,3$	$85,8 \pm 25,7$	1251	5,623	-	-	$(5,7410,77)10^{-6}$	-	5 ± 63						
	LE MERLOT	13.11.81		1280	1122	$3,90 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	$77,7 \pm 21,7$	$69,2 \pm 19,3$	1285	5,553	-	-	$(4,1210,77)10^{-6}$	-	49 ± 42						
	COURMAYEUR	13.01.82		1515	1151	$4,60 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	77 ± 19	$66,9 \pm 16,7$	1333	4,690	-	-	$(5,4610,77)10^{-6}$	-	133 ± 63						
	LA SAULSOTTE	13.01.82		1605	957	$5,20 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	$105 \pm 24,1$	$109,7 \pm 25,2$	1333	5,555	-	-	$(6,0610,77)10^{-6}$	-	70 ± 42						
	LE MERLOT	13.01.82		1106	1181	$3,60 \cdot 10^{-6}$	$5 \pm 1,1 \cdot 10^{-6}$	133 ± 24	$112,6 \pm 20,3$	1383	4,770	-	-	$(4,4810,70)10^{-6}$	-	5 ± 84						

Les mesures (total) non sélectives ont une valeur indicative et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

REFERENCE DU PRELEVEMENT		ANALYSES CHIMIQUES mg/l		MEASURE pH° mEq/l	3 _H mEq/l	90Sr mEq/l		SPECTROMETRIE γ G = 1 millibecquerel/litre (mBq/l)									
								RADIOACTIVITE NATURELLE					RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE				
								CONDITIONS DE MESURE									
LIEU	DATE	K	Ca			mEq/l	mEq/l (Ca 47)	DUREE min	POIDS DE CENDRES MESURE (g)	238U - 234Pa	226Ra	232Th - 228Ac	40K	76Ge	137Cs		
COURTAVANT	11 03 82	1281	1084	4,10 10 ⁻⁴	5 1.1 10 ⁻⁴	133 ± 20	123 ± 18,4	1515	5,689	-	-	-	(5,20±0,80)10 ⁻⁶	-	112 ± 63		
LA SAULSOTTE	11 03 82	2521	911	4,90 10 ⁻⁴	1,4 10 ⁻⁴	5 56		1302	5,664	-	-	-	(5,70±1,00)10 ⁻⁶	-	105 ± 70		
LE MERIDI	11 03 82	1163	1121	3,60 10 ⁻⁴	1,1 10 ⁻⁴	77 ± 20	68,7 ± 17,2	1315	5,585	-	-	-	(4,90±0,70)10 ⁻⁶	-	91 ± 49		
COURTAVANT	12 05 82	1439	1127	4,10 10 ⁻⁴	5 1.1 10 ⁻⁴	164 ± 31	136,6 ± 27,3	1450	5,892	-	-	-	(4,70±0,60)10 ⁻⁶	-	84 ± 42		
LA SAULSOTTE	12 05 82	1637	875	4,90 10 ⁻⁴	5 1.1 10 ⁻⁴	5 26		1338	6,525	-	-	-	(4,90±0,70)10 ⁻⁶	-	56 ± 42		
LE MERIDI	12 05 82	1309	1127	3,60 10 ⁻⁴	5 1.1 10 ⁻⁴	77 ± 23	58,8 ± 17,6	1141	6,703	-	-	-	(3,10±0,60)10 ⁻⁶	-	5 70		
COURTAVANT	09 07 82	1372	1204	4,70 10 ⁻⁴	5 1.1 10 ⁻⁴	105 ± 17	87,2 ± 13,9	929	5,627	14 ± 35	-	-	(5,60±0,90)10 ⁻⁶	-	77 ± 70		
LA SAULSOTTE	09 07 82	1540	924	5,40 10 ⁻⁴	5 1.1 10 ⁻⁴	5 7		943	5,551	398 ± 280	-	-	(5,90±1,00)10 ⁻⁶	-	119 ± 70		
LE MERIDI	09 07 82	910	1260	3,10 10 ⁻⁴	5 1.1 10 ⁻⁴	5 7		946	6,502	-	-	-	(4,00±0,60)10 ⁻⁶	-	63 ± 42		

Les mesures faites non affectées ont une valeur indicative et ne doivent de ce fait être comparées qu'avec prudence, avec les mesures sélectives quantitatives.

PRODUITS TRANSFORMES

mbq/g cendres
mbq/g sec
mbq/g frais

TABLEAU n° 15

CAMPAGNE : NOGENT SUR SEINE

REFERENCE DU PRELEVEMENT			ANALYSE CHIMIQUE		MEASURE	^3H	^{90}Sr		SPECTROMETRIE γ					RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE		
LIEU	NATURE	DATE	mg/g cendres	K	Ca	BT		mbq/g	mbq/g cendres Ca g/g cendres	CONDITIONS DE MEASURE	238U - 234Th	226Ra	232Th - 228Ac	40K	^7Be	137Cs
										DUREE min						
										POIDS RE CHARGES MEASURE g						
GRISY S/SEINE	Fromage Grille	12.03.82	45,1	53,3		8140		mbq/kg frais 5 49		1309	-	-	-	mbq/kg frais (1.9310,04)10 ⁴	-	mbq/kg frais 54 ± 49
BRAY S/SEINE	Sucre fin brut 1980	14.05.82	1,1	1,5						1156	-	-	-	mbq/g 3 ± 3	-	-
BRAY S/SEINE	Sucre fin brut 1981	14.05.82	1,2	1,3						1162	-	-	-	-	-	mbq/g 1,7 ± 0,7
NOGENT S/SEINE	Mait	14.05.82	170,4	16		422 422 422 8,8		5 3,7 5 0,081 5 0,077		1380	-	-	-	-	-	41 ± 15 3,4 ± 1,35 3,7 ± 1,2

TABLEAU N° 16 CAMPAGNE NOGENT SUR SEINE

REFERENCES DU PRELEVEMENT		Volume Géomét.	Densité	⁹⁰ Sr ⁹⁰ Y Bq/kg	SPECTROMETRIE										Y G e l l				Becquerel/Kilogramme (Bq/kg)	
LIEU	DATE				CONDITIONS DE MESURE		RADIOACTIVITE NATURELLE						RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE							
					DUREE min	POIDS COMPTÉ* g	²³⁸ U + ²³⁴ Pa	²²⁶ Ra	²³² Th + ²²⁸ Ac	⁴⁰ K	⁷ Be	¹³⁷ Cs	⁹⁵ Zr	⁹⁵ Nb						
ATHIS sol betteraves (Rive gauche)	12.09.81		1,127	4,44 ± 0,66	1230	394,3	22,2 ± 11,1	22,2 ± 11,1	18,5 ± 3,7	185 ± 37	-	13,2 ± 2,2	-	-						
VILLIERS sol maïs (Rive droite)	12.09.81		1,009	6,55 ± 0,83	1387	353,2	40,7 ± 14,8	40,7 ± 18,5	37 ± 7,4	259,2 ± 37	-	13,7 ± 2,9	-	5,9 ± 1,1						
LE MERLOT sol pâturage	11.03.82		1,149	10 ± 1	1357	402,1	18 ± 9	32 ± 15	23 ± 5	200 ± 50	-	17 ± 4	-	-						
VILLIERS sol maraîcher	11.03.82		1,142	9 ± 0,9	1344	399,0	-	4 ± 6	4 ± 5	270 ± 50	-	1,1 ± 0,5	-	-						
BRAY S/SEINE sol maraîcher	08.07.82		1,111	7 ± 0,7	2250	389,0	26 ± 5	-	18 ± 3	180 ± 30	-	11 ± 2	-	-						
COURIAVANT sol pâturage	25.08.82		1,171	8 ± 0,48	1171	410	23 ± 8	23 ± 8	30 ± 6	180 ± 40	-	10 ± 4	-	-						

* Géométrie 350 cc.

ANALYSES CHIMIQUES
TABLEAU N° 17

EAUX DE BOISSON

SITE DE NUGENT S/SEINE

LIEU DE PRELEVEMENT	Date	n	p.H	M.E.S. mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ³ mg/l	SO ² ₄₋ mg/l	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	Ca ⁺⁺ meq/l	Mg ⁺⁺ meq/l	TOTAL CATIONS meq/l	Cl ⁻ meq/l	HCO ³ meq/l	SO ² ₄₋ meq/l	TOTAL ANIONS meq/l	NITRATES mg/l	NITRATES mg/l
LE MURIOT	11/09/81	1666	7,25	0,1	13,3	9,1	116,0	2,4	33,0	256,0	27,5	0,58	0,23	5,79	0,20	6,80	0,92	4,20	0,58	5,70	0,12	65,7
LA MOTTE FILLY	11/09/81	2325	7,58	-	9,0	8,0	107,0	2,5	23,3	238,0	19,3	0,39	0,20	5,34	0,21	6,14	0,66	3,90	0,40	4,96	0,10	77,5
MOYEN	11/09/81	2380	7,48	-	4,5	1,6	88,8	3,2	11,5	262,0	22,8	0,20	0,04	4,43	0,26	4,93	0,32	4,29	0,47	5,08	0,39	6,9
MONTEREAU	12/11/81	2000	7,14	-	7,8	1,4	138,0	4,0	26,3	311,0	38,3	0,30		6,90	0,20	7,40	0,70	5,10	0,80	6,60	< 10	57,4

ANALYSES CHIMIQUES

Eaux de Boisson

TABLEAU N° 18

SITE DE MONTMÉTIS/SEINE

Lieu de Prélèvement	Date	n	p.H	M.E.S. mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	Ca ⁺⁺ meq/l	Mg ⁺⁺ meq/l	TOTAL CATIONS meq/l	Cl ⁻ meq/l	HCO ₃ ⁻ meq/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	TOTAL ANIONS meq/l	NITRATES mg/l	NITRITES mg/l
LE MERLOT	10/03/82	2000	6,94	-	9,8	7,2	126,0	3,2	33,6	291,0	24,6	0,4	0,2	6,3	0,2	7,1	0,9	4,8	0,5	6,2	< 10	63,8
LA MOTTE TILLY	10/03/82	2564	7,22	-	6,7	5,0	90,0	3,0	19,2	212,0	12,2	0,3	0,3	4,5	0,2	5,3	0,5	3,4	0,2	4,1	< 10	69,5
MOYEN	10/03/82	2941	7,28	-	4,5	1,5	95,0	3,9	10,4	274,0	17,9	0,2		4,7	0,3	5,2	0,3	4,5	0,3	5,1	27,0	1,7
MONTREAU	10/03/82	2083	6,84	-	7,2	1,3	130,0	4,3	26,2	284,0	38,5	0,3		6,5	0,3	7,1	0,7	4,6	0,8	6,1	< 10	57,5

ANALYSES CHIMIQUES

TABLEAU N° 19

SITE DE NOGENT S/SEINE

EAUX D'IRRIGATION

LIEU DE PRELEVEMENT	Date	n	p.H	M.E.S. mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ³ mg/l	SO ² ₄₋ mg/l	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	Ca ⁺⁺ meq/l	Mg ⁺⁺ meq/l	TOTAL CATIONS meq/l	Cl ⁻ meq/l	HCO ³ meq/l	SO ² ₄₋ meq/l	TOTAL ANIONS meq/l	NITRITES µg/l	NITRATES mg/l
VILLIERS	11/05/83	2127	7,38	1,6	6,0	0,9	109,0	2,1	31,9	262,0	35,5	0,20	0,02	5,44	0,17	5,83	0,90	4,29	0,74	5,93	0,016	15,6
VILLIERS	10/03/82	2941	6,53	33,6	4,6	1,4	90,0	3,3	17,5	238,0	21,8	0,20	0,20	4,5	0,20	5,10	0,50	3,90	0,40	4,80	133,0	15,4

ANNEXE II

CARTES ET PLANS

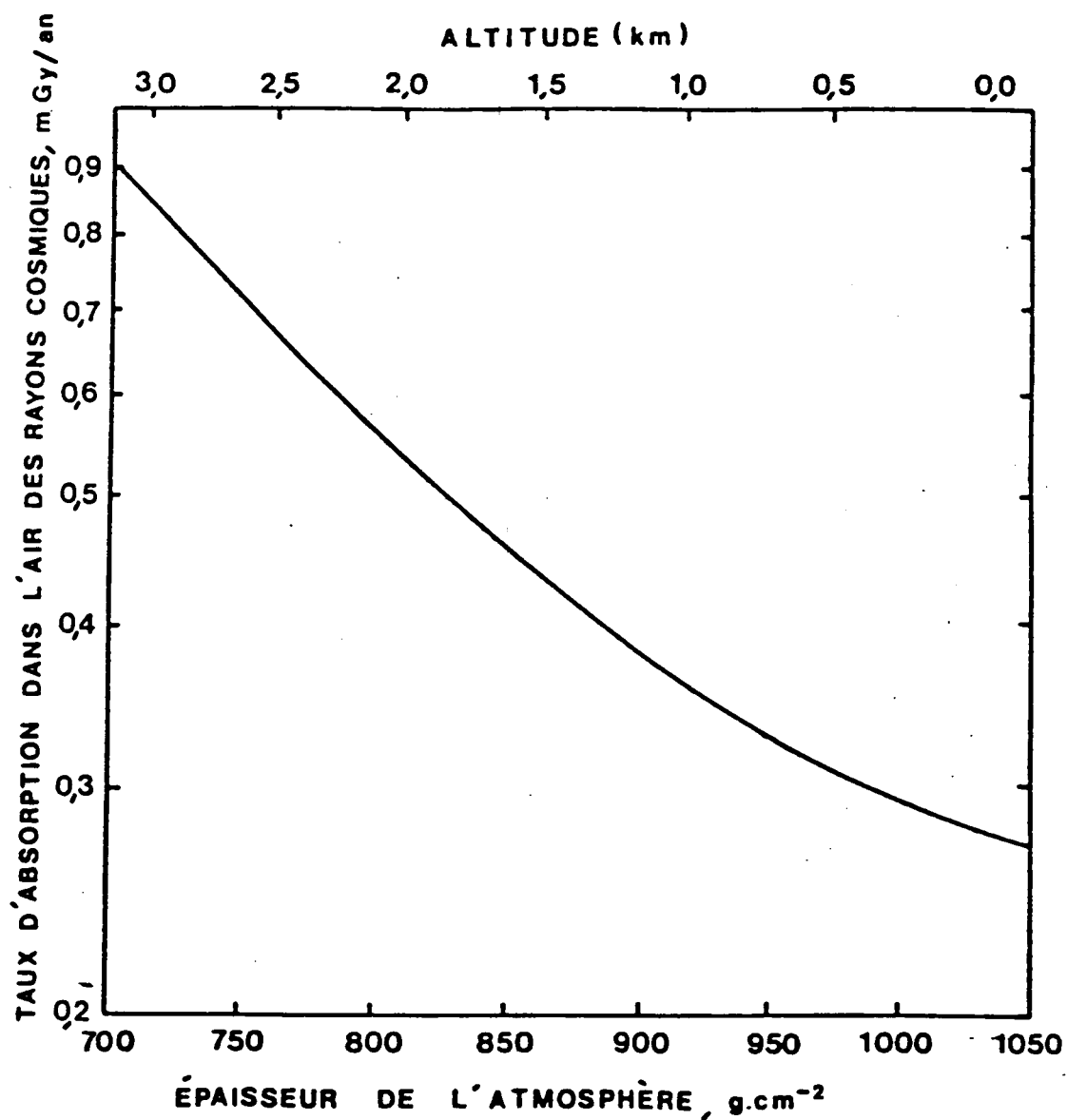
LISTE DES PLANS

	ECHELLE
1 - PLAN DE SITUATION DES PRÉLÈVEMENTS	1/100 000E
2 - SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DU SITE	1/100 000E

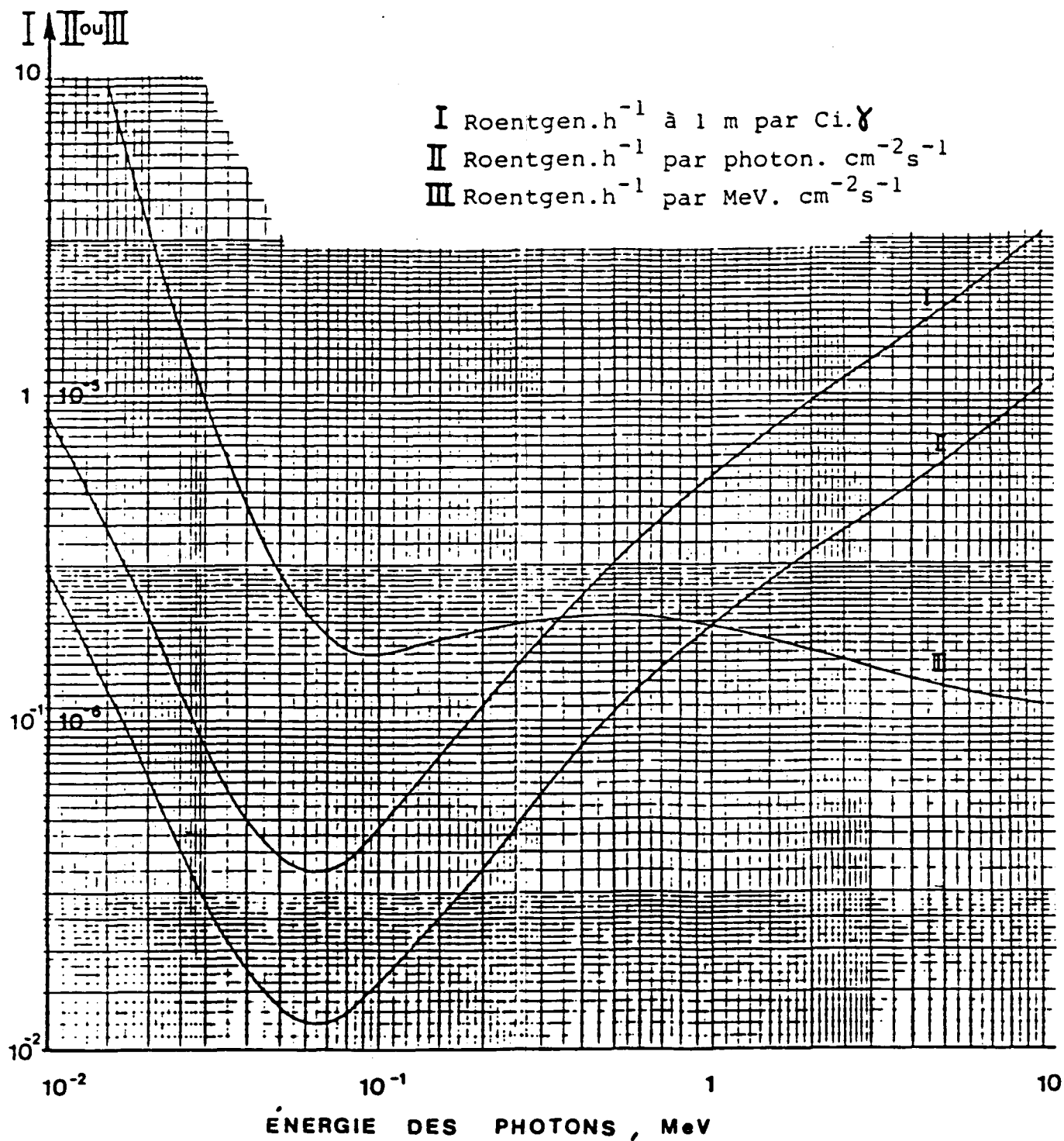
PLAN DE SITUATION DÉTAILLÉE DES LIEUX DE PRÉLEVEMENTS

A A D	EAU DE BOISSON	1/25 000E
E - F	EAU D'IRRIGATION	1/25 000E
G A I	EAU DE PLUIE - HERBE - LAIT - SOL	1/25 000E
J A L	LÉGUMES - SOLS	1/25 000E
M - N	MAÏS - BETTERAVES - SOLS	1/25 000E
O A Q	PRODUITS TRANSFORMÉS	1/25 000E

COUPES DÉTAILLÉES DES FORAGES



Débit de dose dû au rayonnement cosmique aux latitudes moyennes en fonction de l'altitude. (Lowder et Beck, 1966).



Ionisation par les photons en fonction de l'énergie (Rockwell, 1956).

C.E.N CADARACHE

DEPARTEMENT DE PROTECTION

LABORATOIRE DE RADIOECOLOGIE APPLIQUEE

**POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DU SITE
DE NOGENT sur SEINE**
Ecosystèmes terrestres

**CARTE DE SITUATION
DES PRELEVEMENTS**

ECHELLE : 1/100 000^e

DEPARTEMENT DE PROTECTION

DEPARTEMENT DE PROTECTION

LABORATOIRE DE RADIOECOLOGIE APPLIQUEE

POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DU SITE DE NOGENT-SUR-SEINE

Ecosystèmes terrestres

SYNTHESE GEOLOGIQUE DE LA VALLEE DE LA SEINE EN AVAL DU SITE

LEGENDE



RESEAU ROUTIER



RESEAU HYDROGRAPHIQUE



RESEAU FERROVIAIRE



**CAPTAGE A.E.P. OU
IRRIGATION**



ALLUVIONS ANCIENNES ET MODERNES



FORMATIONS COLLUVIALES ET LIMONS



FORMATIONS TERTIAIRES (Argiles, sables, grès et calcaires)



CRETACE (Craie)

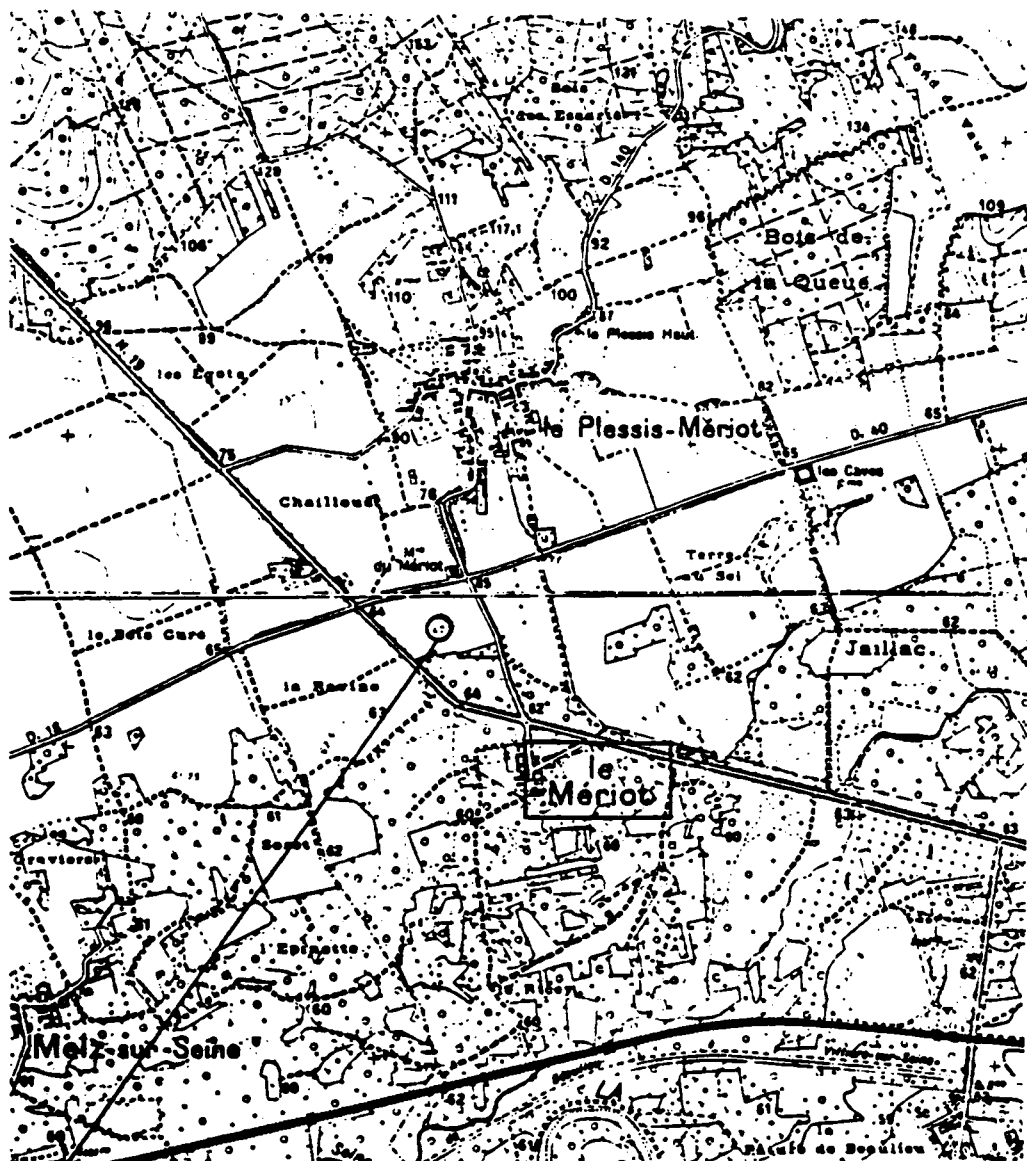
ECHELLE : 1/100 000⁰

PLAN DE SITUATION DÉTAILLÉE

DES LIEUX DE PRÉLÈVEMENT

EAU DE BOISSON

SECTEUR OUEST
ZONE DES 5 A 10 KM



CARTES IGN au 1/25000e PROVINS 3-4/7-8

LE MERIOT

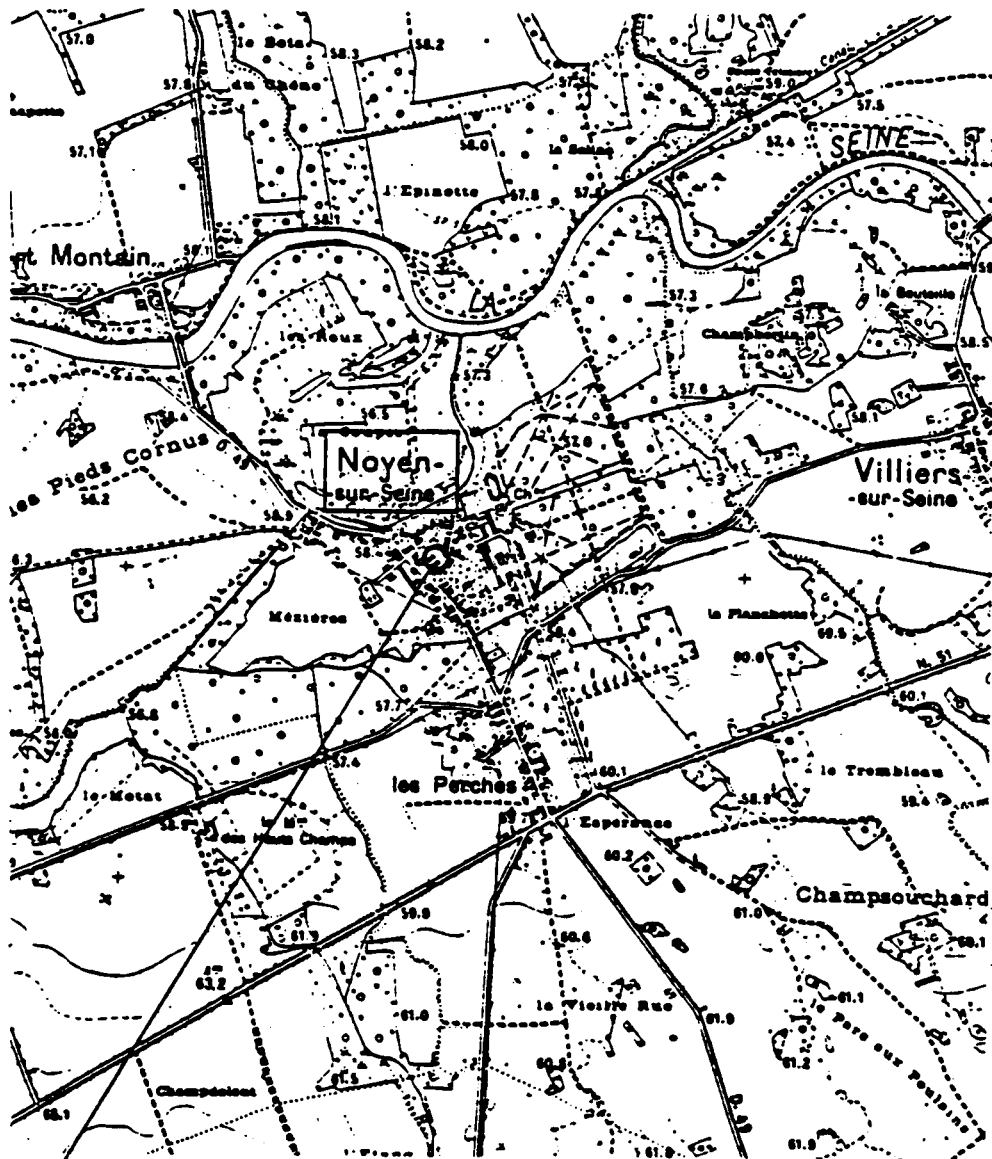
Captage A.E.P.

Prélèvements : Eau de boisson

SDDEA

30, avenue Casimir Périer
NOGENT

SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DES 10 A 15 KM



CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS 5-6

NOYEN S/SEINE

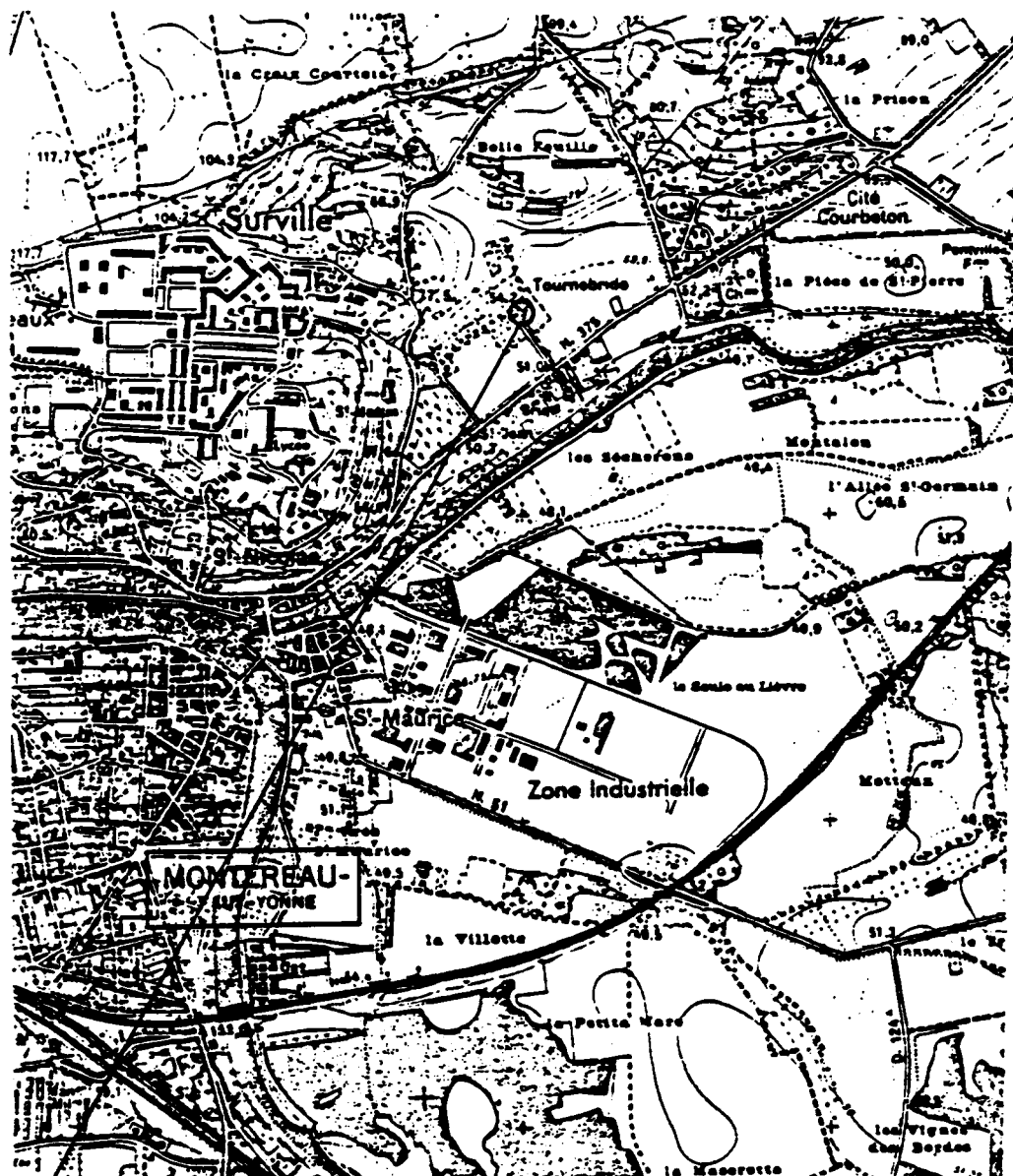
Captage A.E.P.

Prélèvements : Eau de boisson

Mairie
NOYEN

SECTEUR SUD-OUEST

ZONE DES 40 KM



CARTE IGN AU 1/25000e MONTEREAU FAUT YONNE 1-2

MONTEREAU

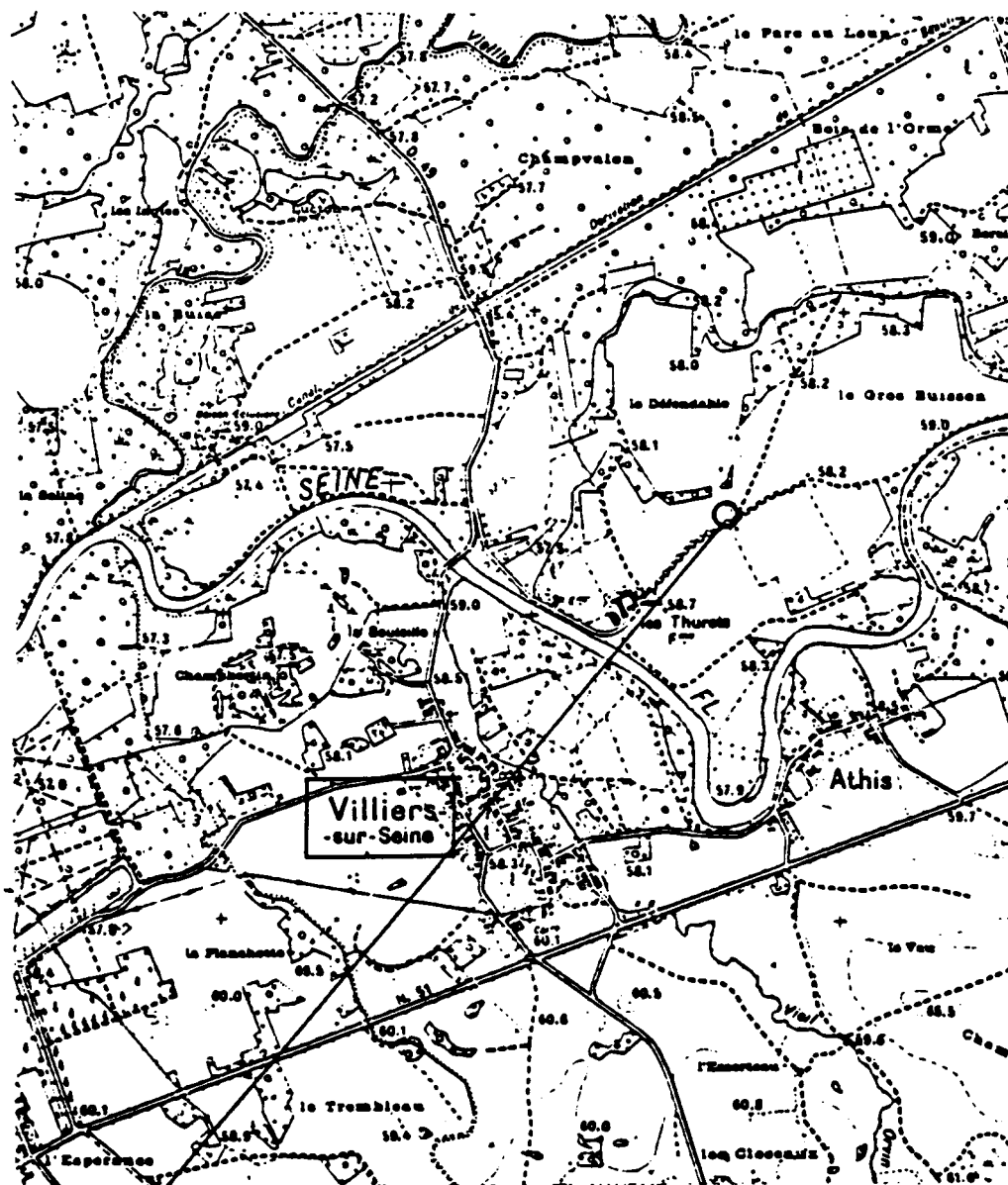
Champ captant

Prélèvements : Eau de boisson

Services techniques
ville MONTEREAU
Ateliers de COURBETON

EAU D'IRRIGATION

SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DES 10 A 15 KM



CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS 5-6

VILLIERS S/SEINE

Prélèvements : Eau irrigation

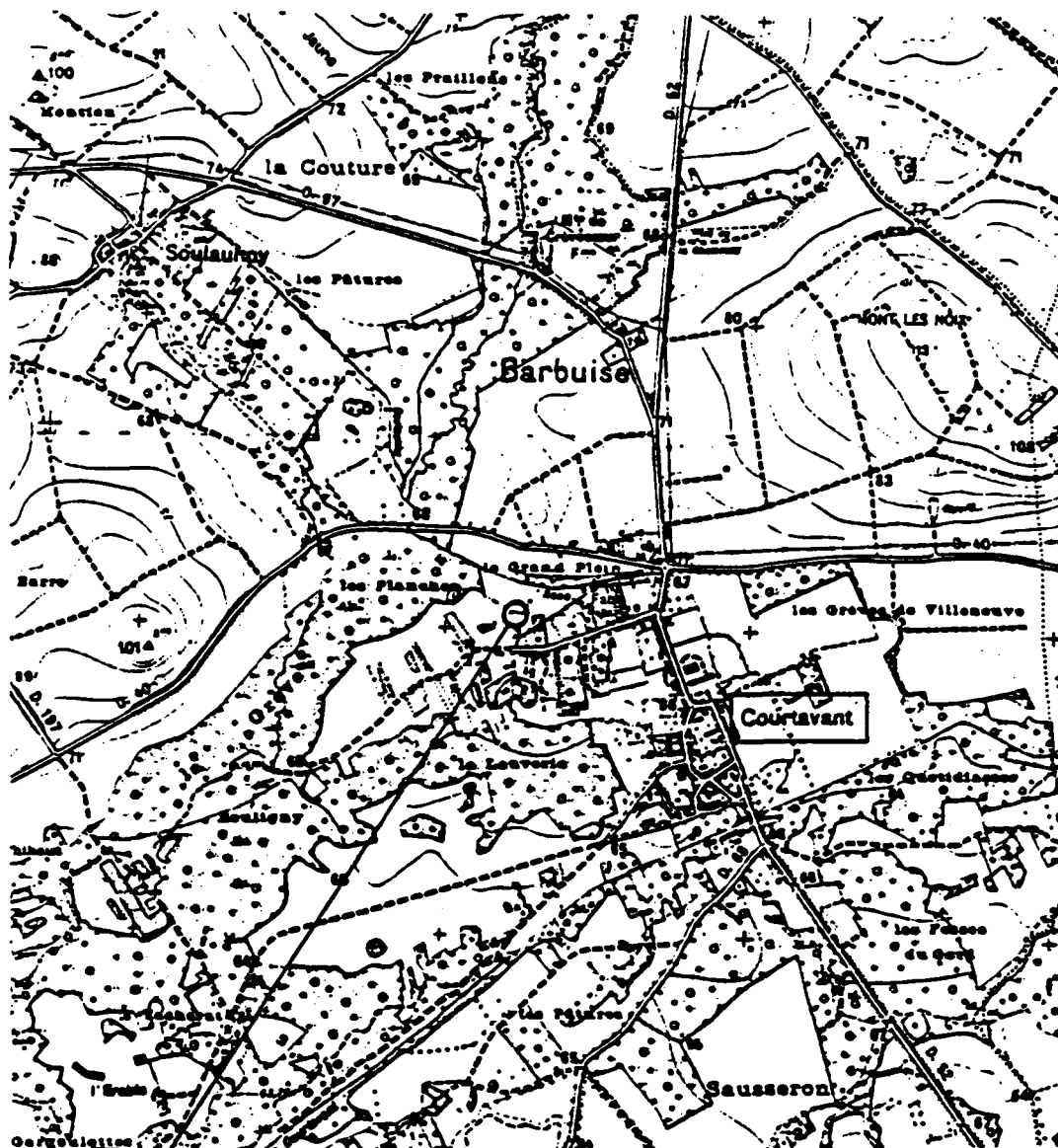
Monsieur MILLON
Agriculteur
domaine Les Thurets

EAU DE PLUIE

HERBE - LAIT - SOL

SECTEUR NORD-OUEST

ZONE DES 5 A 10 KM



CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS. 3-4

COURTAVANT

Prélèvements : Eau de pluie
Herbe
Lait
Sol pâturage

Madame WOJTOWICZ
Agriculture
COURTAVANT
Tél. (25) 21.44.20

SECTEUR NORD
ZONE DE 0 A 5 KM



CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS 3-4

LA SAULSOTTE

Prélèvements : Eau de pluie
Herbe (ensilage)
Lait

Monsieur ROPARS
Agriculteur
La SAULSOTTE
Tél. (25) 25.86.54

SECTEUR OUEST
ZONE DES 5 A 10 KM



CARTES IGN AU 1/25000e PROVINS 3-4
7-8

LE MERIOT

Prélèvements : Eau de pluie
Herbe
Lait
Sol

Monsieur BROUILLET
Agriculteur
LE MERIOT
Tél. (25) 25.85.06

LÉGUMES - SOL

SECTEUR OUEST
ZONE DES 5 A 10 KM



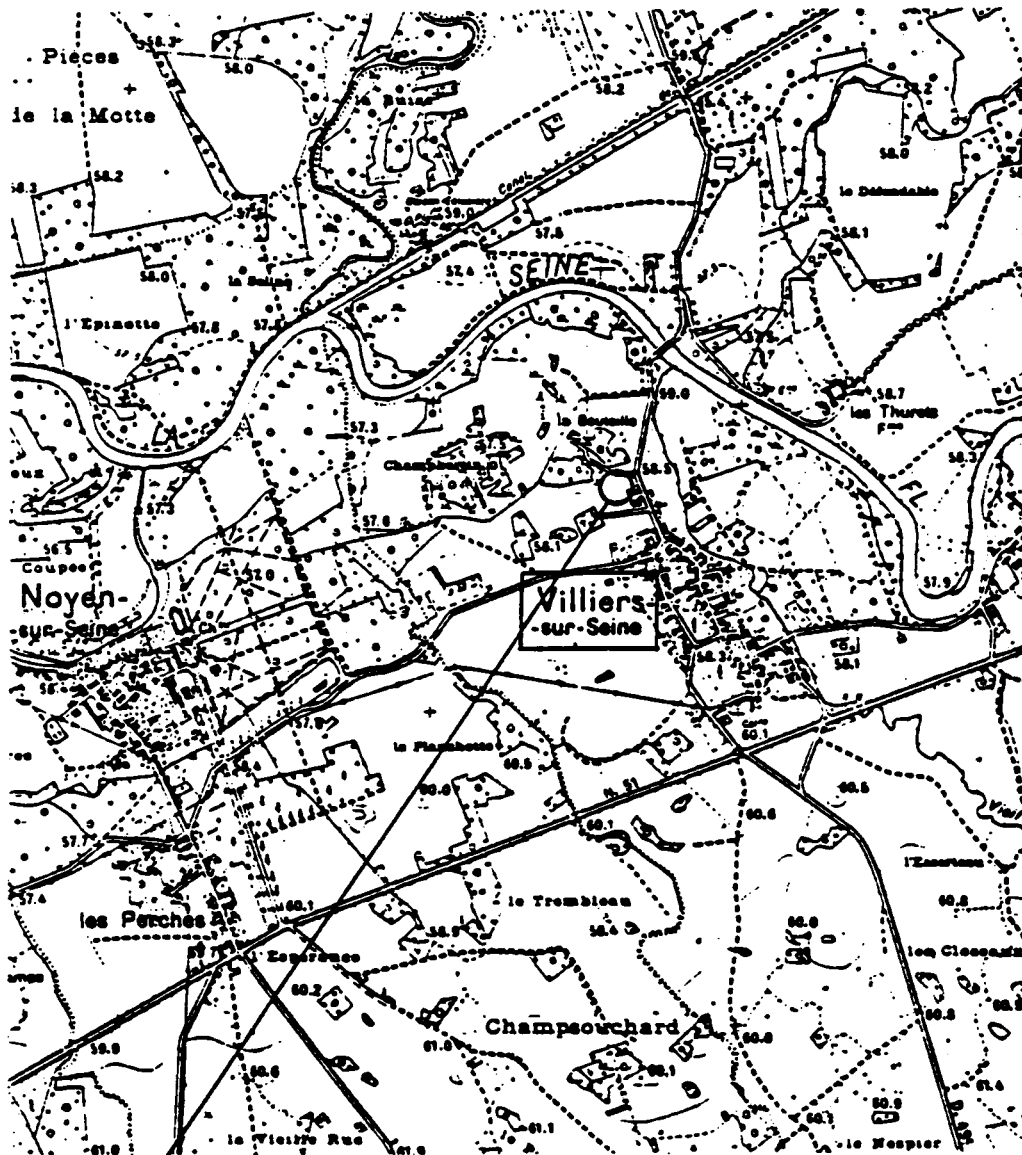
CARTES IGN AU 1/25000e PROVINS 3-4
7-8

LE MERIOT

Prélèvements : Légumes
(cornichons)

Monsieur BROUILLET
Agriculteur
LE MERIOT

SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DES 10 A 15 KM



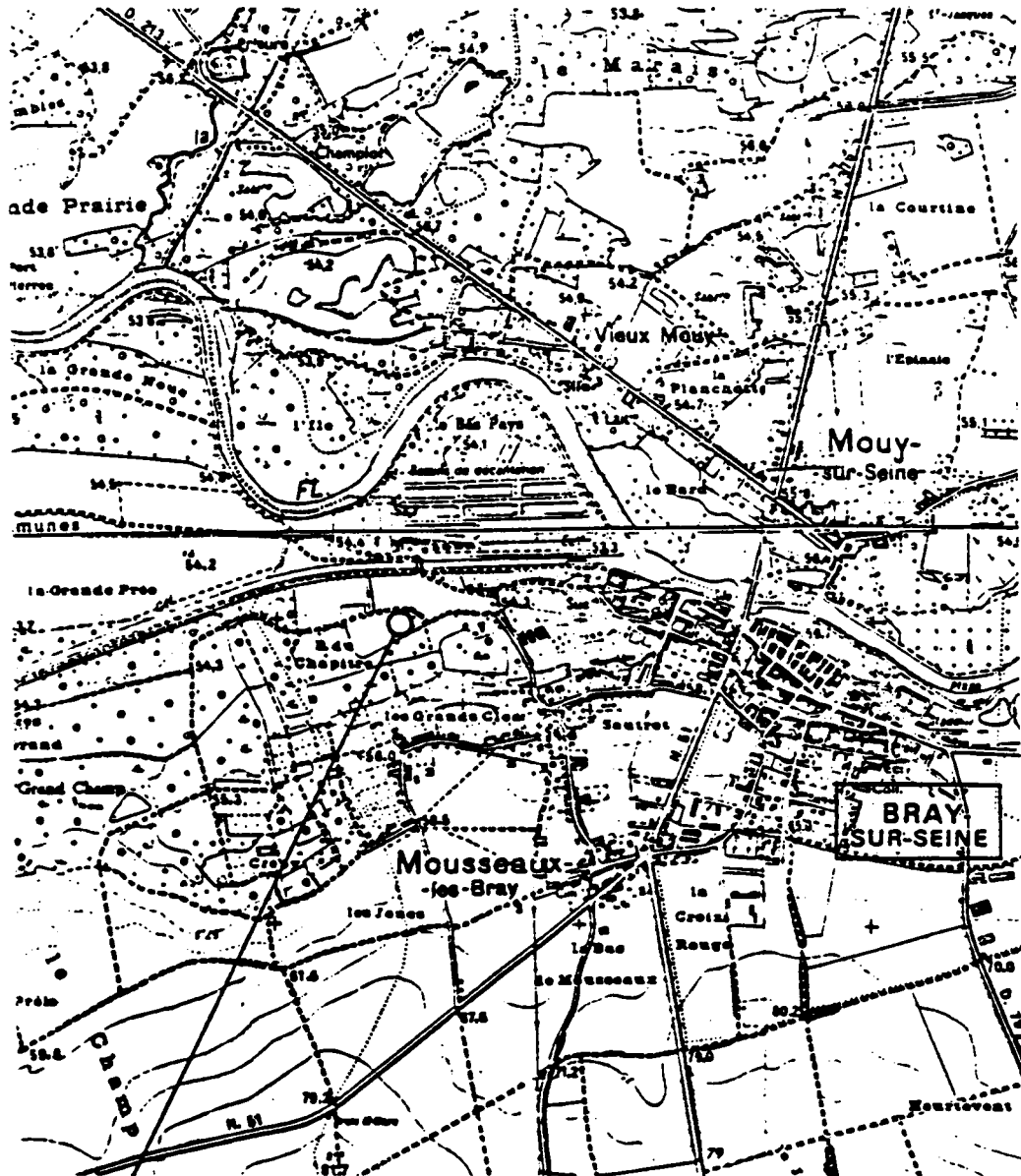
CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS 5-6

VILLIERS S/SEINE

Prélèvements : Légumes (endives)
Sol

Madame RAS
Productrice
VILLIERS

SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DES 20 A 25 KM



CARTES IGN AU 1/25000e

NANGIS	7-8
PROVINS	5-6
MONTEREAU	3-4
SERGINES	1-2

BRAY SUR SEINE

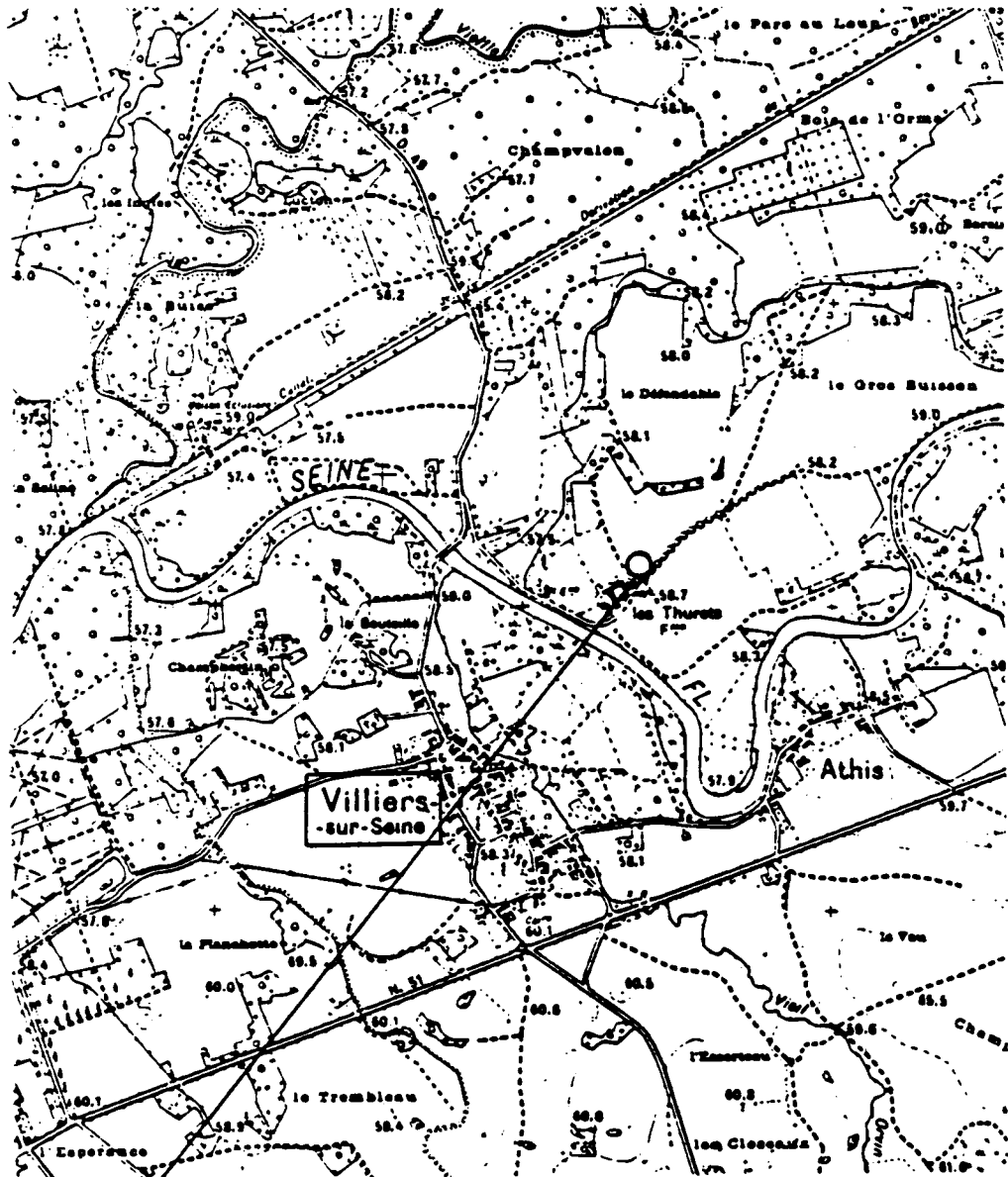
Prélèvements : Légumes
Sol maraîcher

Monsieur THOISON
Maraîcher
MOUSSEAUX LES BRAY

MAÏS - BETTERAVES

SOL

SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DES 10 A 15 KM



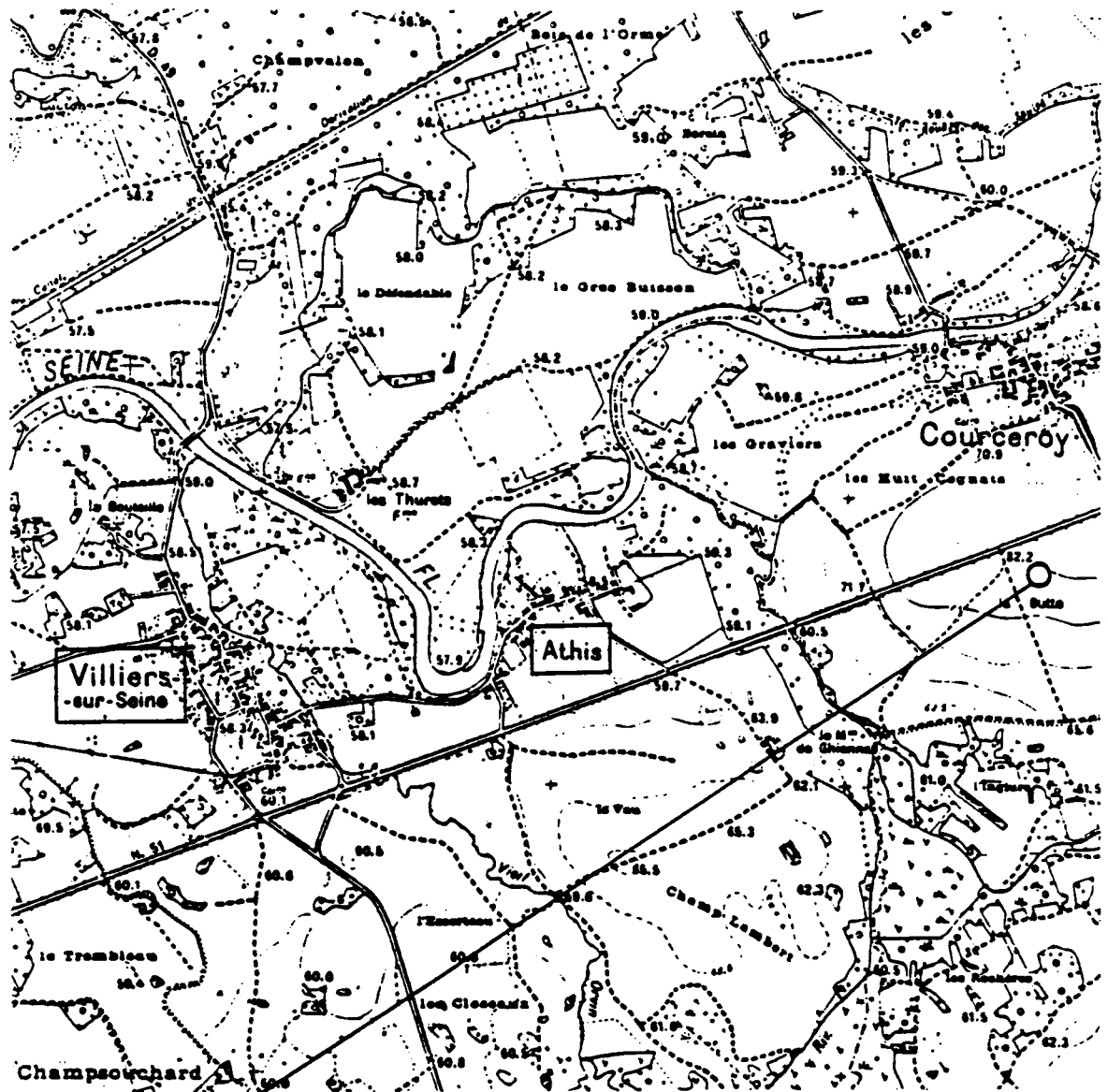
CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS 5-6

VILLIERS S/SEINE

Prélèvements : Maïs fourrage
Maïs grains
Sol

Monsieur MILLON
Agriculteur
domaine Les Thurets
Tél. (6) 401.86.51

SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DES 10 A 15 KM



CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS 5-6

VILLIERS S/SEINE

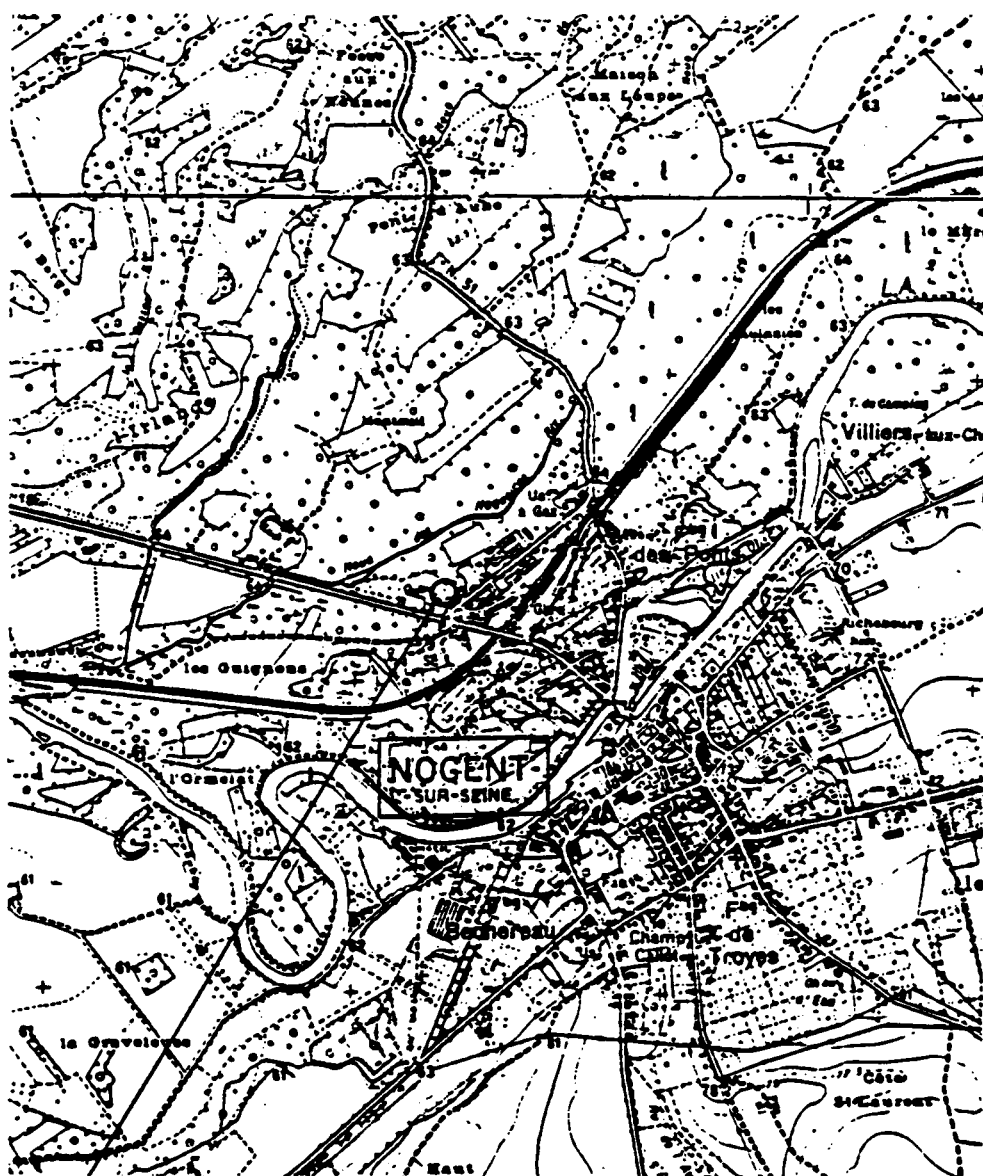
Prélèvements : Betteraves
Sol

Monsieur HEURTEVIGNE
Agriculteur
ATHIS

PRODUITS TRANSFORMÉS



SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DE 0 A 5 KM



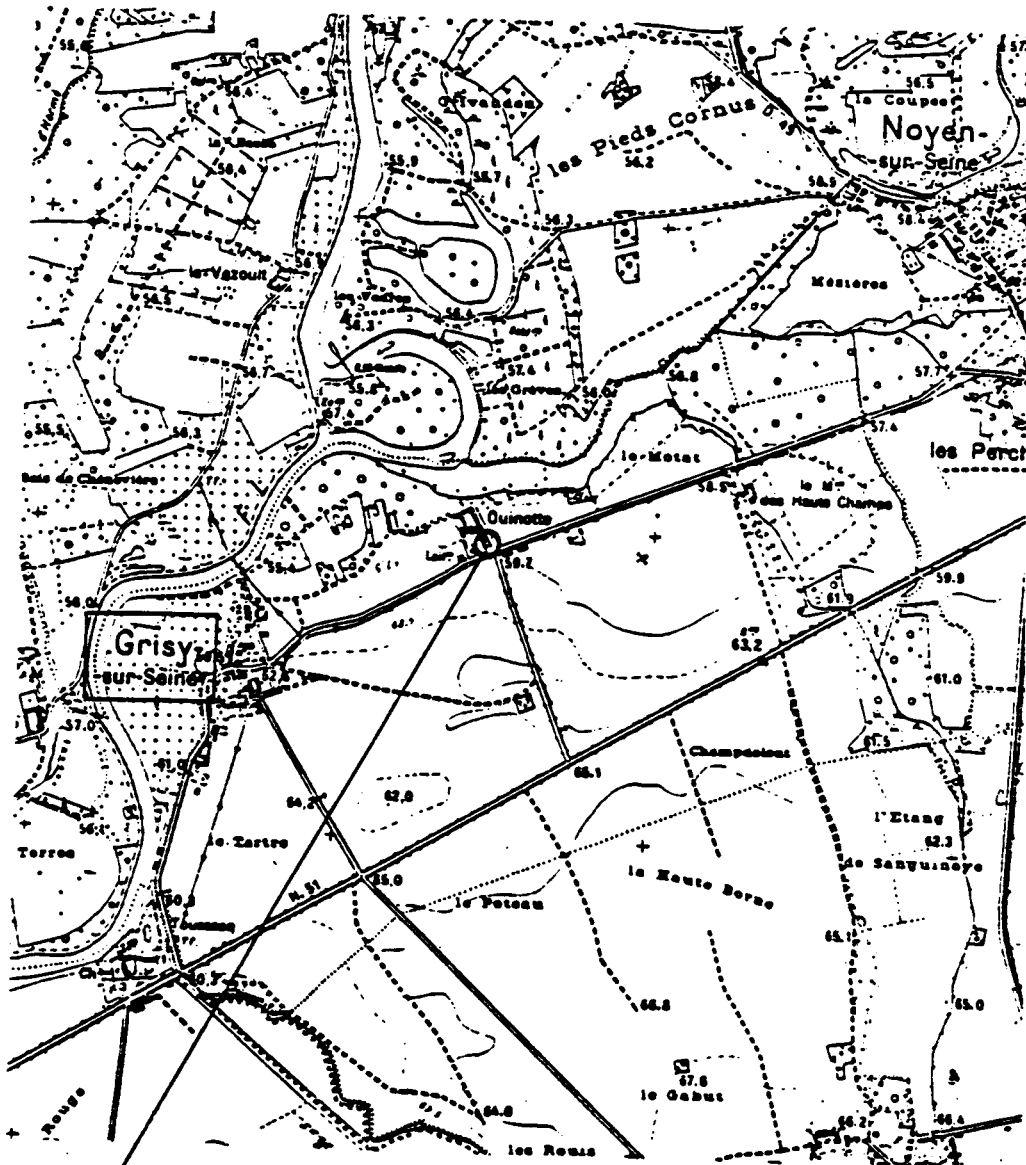
CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS 7-8

NOGENT S/SEINE

Prélèvement : Malt

Malterie SOUFFLET
quai Général Sarrail
NOGENT

SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DES 15 A 20 KM



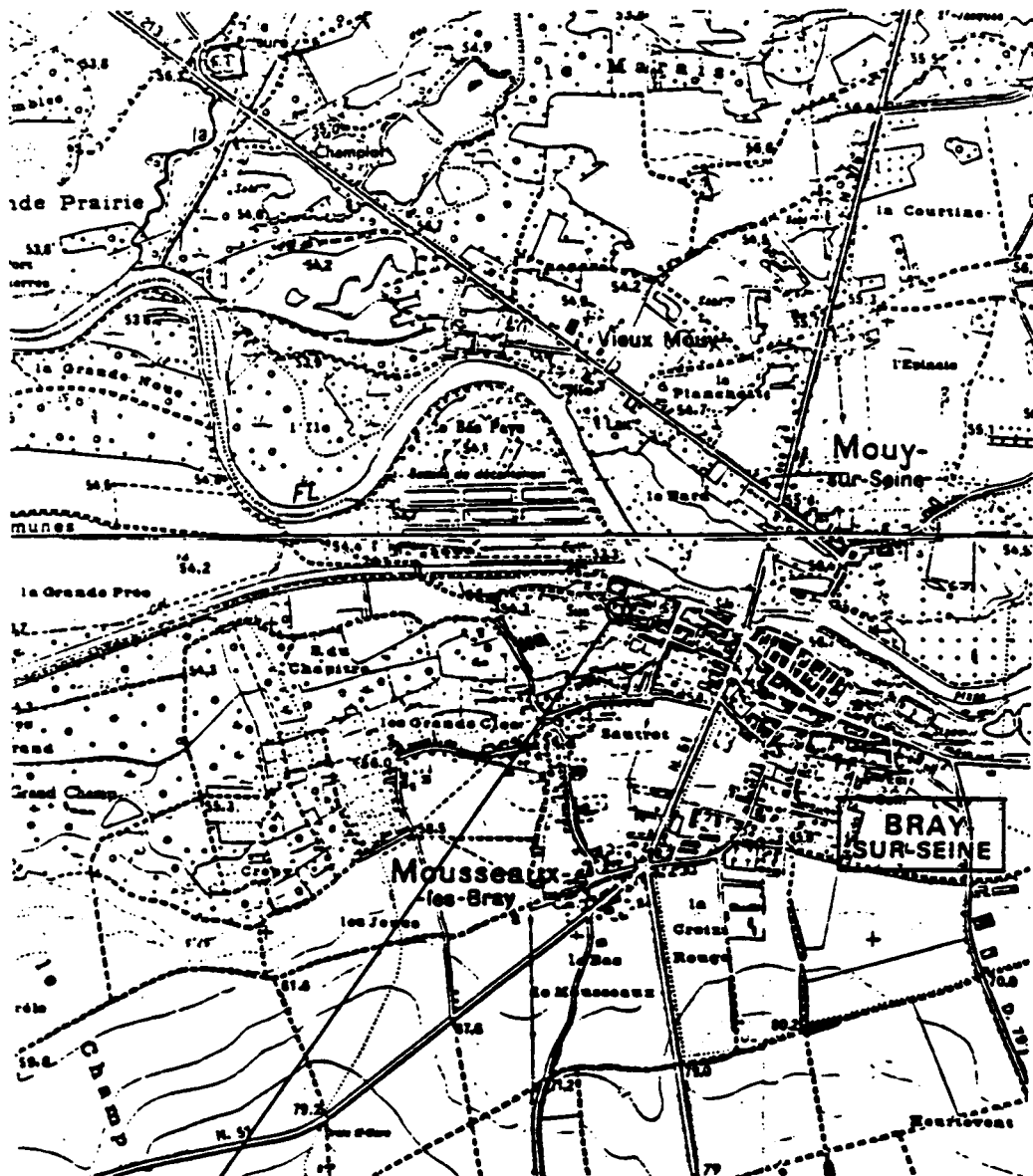
CARTE IGN AU 1/25000e PROVINS 5-6

GRISY S/SEINE

Prélèvement : Fromage

Laiterie
QUINOTTE

SECTEUR SUD-OUEST
ZONE DES 20 A 25 KM



CARTES IGN AU 1/25000e

NANGIS	7-8
PROVINS	5-6
MONTEREAU	3-4
SERGINES	1-2

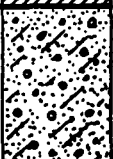
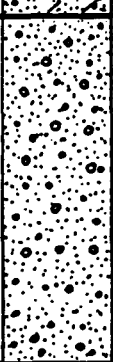
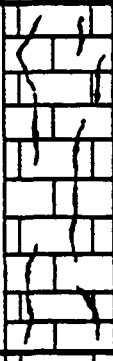
BRAY SUR SEINE

Prélèvement : Sucre

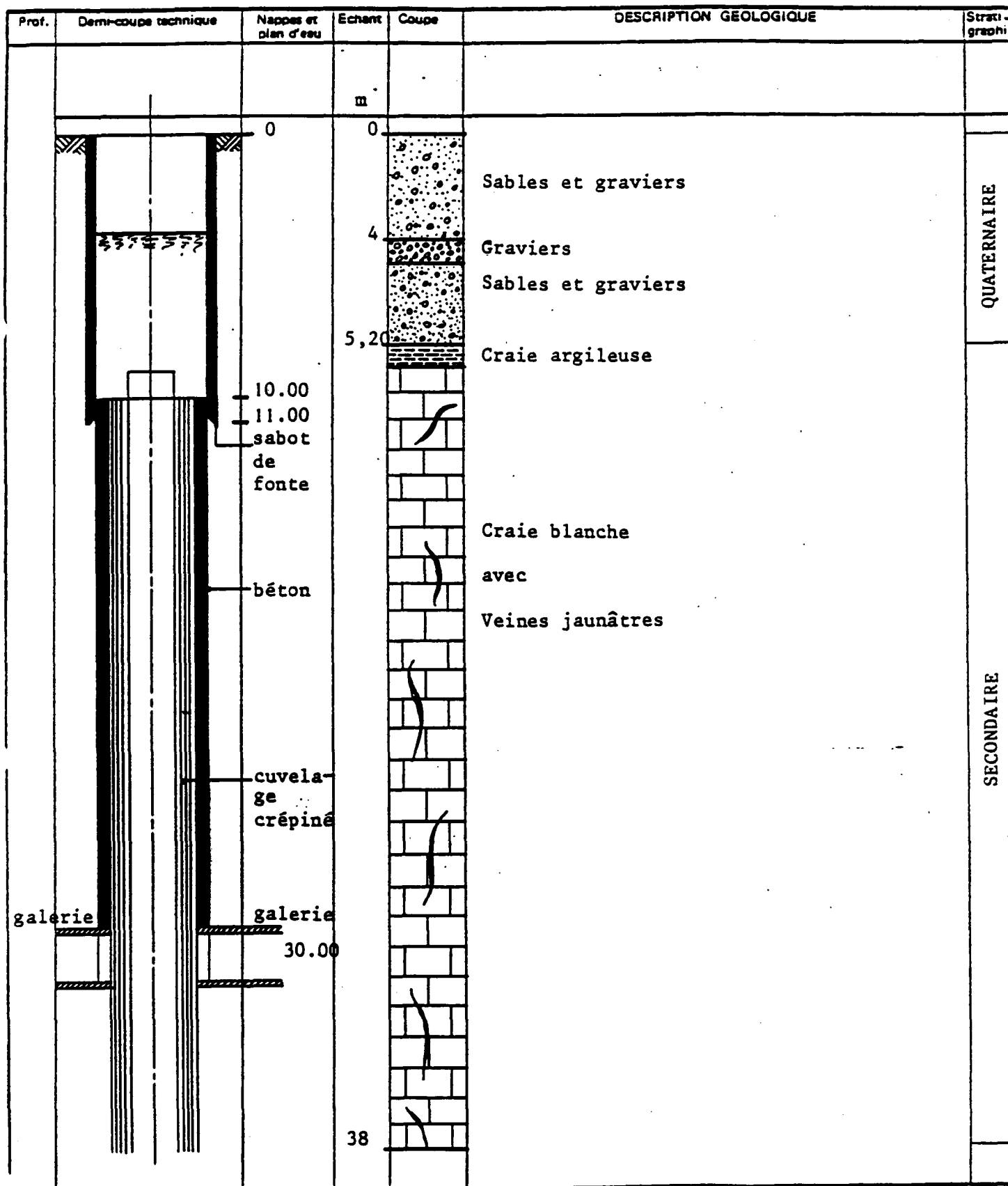
Sucrerie centrale
BRAY

COUPES DÉTAILLÉES DES FORAGES

DEP : 10 COMMUNE LE MERIOT
Désignation : Captage A.E.P.

Prof.	Demi-coupe technique	Nappes et plan d'eau	Echant	Coupe	DESCRIPTION GEOLOGIQUE	Strati- graphi
			m			
			0		Terre végétale	
			0,60		Terre et sables	
			3		Sables de Seine	QUATERNAIRE
			7,5		Craie fissurée en blocs	
			12		Craie dure	SECONDAIRE
			15			

DEP : 89 COMMUNE MONTEREAU
 Désignation : Captage A.E.P. de COURBETON (P2)



COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

DEPARTEMENT DE PROTECTION

Service d'Etudes et Recherches sur l'Environnement

Section de Radioécologie



ETUDE RADIOECOLOGIQUE DU SITE DE NOGENT SUR SEINE

POINT ZÉRO RADIOACTIF

MESURE DU RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT

T. MARINI - L. OTTAVI - C. SOYER

LABORATOIRE DES TRANSFERTS ATMOSPHERIQUES

Etude faite à la demande d'Electricité de France

Région d'Equipement de Paris

Contrat VEN 1752-04

C.E.A/FONTENAY-AUX-ROSES - B.P. N°6 - 92260

JUIN 1982

1 - INTRODUCTION

Le présent document a pour objet de présenter sous forme de cartes l'état de référence du site de la future Centrale électronucléaire de Nogent-sur-Seine, en ce qui concerne le rayonnement gamma ambiant. Cette mesure implique la nécessité de mesurer le débit de dose adopté en radioprotection, c'est-à-dire l'utilisation d'un dispositif de mesure tenant compte de l'énergie des sources en présence (origine tellurique et cosmique).

L'unité de débit de dose absorbé est le Gray.h^{-1} qui se définit comme l'absorption d'une énergie de 1 Joule par heure et par kg de matière (l'air dans le cas présent) transférée par le rayonnement⁽¹⁾.

Ce document servira d'élément de comparaison aux mesures ultérieures dans le domaine de l'irradiation externe. Outre les cartes à l'échelle régionale qui sont présentées, une interprétation géologique est donnée pour expliquer les anomalies rencontrées et quelques résultats d'analyse par spectrométrie gamma Ge-Li sont donnés, portant sur des échantillons de terrain, et de revêtements routiers.

(1) La correspondance avec l'unité employée antérieurement est donnée par la relation : $10 \text{ nGy.h}^{-1} = 1 \text{ urad.h}^{-1}$.

II - TRAVAUX REALISES

Dans le cadre du contrat VEN 1752-04, une campagne de mesures a eu lieu sur le site de Nogent-sur-Seine durant la deuxième quinzaine du mois d'octobre 1981, dans un rayon de 20 km autour de la Centrale.

L'ensemble de l'appareillage de mesures (1) a été défini, étudié et étalonné préalablement afin de satisfaire aux exigences imposées par l'établissement de carte de débit de dose. Le détecteur(1) est constitué d'une chambre d'ionisation du type à gaz pressurisé (type RSS 111), afin d'atteindre la sensibilité souhaitée. L'ensemble de la chaîne de mesures (détecteur, amplificateur, voltmètre numérique et enregistreur) est installé dans un véhicule laboratoire spécialement réalisé à cet effet :

- isolation thermique soignée,
- groupe électrogène isolé,
- tableau électrique complet (voltmètre, ampèremètre, fréquencemètre).

La chambre, de forme sphérique est disposée dans le véhicule de telle sorte que son axe de symétrie soit situé à 1 mètre du sol, ce qui constitue une condition standard compatible avec la hauteur du centre de gravité du corps humain.

Les mesures sont effectuées en continu sur les routes et chemins de la région concernée, la vitesse du véhicule étant de 7 km h^{-1} , pour tenir compte du temps de réponse de l'appareillage. Les itinéraires sont choisis de façon à constituer un maillage régional relativement serré autour du site étudié avec des mesures complémentaires sur les chemins de terre et dans les champs.

Le débit de dose absorbé dû au rayonnement gamma ambiant est indiqué sur les cartes élémentaires du quadrillage par des valeurs notées en caractères gras, et sont exprimées en nanogray h^{-1} (nGy.h^{-1}).

III. - SITUATION GEOLOGIQUE.

III. 1 - Généralités :

La région étudiée autour du site peut se diviser en deux zones séparées par la large vallée de la Seine, que rejoint l'Aube, et qui s'écoule en décrivant un large cercle dont la courbe s'inscrit dans la portion de Romilly-Nogent :

- la partie du Sud et Sud-Est est le domaine de la *craie crétacée* avec des collines sèches dépendant de la Champagne crayeuse ;
- dans la zone Nord et Nord-Ouest, un large plateau tertiaire, recouvert partiellement de *limons*, a des assises constituées par des collines *crayeuses du Crétacé*. La falaise ainsi créée surplombe d'une centaine de mètres la vallée de la Seine.

III. 2 - Géochronologie :

ERE SECONDAIRE.

C'est au Trias (-212 M.a) que le bassin parisien commence à s'individualiser en une fosse de subsidence orientée grossièrement Ouest-Est, où s'accumulent les sédiments du Jurassique (-212 M.a) essentiellement composés de *marnes* et *calcaires* (phase biochimique), alors qu'au Crétacé (-143 M.a) l'apport est terrigène avec des *sables* et des *argiles*.

Au Cénomanién, Turonien et Sénonien, une mer épicontinentale à eaux calmes recouvre une partie de la région ; elle permet l'accumulation d'importantes séries crayeuses.

La *craie du Campanien-Santonien* constitue la majeure partie de la zone au Sud et au Sud-Est de Nogent-sur-Seine.

ERE TERTIAIRE.

Caractérisée par les dépôts du plateau de Sourdun, tout d'abord les *grès*, puis les *sables* et les niveaux *argilo-sableux* de l'Eocène (-51 M.a) avec l'Yprésien inférieur et supérieur, les *calcaires lacustres* du Lutécien (Provins et Saint-Parres) et les *calcaires* et *marnes* du Bartonien.

Ensuite, les *alluvions anciennes* (Fy), formées de "graves" (sables et cailloutis), recouvrent de larges zones de part et d'autre de la vallée de la Seine.

Enfin, les *alluvions modernes* (Fz) couvrent les fonds des diverses vallées ; elles sont formées de sables et cailloutis souvent argilo-sableux avec présence de tourbe.

- CARTE ROMILLY-S/-SEINE 1.2 - Le Bois d'En Haut, D.48
 $D \approx 110 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Bois de Marcilly, D.50
 $D \approx 113 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE PROVINS 7.8
 - Sud de Fontaine-Mâcon, D.68
 $D \approx 115 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE ROMILLY-S/-SEINE 5.6 - Les Chaneaux, D.52
 $D \approx 104 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE PROVINS 5.6
 - Les Pariottes, sur environ 500 m.
 $D \approx 93 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De part et d'autre du point
 $63 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

Valeurs cerclées : lorsqu'une zone se particularise par un ensemble de valeurs fortes, la valeur est repérée par un cercle et ne s'intègre pas dans le processus d'interprétation précédent. Ce type de mesure donne lieu systématiquement à la recherche du maximum et la valeur est obtenue par point fixe du véhicule.

- CARTE ESTERNAY 7.8
 - Sud de Bouchy, D.100
 - . A partir de la cote 159, sur environ 150 m.
 $110 \leq D \leq 126 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - . De part et d'autre du point
 $74 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE ROMILLY-S/-SEINE 1.2 - Entre Conflans-s/-Seine et Marcilly-s/-Seine, peu après la scierie .
 $D \approx 56 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De part et d'autre du point
 $D \approx 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Baudement, à la hauteur de l'église, D.51
 $D \approx 104 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De part et d'autre du point
 $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

IV - COMMENTAIRE D'INTERPRETATION DES MESURES DE RAYONNEMENT GAMMA
AMBIANT CONCERNANT LA RELATION ENTRE LE DEBIT DE DOSE ET LA
NATURE DU SOL.

IV. 1 - Généralités :

Les mesures étant réalisées par enregistrement continu le long d'un itinéraire, les valeurs indiquées sur les cartes correspondent à une succession de valeurs minimales et maximales, l'évolution entre deux valeurs consécutives se faisant de façon continue et progressive.

Valeurs soulignées : lorsqu'une portion de route ou un type de terrain se particularise par des valeurs très différentes de celles du voisinage, les valeurs maximales sont soulignées et s'intègrent dans le processus d'interprétation.

- CARTE ESTERNAY 7.8 - sud de Saint-Genest

$$D = 116 \text{ nGy.h}^{-1}$$

au niveau du C.6, de la D.49 et du pont du ruisseau "l'Aubertin".

- Saint-Bon, D.119

$$D = 116 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- la Forestiere, D.448

$$D = 110 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- les Courtillots, D.48

$$D = 119 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- CARTE PROVINS 1.2 - Saint-Brice, D.236

$$D = 120 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- Léchelle, D.236

$$D = 110 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- CARTE PROVINS 3.4 - Resson, D.176/D.176^a

$$D = 107 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- CARTE ROMILLY-S/-SEINE 1.2 - Le Bois d'En Haut, D.48
 $D = 110 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Bois de Marcilly, D.50
 $D = 113 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE PROVINS 7.8 - Sud de Fontaine-Mâcon, D.68
 $D = 115 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE ROMILLY-S/-SEINE 5.6 - Les Chaneaux, D.52
 $D = 104 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE PROVINS 5.6 - Les Pariottes, sur environ 500 m.
 $D = 93 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De part et d'autre du point
 $63 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

Valeurs cerclées : lorsqu'une zone se particularise par un ensemble de valeurs fortes, la valeur est repérée par un cercle et ne s'intègre pas dans le processus d'interprétation précédent. Ce type de mesure donne lieu systématiquement à la recherche du maximum et la valeur est obtenue par point fixe du véhicule.

- CARTE ESTERNAY 7.8 - Sud de Bouchy, D.100
- A partir de la cote 159, sur environ 150 m.
 $110 \leq D \leq 126 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De part et d'autre du point
 $74 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE ROMILLY-S/-SEINE 1.2 - Entre Conflans-s/-Seine et Marcilly-s/-Seine, peu après la scierie .
 $D = 56 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De part et d'autre du point
 $D = 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Bagdemont, à la hauteur de l'église, D.51
 $D = 104 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De part et d'autre du point
 $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

—

- (

(

(

(

- (

(

- (

Le tableau ci-dessous résume les activités, exprimées en 10^{-3}Bq.g^{-1} pour les différents radionucléides détectés

	U.238	Ra.226	Th.232	K.40
Gravillon noir	74 ± 20	91 ± 15	40 ± 8	760 ± 100
Gravillon rouge	112 ± 15	110 ± 13	94 ± 11	1480 ± 150

- CARTE ESTERNAY 5.6 - D.71 - De Rupéreau à Voulton
 $80 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De Voulton à "les Couloux"
 $74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- C.3 - Environs de la ferme "Bohaire"
 $71 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- V.1 - Environs de la ferme "Boôlot", ferme "Daoust"
 $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.12 - De Rupéreau à Villiers Saint-Georges
 $74 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$
- N.375 - Du "Bois du Fau" à Villiers Saint-Georges
 $83 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.72 - De la cote 155 à la cote 145
 $63 \leq D \leq 76 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.15 - De "la Grande Saule" à Villiers Saint-Georges
 $80 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- C.7 - De "la Grande Saule" à Brantilly
 $68 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De Brantilly à Champcouelle
 $59 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.60 - De Champcouelle à la cote 152
 $68 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De la cote 152 à la D.15
 $71 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CV - Alentours "Le Mesnil"
 $D = 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE ESTERNAY 7.8 - N.375 - $83 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$

O.119 - De "La Cigue" à Saint-Bon

$$74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- De Saint-Bon au pont sur "l'Aubetin" (V.2)

$$77 \leq D \leq 116 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- De "l'Aubetin" à "le Noyer Billot" (C.6)

$$63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$$

O.100 - Du "Vieux-Moulin" à Bouchy-le-Repos (V.4)

$$77 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- De "Bouchy le Repos" à "les Nouettes"

$$77 \leq D \leq 110 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- De "les Nouettes" à "le Noyer Prêcheur"

$$63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$$

V.10 - Environs de Champlay

$$68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$$

O.60 - De "le Grand Poirier" à Fontaine-Montaiguill

$$68 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$$

O.131 - De Louan à Villegruys

$$65 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$$

O.49 - Sortie Est de Saint-Genest

$$98 \leq D \leq 116 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- De "la Pièce des Noyers" à la Forestière

$$74 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- Traversée de la Forestière

$$65 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$$

O.48 - De "les Gabeaux" à Les Essarts-le-Vicomte

$$98 \leq D \leq 119 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- De la cote 180 au Bois de Bethon (cote 196)

$$83 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$$

O.248 - De la cote 180 au Bois des Moines

$$80 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$$

...

- V.4 - De la Forestière à la Chalmelle
 $71 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Route de la Forestière à la D.48
 $93 \leq D \leq 110 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE SEZANNE 5.6

- D.49 - De "la Contrée du Petit Bois" aux
"Rimbeaux"
 $74 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
D.48 - Forêt de Bethon
 $D \approx 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
Traversée de Bethon
 $71 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
C.V. - "Fonds des Courreaux"
 $74 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
D.51 - De la D.48 à la cote 194,2
 $63 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De la cote 194,2 aux "Fond de Vauchevret"
 $80 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE PROVINS 1.2

- D.71 - De Saint-Martin des Champs à la cote 150,9
 $71 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$
D.403 - De la cote 150,9 à "la Maladrerie"
 $74 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "la Maladrerie" au "Bois des Grillons"
 $65 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
D.236 - De Provins (D.12) à Saint-Brice
(Chemin de Lugrand)
 $86 \leq D \leq 120 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Sur le parking, face à la rue de l'Abreuvoir
 $D \approx 63 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Du Chemin de "Lugrand" à "l'Orme"
 $68 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De l'Orme à la "Grande contrée"
 $74 \leq D \leq 110 \text{ nGy.h}^{-1}$
D.100 - $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.78 - De Cormeron à Richebourg
 $80 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Richebourg à la Ferme Montbron
 $63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De la Ferme Montbron à la Cote 157,1
 $77 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- V.7 - Rue du Stade (Cormeron)
 $68 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- V.8 - Bordure du Château Houssay
 $65 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Du Château Houssay à Saint-Martin des Champs
 $71 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- C.V. - De Léchelle à Richebourg
 $71 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Léchelle à la D.74
 $63 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.74 - De Provins à la D.78 (Moulin Rouge)
 $58 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "le Moulin Rouge" à Piggy
 $63 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.74e - $80 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- N.19 - $74 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.1 - De Bellevue à Soisy-Bouy
 $68 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.18a - De Bourg-Chéri au "Taillis des Souches"
 $65 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE PROVINS 3.4

- D.236 - De "la Pistolette" à "la Pie"
 $80 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "la Pie" à "la Ferme Fresnoy"
 $71 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.76 - De "la ferme Fresnoy" à "Argensole"
 $74 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "Argensole" à "le Pont Vert"
 $65 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.71 - De "la Butte du Moulin" à Chennevières
 $71 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De Puits-Froux à Nozeaux
 $74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- X D.140 - De Chalaux-la-Grande à Le Plessis-Haut
 (Cote 97)
 $71 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CV - Route de le Plessis-haut à "Chaillouet"
 $74 \leq D \leq 95 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.40 - De Le Plessis-Mériot à Nozeaux
 $65 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De Nozeaux aux "Grèves de Villeneuve"
 $59 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.97a / D.97b - De "la Chambre au Loup" à Courtioux
 $71 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.176 - De "le Châtaignier" à l'Ermitage
 $86 \leq D \leq 107 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De "l'Ermitage" à la Saulsotte (Cote 75)
 $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- X - De la Saulsotte à Liours
 $80 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.176a - De Fouchères (cote 158) à Resson
 $86 \leq D \leq 107 \text{ nGy.h}^{-1}$
- X D.51 - De "le Pont Vert" à "le Pleux de la Mousse"
 $74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De "le Pleux de la Mousse" à "La Fosse aux Nonnes"
 $59 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.74 - De "la Croix Jacquinet" à Fouchères
 $68 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.97 - De "la Chambre au Loup" à les Vigneaux
 $77 \leq D \leq 95 \text{ nGy.h}^{-1}$
 De Les Vigneaux à Barbuise
 $59 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.197 - De Les Vigneaux à "le Bas de la Tonnelle"
 $65 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.174 - De "la Garenne" à Plessis-Barbuis
 $71 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Plessis-Barbuis à "La Couture"
 $59 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- X D.52 - De "le Bassin" (Villenauxe) à
Pont-sur-Seine
 $59 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- X D.68 - De Courtavant à Marnay-s/-Seine
 $56 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Traversée de Marnay-s/-Seine
 $74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- X N.19 - $77 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.100 $65 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.52b - De Villenauxe à "la Madeleine"
 $74 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "la Madeleine" à "la Garenne"
 $63 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- C.V. - Route "les Bruyères" à Chalaute-la-Grande
 $74 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$

-CARTE ROMILLY-S/-SEINE 1.2

- D.40b - $71 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.48 - De "les Mouselles" à "Becheret"
 $77 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "Becheret" au cimetière de Conflans
 $65 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Traversée de Conflans-s/-Seine
 $77 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Conflans-s/-Seine au Château de Sellières
(cote 71)
 $93 \leq D \leq 110 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.206 - $59 \leq D \leq 61 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.51 - De "la Poterie" à "Périgny-la-Rose"
 $63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Périgny-la-Rose à Esclavolles-Lurey
 $74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Traversée d'Esclavolles-Lurey
 $65 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D'Esclavolles-Lurey (scierie) à Marcilly-s/-Seine (D.50)
 $71 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Marcilly-s/-Seine (D.50) à Saron-s/-Aube
 $63 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Saron-s/-Aube à Baudement
 $74 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- NP.19 - $74 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.250 - $63 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.50 - Du "Montolin" à Marcilly-s/-Seine
 $59 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Traversée de Marcilly-s/-Seine
 $71 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Marcilly-s/-Seine à "la Pièce de Vingt Quatre"
 $101 \leq D \leq 113 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "la Pièce de Vingt-Quatre" à Romilly-s/-Sei
 $63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE PROVINS 5.6

- D.1 - De Montrame à "les Parrières"
 $63 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "les Parrières" à "les Grands Latteux"
 $77 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.18 - De "les Grands Latteux" à Flamboin
 $80 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.49 - De Flamboin à "le Port Montain"
 $63 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Traversée de "le Port Montain"
 $80 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "le Port Montain" à "la Motte Cornue"
 $63 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.49 - De Hermé à Thoury
 $56 \leq D \leq 65 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Traversée de Thoury
 $80 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Du sud de Toury à Villiers-s/-Seine (N.51)
 $59 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.49e - De Villiers-s/-Seine (N.51) à Cercy
 $65 \leq D \leq 78 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.51 - De Cercy au sud de "Les Longues Raies"
 $80 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.78 - De "Les Grands Pieux" à Hermé
 $56 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De "Les Perches" à "la Porte Blanche"
 $59 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.168 - De "Le Champ Berger" à Courceroy
 $53 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Traversée de Courceroy
 $71 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- N.51 - $77 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.120 - $93 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- N.19 - De "Le Bois Curé" à "Les Guignons"
 $74 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De "Le Cardinal" au nord de "Le Gros Noyer"
 $86 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- N.51 - Du Pont d'Aube à l'usine à gaz
 $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Du Fbg Berchereau à "Les Volennes"
 $77 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- C.V - Alentours de Fréparoy
 $77 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.120 - De "Le "Cachebeau" à Fontenay-de-Bossery
 $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - De Fontenay-de-Bossery à Gumery
 $77 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$
- N.374 - De Nogent-s/-Seine à "Le Bois de Luat"
 $71 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Au sud du "Bois de Luat"
 $D \approx 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE PROVINS 7.8

- D.68 - De Fontaine-Mâcon à "Pierre Frite"
 $95 \leq D \leq 113 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Saint-Aubin à Fontaine-Mâcon
 $80 \leq D \leq 98 \text{ nGv.h}^{-1}$
- Station de Marnay-s/-Seine
 $68 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.54 - De Nogent-s/-Seine à "la Croix Saint-Jacque"
 $86 \leq D \leq 95 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "la Croix Saint-Jacques" à "les Chaillots"
 $68 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "les Chaillots" à Avant-les-Marcilly
 $65 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- C.V. - Alentours de Villiers-aux-choux
Chateau de Bernières
 $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy/h}^{-1}$
Route de la Centrale
 $56 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- N.442 - $80 \leq D \leq 95 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.51 - De Quincey à "Charmelin"
 $80 \leq D \leq 95 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "Charmelin" à Tremblay
 $65 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Traversée de Tremblay
 $80 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Tremblay à "le Paroy"
 $71 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "le Paroy" à la N.374
 $80 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.52 - $68 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- C.V.4 - Alentour de Avant-les-Marcilly
 $63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE ROMMILLY-S/-SEINE 5.6

- D.51 - De "les Croisettes" à Longueperte
 $74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Longueperte à "la Brequine"
 $89 \leq D \leq 101 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.138 - De "Gratte Grue" à Longueperte
 $74 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.52 - Alentours de "les Chaneaux"
 $83 \leq D \leq 104 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "les Chaneaux" à Ferreux
 $77 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Ferreux à "le Bas de l'Arbre"
 $65 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.96 - De "les Croisettes" à Gelannes
 $65 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Gelannes à "le Pars-les-Romilly"
 $71 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Pars-les-Romilly à Origny-le-sec
 $63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

- N.440 - $53 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.19 - De la ferme "Vigne" à "la Maladière"
 $74 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "la Maladière" (par Gelannes) à la
N.442 (Saint Loup)
 $59 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De la N.442 à "le Haut des Vignes"
 $74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "le Haut-des Vignes" à "le Bois de"
 $63 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$

- D.116 - De Ferreux à Ossey-les trois Maisons
 $63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Traversée d'Ossey
 $71 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D'Ossey à Origny-le-sec
 $65 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$

- NP 19 - $D = 83 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE SERGINES OUEST

- D.78 - $59 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.59 - De "les Coudrées" à Villuis
 $65 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Villuis à Fontaine Fourches
 $74 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.59e - $68 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.49 - $63 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.147 - $74 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.119 - $68 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE SERGINES EST

- D.51 - De "Bemont" à Trainel (cote 80,6)
 $80 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De la cote 80,6 à "la Porte Blanc"
 $56 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.439 - Traversée de Trainel
 $71 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Trainel à "la Chapelle des Bor"
 $63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.79 - De "la Chapelle des Bornes" à Sog
 $68 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Sognes à "les Thomasses"
 $71 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "les Thomasses" à Mauny
 $59 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.25 - Traversée de Mauny
 $71 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.19 - De Mauny à Trancault
 $63 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De Trancault à Charmoy
 $74 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.119 - $74 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.174 - $68 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
- D.52 - De Sognes à Soligny-les-Etangs
 $59 \leq D \leq 65 \text{ nGy.h}^{-1}$
- Traversée de Soligny-les-Etangs
 $89 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$

- De Soligny-les-Etangs à "Moque Panier"
 $65 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
- De "Moque Panier" au "Chemin de Fontenay"
 $86 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$

D.16 - Bourdenay
 $68 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$

N.374 - $D \approx 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

D.374 - De Soligny-les-Etangs à Trancault
 $71 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$

- De Trancault à Bercenay-le-Hayer
 $65 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

D.54 - $65 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$

D.64 - $74 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE ESTISSAC 1.2

D.23 - Fay-les-Marcilly
 $74 \leq D \leq 93 \text{ nGy.h}^{-1}$

- De Fay-les-Marcilly à Avon-la-Pèze
 $74 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$

N.440 - $65 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

D.16 - De "le Bas de la Garenne" (Cote 105)
à Avon-la-Pèze
 $74 \leq D \leq 98 \text{ nGy.h}^{-1}$

D.169 - De Fay-les-Marcilly à Rigny-la-Nonneuse
 $65 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$

- Est de Rigny-la-Nonneuse
 $D = 86 \text{ nGy.h}^{-1}$

- De la Cote 131 à "les Communes"
 $68 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$

- De Fay-les-Marcilly à la D.54
 $71 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$

D.54 - $65 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$

IV.3. Mesures sur les terrains :

CAMPANIEN - craie :

- CARTE PROVINS 3.4
 - D.76 - "Le Champ Hubert"
 - Route $65 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Carrière $D \approx 56 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - D.97 - "Tonnelat"
 - Route $D \approx 95 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Terrain herbeux $D \approx 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Contre talus $D \approx 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE PROVINS 7.8
 - D.374 - "La Couperie"
 - Route $D \approx 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Carrière $D \approx 59 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE ROMILLY-S/-SEINE-1.2
 - D.51 - Baudement
 - Route $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Rue d'accès au chemin $D \approx 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Chemin de terre $53 \leq D \leq 63 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE ROMILLY-S/-SEINE-5.6
 - D.19 - "La Tomelle"
 - Route $77 \leq D \leq 83 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Chemin de terre $D \approx 59 \text{ nGy.h}^{-1}$
- CARTE SERGINE EST
 - D.19 - "Les Vignettes"
 - Route $77 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Chemin de terre $D \approx 65 \text{ nGy.h}^{-1}$

SPARNACIEN - argiles plastiques et sables :

- CARTE PROVINS 3.4
 - D.97a - "La Queue du Renard"
 - Route $D \approx 71 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Chemin de terre $D \approx 65 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Carrières $68 \leq D \leq 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Proximité du hangar $74 \leq D \leq 80 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - D.97b - cote 143
 - Route $D \approx 74 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Chemin de terre $D \approx 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
 - Carrière $65 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

BARTONIEN - marnes lacustres et calcaires de Saint-Ouen :

- CARTE ESTERNAY 7.8 - D.100 - Bouchy-le-Repos
- | | | |
|-----------------|-----------------------|---------------------|
| Route | $110 \leq D \leq 126$ | nGy.h^{-1} |
| Chemin de terre | $56 \leq D \leq 63$ | nGy.h^{-1} |
| Champs | $65 \leq D \leq 71$ | nGy.h^{-1} |

- marnes et calcaires de Champigny :

- CARTE ESTERNAY 7.8 - C.V. - "Le Moulin à Vent"
(S.-O. de la Forestière)
- | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------|
| Route | $93 \leq D \leq 95$ | nGy.h^{-1} |
| Chemin de terre | $D \approx 80$ | nGy.h^{-1} |

SANNOISIEN - meulrières, calcaires et marnes de la Brie :

- CARTE PROVINS 1.2 - Forêt de Sourdun
- | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------|
| Chemin empierré | $65 \leq D \leq 71$ | nGy.h^{-1} |
|-----------------|---------------------|---------------------|
- CARTE PROVINS 3.4 - C.V.1 - Chennetron
- | | | |
|----------------|---------------------|---------------------|
| Route | $71 \leq D \leq 74$ | nGy.h^{-1} |
| Bordure champs | $83 \leq D \leq 89$ | nGy.h^{-1} |

- argiles vertes et marnes :

- CARTE PROVINS 1.2 - C.V.8 - Château Houssay
- | | | |
|----------------|---------------------|---------------------|
| Route | $65 \leq D \leq 71$ | nGy.h^{-1} |
| Bordure champs | $D \approx 74$ | nGy.h^{-1} |
- C.V.8 - "La Garenne des soixante"
- | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------|
| Route | $77 \leq D \leq 80$ | nGy.h^{-1} |
| Chemin de terre | $77 \leq D \leq 80$ | nGy.h^{-1} |

ALLUVIONS ANCIENNES :

- CARTE PROVINS 7.8 - Château de Bernières
- | | | |
|--------|---------------------|---------------------|
| Route | $68 \leq D \leq 74$ | nGy.h^{-1} |
| Champs | $D \approx 77$ | nGy.h^{-1} |

Spectrométrie γ

U.238	: ≤ 10	$10^{-3} \text{ Bq.g}^{-1}$
Ra.226	: 40 ± 10	"
Th.232	: 42 ± 10	"
K.40	: 360 ± 70	"
Cs.137	: 8 ± 2	"

- CARTE ROMILLY-S/-SEINE 5.6 - D.96 - "Le Noyer Collet"

Route $D \approx 65 \text{ nGy.h}^{-1}$

Chemin de terre $D \approx 68 \text{ nGy.h}^{-1}$

Spectrométrie γ

U.238 : $13 \pm 6 \cdot 10^{-3} \text{ Bq.g}^{-1}$

Ra.226 : 24 ± 6 "

Th.232 : 12 ± 3 "

K.40 : 65 ± 20 "

Cs.137 : 14 ± 3 "

ALLUVIONS MODERNES :

- CARTE PROVINS 3.4

- N.51 - "Le Pavois"

Route $59 \leq D \leq 63 \text{ nGy.h}^{-1}$

Chemin de terre $D \approx 59 \text{ nGy.h}^{-1}$

Champs $D \approx 70 \text{ nGy.h}^{-1}$

Spectrométrie γ

U.238 : $26 \pm 10 \cdot 10^{-3} \text{ Bq.g}^{-1}$

Ra.226 : 23 ± 6 "

Th.232 : 14 ± 5 "

K.40 : 99 ± 30 "

Cs.137 : 9 ± 2 "

- D.52 - "Notre-Dame"

Route $59 \leq D \leq 65 \text{ nGy.h}^{-1}$

Champs $D \approx 63 \text{ nGy.h}^{-1}$

Spectrométrie γ

U.238 : $20 \pm 6 \cdot 10^{-3} \text{ Bq.g}^{-1}$

Ra.226 : 27 ± 6 "

Th.232 : 20 ± 5 "

K.40 : 195 ± 30 "

Cs.137 : 21 ± 3 "

- CARTE PROVINS 5.6

- D.49 - Canal de dérivation de Beaulieu

Route $D \approx 59 \text{ nGy.h}^{-1}$

Chemin sous bois $D \approx 65 \text{ nGy.h}^{-1}$

Remblai du canal $D \approx 53 \text{ nGy.h}^{-1}$

- CARTE PROVINS 7.8

- Route de Freparoy $84 \leq D \leq 86 \text{ nGy.h}^{-1}$
 Bordure des champs $D \approx 77 \text{ nGy.h}^{-1}$

Spectrométrie γ

U.238	:	$24 \pm 8 \cdot 10^{-3}$	Bq.g ⁻¹
Ra.226	:	32 ± 7	"
Th.232	:	27 ± 5	"
K.40	:	280 ± 50	"
Cs.137	:	9 ± 2	"

- CARTE ROMILLY-S/-SEINE 1.2 - D.48 - Sud de Gonflans-s/-Seine

- Route $D \approx 104 \text{ nGy.h}^{-1}$
 Chemin de terre $D \approx 65 \text{ nGy.h}^{-1}$

LIMONS DES PLATEAUX :

- CARTE SERGINES EST

- D.119 - La Louptière Thenard

- Route $D \approx 119 \text{ nGy.h}^{-1}$
 Chemin de terre $D \approx 68 \text{ nGy.h}^{-1}$
 Bordure des champs $D \approx 77 \text{ nGy.h}^{-1}$

ÉBOULIS (**):

- CARTE PROVINS 7.8

- N.374 - Sud de la ferme "Le Clos"

- Route $74 \leq D \leq 77 \text{ nGy.h}^{-1}$
 Champs $D \approx 83 \text{ nGy.h}^{-1}$

Spectrométrie γ

U.238	:	$43 \pm 10 \cdot 10^{-3}$	Bq.g ⁻¹
Ra.226	:	55 ± 10	"
Th.232	:	57 ± 10	"
K.40	:	430 ± 50	"
Cs.137	:	5 ± 1	"

...

(**) - au-dessus de la craie campanienne.

IV.4 - Les zones urbaines :

Dans les villes, on note généralement une élévation du rayonnement gamma ambiant en zones limitées. Ce phénomène est dû à la présence de matériaux tels que les granites et les syénites ; par ailleurs, dans les rues ou auprès de certains ouvrages ou édifices, la disposition des éléments rayonnants par rapport au véhicule détecteur améliore la géométrie de mesure et accroît le niveau gamma ambiant local.

Les mesures ont été détaillées dans quatre agglomérations :

- PROVINS

valeur maximale : Place Saint-Ayoul

$$113 \leq D \leq 118 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- NOGENT-SUR-SEINE

valeur maximale : Rue François Bachimont

$$98 \leq D \leq 104 \text{ nGy.h}^{-1}$$

- ROMILLY-SUR-SEINE

valeur maximale : Rue de la Boule d'Or

$$104 \leq D \leq 107 \text{ nGy.h}^{-1}$$

Un plan de ces trois villes, avec l'emplacement des points de mesure, est joint au rapport (annexe II).

- VILLENAUXE LA GRANDE

Les mesures des principales artères se trouvent résumées ci-dessous :

. Place Georges Clémenceau

Côté rue du cimetière

$$93 \leq D \leq 116 \text{ nGy.h}^{-1}$$

Côté rue de la gare

$$95 \leq D \leq 104 \text{ nGy.h}^{-1}$$

. Rue du Perray

$$74 \leq D \leq 104 \text{ nGy.h}^{-1}$$

. Rue Merlard

$$63 \leq D \leq 71 \text{ nGy.h}^{-1}$$

. Rue Chapelle Lorette

$$63 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$$

. Rue Galantois

$$65 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$$

. Place du Château

$$93 \leq D \leq 104 \text{ nGy.h}^{-1}$$

. Rue de la Gare

$$77 \leq D \leq 89 \text{ nGy.h}^{-1}$$

. Rue du Marois

$$65 \leq D \leq 68 \text{ nGy.h}^{-1}$$

. Rue des Bonhones

. Le Pont (N. 51/D. 76)

$$D \approx 104 \text{ nGy.h}^{-1}$$

IV.5 - Comparaisons avec les résultats du S.C.P.R.I.

Depuis 1976, le S.C.P.R.I. (2 ; 3) a installé sur le territoire français un réseau de dosimètres enregistreurs :

- films,
- pastille de fluorure de lithium,
- cristal de fluorure de calcium,

joint à des mesures de scintillomètres portatifs : cristal d'iodure de sodium.

Les résultats conduisent, pour la France, à une dose annuelle moyenne d'origine tellurique de 700 μGy , soit environ 80 nGy.h^{-1} .

Dans les départements avoisinant le site, les débits de dose (tellurique et cosmique) hors habitations sont compris

- entre 85 et 110 nGy.h^{-1} pour la Marne, avec 9 points de mesure,
- entre 62 et 91 nGy.h^{-1} pour la Seine-et-Marne,
avec 14 points de mesure,
- entre 85 et 180 nGy.h^{-1} pour l'Yonne, avec 21 points de mesure,
- entre 55 et 80 nGy.h^{-1} pour l'Aube, avec 15 points de mesure.

Ces résultats ne permettent pas de rendre compte de la répartition géographique du rayonnement gamma ambiant du fait que l'emplacement des points de mesure n'est pas divulgué.

V. - CARTOGRAPHIE.

La région étudiée est divisée suivant un quadrillage où chaque élément correspond à une carte I.G.N. au 1/25 000ème. Ce quadrillage est représenté sur une carte générale qui comporte 12 cases répertoriées de A à L.

Cases	Cartes I.G.N.	
A	Esternay	5.6
B	Esternay	7.8
C	Sézanne	5.6
D	Provins	1.2
E	Provins	3.4
F	Romilly-sur-Seine	1.2

Cases	Cartes I.G.N.	
G	Provins	5.6
H	Provins	7.8
I	Romilly-sur-Seine	5.6
J	Sergines Ouest	Nord
K	Sergines Est	Nord
L	Estissac	1.2

Pour l'étude géologique, nous avons utilisé les notices et cartes suivantes :

Cartes 1/50 000ème - Provins, Romilly-sur-Seine, Sergines.

Carte 1/80 000ème - Provins

VI. - CONCLUSION

L'examen des mesures montre que, hors agglomérations, les débits de dose sont compris entre 53 et 126 nGy.h⁻¹, les valeurs supérieures à 100 nGy.h⁻¹ n'apparaissent que sur certains axes routiers.

En zones urbaines les débits de dose sont du même ordre de grandeur ($53 \leq D \leq 118$ nGy.h⁻¹).

Les spectres γ des échantillons de terrain mettent en évidence la présence des groupes U.238, Ra.226 et Th.232. L'activité du K.40 est comprise entre 65 et 430 10⁻³ Bq.g⁻¹. Le Cs.137 est mesurable dans tous les cas.

L'activité des radionucléides émetteurs γ mesurée sur les échantillons de gravillon, hormis pour le Cs.137, est supérieure à celle des échantillons de terrain, en particulier pour le K.40 (760 à 1480 10⁻³ Bq.g⁻¹).

BIBLIOGRAPHIE

- (1) F. BOURDEAU EDF/DSEI ; C. CAPUT , D. GAUTHIER CEA/IPSN : Méthodologie de la mesure du rayonnement gamma ambiant dans le cadre des études d'impact des installations nucléaires.
- (2) A. BIAU - J.-P. MORONI : Synthèse des informations existantes sur l'irradiation externe liée à la radioactivité naturelle en Europe - S.C.P.R.I. - Octobre 1977.
- (3) Séminaire sur la Charge Radiologique de l'Homme dans les pays de la Communauté Européenne - Décembre 1979.

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

DEPARTEMENT DE PROTECTION

Service d'Etudes et Recherches sur l'Environnement

Section de Radioécologie



ETUDE RADIOECOLOGIQUE DU SITE DE NOGENT SUR SEINE

POINT ZÉRO RADIOACTIF

MESURE DU RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT

ANNEXE I - METHODOLOGIE

LABORATOIRE DES TRANSFERTS ATMOSPHERIQUES

Etude faite à la demande d'Electricité de France

Région d'Equipement de Paris

Contrat VEN 1752-04

C.E.A./FONTENAY-AUX-ROSES - B.P. N°6 - 92260

JUIN 1982

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETÉ NUCLÉAIRE

DÉPARTEMENT DE PROTECTION

Service d'Etudes et Recherches sur l'Environnement

MESURE DU RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT AU MOYEN
D'UNE CHAMBRE D'IONISATION DE GRANDE SENSIBILITÉ

par

D. GAUTHIER, C. CAPUT, T. MARINI

La politique actuelle en matière d'environnement associée au développement de l'industrie nucléaire impose l'étude d'impact des installations et dans ce cadre, la connaissance de l'état radiologique des sites avant implantation.

La mesure du rayonnement gamma ambiant est l'une des composantes de ce point zéro radiologique et il convient de l'obtenir à l'aide d'une technologie appropriée.

Différents types d'appareillages ont été étudiés à cet effet mettant en évidence les qualités et défauts caractéristiques de chacun d'eux. Il est ainsi apparu que la chambre RSS 111 (REUTER-STOKES) présente les meilleures performances relativement aux mesures envisagées.

La méthodologie que nous décrivons ici comporte, après un examen des caractéristiques de la chambre RSS 111, l'établissement d'un protocole d'utilisation spécialement adapté à la mesure du rayonnement gamma à très faible niveau.

I - INTRODUCTION

L'implantation des installations électronucléaires est subordonnée au respect de la réglementation spécifiant notamment que le niveau de radioactivité de l'environnement doit être mesuré préalablement à la mise en service. En ce qui concerne le rayonnement gamma ambiant, la variabilité de niveau d'un point à un autre, impose de dresser une carte régionale détaillée en essayant de ne pas laisser échapper d'anomalies locales. Ceci implique l'utilisation de moyens de mesure mobiles délivrant le débit de dose exprimé en Gy.h^{-1} . Cette unité correspond à l'absorption d'une énergie de 1. Joule par heure et par kilogramme de matière (l'air dans le cas présent). L'appareillage devra répondre à un certain nombre de caractéristiques dont les plus importantes sont les suivantes:

Signal indépendant de l'énergie sachant que le rayonnement gamma ambiant est formé de tout un spectre de photons d'énergies diverses et approximativement comprises entre 100 keV et 2 MeV

Grande sensibilité étant donné les très faibles niveaux de débit de dose à enregistrer.

Réponse rapide qui permette la détection de toutes les variations significatives rencontrées en circulant.

Réponse isotrope de façon à mesurer également les diverses composantes du rayonnement ambiant quelles que soient leurs directions d'origine.

* Les unités de dose de rayonnement absorbée et de débit de dose respectivement le gray (Gy) et le gray par heure (Gy.h^{-1}) ont été adoptées conformément à la décision du 8.11.1979 prenant effet à partir du 1.12.1979. L'équivalence avec l'unité employée précédemment est la suivante : 1 Gy = 100 rad soit 10 nGy = 1 μrad

La première difficulté de cette mesure réside à priori dans le fait que l'on ignore le spectre d'énergie et les parts respectives des rayonnements d'origine tellurique, cosmique et des basses couches atmosphériques.

RAYONNEMENT D'ORIGINE TELLURIQUE

Les corps radioactifs de base à longue période contenus dans la lithosphère sont par ordre d'importance l'Uranium 238, le Thorium 232, et l'Uranium 235 ; ces trois grandes familles appelées Uranium-Radium, Thorium et actino-Uranium conduisent toutes à des isotopes inactifs du plomb : ^{206}Pb , ^{208}Pb , ^{207}Pb . Les autres émetteurs présents dans le sol sont dans l'ordre d'importance décroissante : le Potassium 40 le Lanthane 138 et le Lutétium 176. L'abondance des corps radioactifs dans le sol peut varier de façon importante suivant le lieu comme l'indiquent les spectres de la figure (1) relatifs à des échantillons de terrains prélevés dans l'environnement de différents sites français en cours d'équipement.

Les valeurs minimales du débit de dose obtenues pour le rayonnement tellurique sont de l'ordre de 30 à 40 nGy.h^{-1} , toutefois certains matériaux rapportés tels que des revêtements routiers, des ouvrages d'art ou des zones urbaines peuvent constituer un écran d'atténuation, ou bien au contraire une composante supplémentaire au rayonnement gamma ambiant.

RAYONNEMENT D'ORIGINE COSMIQUE

Son effet constitue au dessus du sol un fond radioactif toujours présent et stable pour un lieu donné ; s'il varie faiblement avec la latitude (12 % de plus aux pôles qu'à l'équateur), les variations sont plus conséquentes avec l'altitude comme l'indiquent LOWDER et BECK¹⁻² (fig.2).

A Oak Ridge AUXIER³ trouve un débit de dose de 32,7 nGy.h^{-1} ; pour la région parisienne⁴, on admet 34,2 nGy.h^{-1} .

RADIOACTIVITÉ DE L'AIR ET DES AÉROSOLS

Emetteurs naturels.

Outre le Béryllium 7, ce sont les émanations des trois grandes familles et leurs produits de désintégration qui se fixent sur les aérosols atmosphériques. L'ensemble constitue une source de rayonnement gamma de faible intensité.

On note la présence d'un certain nombre de radioéléments résultants essentiellement des explosions nucléaires. Celles-ci entraînent une pollution radioactive de l'atmosphère, très importante du point de vue radioécologique (contamination de la chaîne alimentaire), mais faible en ce qui concerne l'irradiation externe. A l'époque des tirs russes puissants et très fréquents, GREVET⁵ trouvait en France un débit de dose de $3,3 \text{ nGy.h}^{-1}$ ce qui était déjà faible relativement à la composante tellurique, et a depuis considérablement diminué (deux à trois ordres de grandeur).

II - APPAREILLAGE

CRITÈRES D'UTILISATION

La chambre d'ionisation destinée à la mesure du rayonnement gamma ambiant doit répondre à un certain nombre de critères liés soit à la nature et à l'intensité du phénomène, soit aux conditions d'emploi.

En premier lieu, le signal doit être proportionnel au phénomène à mesurer de façon à être exprimé directement en unité de débit de dose, c'est à dire en Gy.h^{-1} . La sensibilité doit permettre de mesurer avec précision les plus faibles valeurs, ce qui correspond si l'on réfère au chapitre précédent, à un niveau de l'ordre de 60 nGy.h^{-1} pour le territoire Français métropolitain. Par ailleurs

la mesure ayant lieu sous un angle solide de 4π stéradians, la réponse doit être isotrope. Enfin, l'appareillage étant embarqué sur un véhicule et les mesures étant, au moins dans un premier temps, effectuées en circulant, le temps de réponse doit être court pour conserver une bonne précision lors de variations très locales de la radioactivité. La constante de temps doit être telle qu'à une vitesse de déplacement de 7 km.h^{-1} (vitesse constante minimale du véhicule) il soit possible de percevoir une variation du débit de dose de 10 nGy.h^{-1} ; ce qui revient en pratique à évaluer 50 % de cette variation c'est à dire 5 nGy.h^{-1} lors d'un passage du véhicule devant une zone radioactive de 10 m de long. Cette condition implique que la constante de temps de l'appareillage soit inférieure ou égale à environ 7 secondes.

PRÉSENTATION ET PRINCIPE

Principe des chambres d'ionisation.

Ce sont des cavités de forme cylindrique ou sphérique comportant une électrode centrale également cylindrique ou sphérique. La paroi extérieure constitue l'électrode périphérique et l'espace inter-électrodes est composé d'un gaz qui est généralement de l'air. Lorsque l'on soumet cet espace à un champ électrique minimal de 500 V.m^{-1} , les ions créés par le rayonnement gamma au sein du gaz de la chambre, sont entraînés vers les électrodes ; le courant électrique ainsi formé par la collection continue des charges est proportionnel à l'ionisation dans le volume de la chambre. L'une des caractéristiques essentielles des chambres d'ionisation est que leur sensibilité dépend de la nature et du nombre de molécules du gaz de remplissage soumis au champ électrique. A titre d'exemple le remplacement de l'air par de l'Argon accroît la sensibilité d'un facteur 1,25, de même la pressurisation augmente la sensibilité dans le rapport des pressions. Les chambres d'ionisation bien que théoriquement parfaites sont toutefois affectées de quelques défauts mineurs tels que les courants de fuites au niveau des isolants, les recombinaisons des

ions avant collection, les effets électrostatiques, et l'émission par les parois, mais les altérations provoquées restent de faible importance et sont souvent effacées par des particularités de construction. Il n'en demeure pas moins que le phénomène le plus gênant résulte de la présence des parois dont, l'absorption provoque une perte de sensibilité aux basses énergies et une émission secondaire (effet compton) qui peut modifier la courbe de réponse aux environ de 100 keV.

La chambre RSS 111.

La chambre RSS 111 est du type à gaz pressurisé, c'est une sphère de 25,4 cm de diamètre contenant de l'Argon sous une pression de 25 atmosphères STP (0°C et 760 mm Hg). La paroi est en acier de 3 mm d'épaisseur et l'électrode centrale, également sphérique, a un diamètre de 5,08 cm. Le volume de chambre est donc d'environ 8,5 dm³.

RÉPONSE EN FONCTION DE L'ÉNERGIE DU RAYONNEMENT

Théoriquement les appareils doivent présenter une réponse proportionnelle au débit de dose et ceci quelle que soit l'énergie des photons incidents. Il en résulte que pour un débit de dose donné, la réponse doit être constante quelle que soit l'énergie. En réalité ainsi que nous l'avons déjà vu précédemment l'absorption au niveau des parois des chambres d'ionisation limite et modifie cette représentation. L'appareil aura ainsi une courbe de réponse limitée aux basses valeurs de l'énergie soit aux environs de 100 keV.

Afin d'établir la courbe de réponse l'appareil a été soumis à des flux de photons issus de sources radioactives d'énergies différentes et d'activités connues. Les débits de dose correspondants ont été déterminés en utilisant les courbes de ROCKWELL⁶ (fig.3) qui donnent le pouvoir d'ionisation en fonction de l'énergie et à partir des spectres d'émission de chaque radioélément. Ceci a permis de tracer la courbe de réponse à débit de

dose constant (fig.4), laquelle met en évidence l'étendue du domaine spectral et notamment l'énergie de coupure à 80 % de la valeur nominale, vers 65 keV. Il est à remarquer aussi que la courbe laisse apparaître un léger maximum aux environs de 100 keV qui provient probablement de l'effet de Compton à la surface interne des parois ; nous verrons plus loin que ce défaut constitue en fait un avantage dans le cadre de l'utilisation. A l'issue de ce test il apparaît que la réponse en fonction de l'énergie est correcte, le seuil étant inférieur à 100 keV ; en effet la proportion du rayonnement gamma ambiant d'énergie inférieure à cette valeur est faible et par ailleurs, d'un point de vue sanitaire le pouvoir d'ionisation des photons est très bas dans cette gamme d'énergie. (

SENSIBILITÉ ET FLUCTUATION RELATIVE DES MESURES

La mesure à hauteur d'homme doit être représentée par une élévation suffisante relativement à la déviation de pleine échelle et accompagnée d'un très faible taux de fluctuations lors de l'enregistrement des valeurs les plus basses du gamma ambiant. L'appareil a été soumis à des intensités de rayonnement ambiant d'environ 140 nGy.h^{-1} , ce qui a permis d'obtenir :

La déviation moyenne relative à la déviation de pleine échelle soit 25 %. Le taux de fluctuation relativement à la valeur de déviation moyenne, soit $\pm 5 \%$. (

Les valeurs obtenues montrent qu'il est possible de mesurer le rayonnement gamma ambiant, le faible taux de fluctuation résiduel étant dû principalement à la distribution statistique du rayonnement gamma incident. Seul une intégration du signal au niveau de l'électronique pourrait encore réduire ces fluctuations mais ce serait augmenter le temps de réponse ce qui n'est pas souhaitable.

ISOTROPIE

Cette étude consiste à rechercher la qualité omnidirectionnelle de la sensibilité du détecteur. Pour cela une source radioactive ponctuelle de ^{60}Co a été disposée dans des directions différentes et à distance constante du centre géométrique de la chambre. La courbe de sensibilité de l'appareil est normée à 1 pour la valeur maximale et correspond à un plan sécant du détecteur tel que l'on peut déduire l'ensemble des sensibilité dans un angle solide de 4π stéradians par symétrie de révolution autour de l'axe du détecteur.

L'examen de cette courbe montre que la chambre RSS 111 est proche des conditions souhaitées avec dans la direction la plus défavorable 20 % d'écart relatif par rapport à la valeur maximale.

RAPIDITÉ DE RÉPONSE

La réponse d'un appareil à une variation - échelon de niveau est régie par une relation de la forme

$$N = N_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\theta}} \right)$$

N étant le signal en fonction du temps de mesure t , N_0 le signal pour $t = \infty$ et θ la constante de temps, soit, par définition, le temps au bout duquel $\frac{N}{N_0} = 0,633$; le temps de réponse, lui, correspond à la fraction $\frac{N}{N_0} = 0,9$. l'appareil ayant été testé par une sollicitation radioactive de type échelon, les valeurs obtenues en fonction du temps ont permis de déterminer la constante de temps θ soit 6 secondes et le temps de réponse défini comme précédemment soit 13,8 secondes. Ces valeurs satisfont aux critères de mesures mobiles établis au début de ce texte, la constante de temps ne devant pas excéder $\theta = 7$ secondes.

III - ADAPTATION AUX MESURES DANS L'ENVIRONNEMENT

Le dispositif est installé dans un véhicule laboratoire calorifugé et pourvu de sources d'énergie composées de batteries de 12 V et d'un groupe électrogène dans un compartiment isolé thermiquement et phoniquement. Le signal est enregistré sur un graphique à déroulement rapide.

La présence des parois du véhicule adsorbe une fraction non négligeable du rayonnement qui atteindrait le détecteur s'il était placé à l'extérieur et cette atténuation est d'autant plus importante que l'énergie du rayonnement à mesurer est plus faible d'où la nécessité d'utiliser un détecteur doté d'une bonne sensibilité pour les basses énergies : dans le cas de la chambre d'ionisation RSS 111 il se trouve que la courbe de réponse en fonction de l'énergie présente une augmentation du niveau aux environs de 100 keV, telle que la réponse après atténuation par les parois du véhicule choisi est à peu près constante (fig.6). On notera qu'une chambre Equivalent-Tissu CET 72 perdrait ici pour l'usage envisagé sa qualité fondamentale liée à la très faible absorption par les parois, celles du véhicule étant prépondérantes et réduisant de plus la sensibilité déjà médiocre de ce détecteur. La valeur moyenne de l'épaisseur des parois du véhicule, pondérée sur 4π a été déterminée expérimentalement à l'aide d'une source de ^{60}Co dont l'atténuation du rayonnement a été mesurée dans diverses directions. Connaissant la valeur des épaisseurs 1/10 ème pour l'acier, la relation d'atténuation :

$$N/N_0 = e^{-2,3 \frac{x}{x_{1/10}}}$$

a permis de déterminer une épaisseur pondérée du véhicule de 4,6 mm. (Dans la relation N et N_0 sont exprimés en densité de flux de photons ou en débit de dose et les épaisseurs x et $x_{1/10}$ en g.cm^{-2}). A partir de ce résultat la courbe de réponse du détecteur à l'intérieur du véhicule en fonction de l'énergie (fig.6) est alors calculée à partir de la courbe expérimentale hors-véhicule (fig.4). Pour les énergies supérieures à 120 keV,

la sensibilité de la chaîne de mesure opérationnelle sur le terrain est de $1,64 \text{ mV/nGy.h}^{-1} \pm 1\%$. En ce qui concerne la composante cosmique, le rayonnement n'étant pratiquement pas absorbé par les parois compte tenu de son énergie, en admettant une intensité correspondant à l'altitude ($34,2 \text{ nGy.h}^{-1}$ pour la région parisienne), le point de départ de la courbe finale d'utilisation de l'ensemble de mesure (fig.7) peut être déterminé à ce débit de dose de $34,2 \text{ nGy.h}^{-1}$ correspond un signal de 75 mV.

IV - PROTOCOLE SUIVI POUR ETABLIR LA CARTOGRAPHIE REGIONALE

La zone étudiée est incluse dans un cercle de rayon 20 km centrée sur la future installation nucléaire. Cette zone est représentée sur des cartes au 1/25000 de l'Institut Géographique National (généralement 8) repertoriées sur une carte-index.

Les mesures sont effectuées en continu sur les routes et chemins de la région concernée, la vitesse du véhicule étant de 7 km h^{-1} pour tenir compte du temps de réponse de l'appareillage. Les itinéraires sont choisis de façon à constituer un maillage régional relativement serré autour du site étudié avec des mesures complémentaires sur les chemins de terre et dans les champs.

Le débit de dose absorbé dû au rayonnement gamma ambiant est indiqué sur les cartes élémentaires du quadrillage par des valeurs exprimées en nGy.h^{-1} . Elles s'interprètent de la façon suivante : les mesures étant réalisées par enregistrement continu le long d'un itinéraire, les valeurs indiquées sur les cartes correspondent à une succession de valeurs minimales et maximales, l'évolution entre deux valeurs consécutives se faisant de façon continue et progressive.

Lorsqu'un point du parcours se particularise par une valeur très différente de celle du voisinage immédiat, la valeur est repérée par un cercle et ne s'intègre pas dans le processus d'interprétation précédent. Ce type de mesure donne lieu systématiquement à la recherche du maximum et la valeur est obtenue par point fixe du véhicule.

Dans les villes on note généralement une élévation de la mesure du rayonnement gamma ambiant en des zones limitées. Ce phénomène est dû à la présence de matériaux importés tels que les granites et les syénites ; par ailleurs, dans les rues ou auprès de certains ouvrages ou édifices, la disposition des éléments rayonnants par rapport au véhicule détecteur améliore la géométrie de mesure et accroît le niveau gamma ambiant local. Aussi des plans des principales agglomérations sont-ils établis en plus des cartes au 1/25000 pour mettre en évidence les anomalies à caractère généralement très local. Outre cette cartographie, le rapport d'étude comporte une description géologique accompagné d'une carte géologique de la région concernée. L'interprétation des valeurs les plus faibles et les plus fortes est faite à partir de la structure géologique et de mesures par spectrométrie gamma d'échantillons de terrains ou de matériaux prélevés sur place.

V - DISCUSSION ET CONCLUSION

Lors de la détermination de l'atténuation du rayonnement naturel par les parois du véhicule et de la chambre il est admis que les émissions gamma issues du sol peuvent varier en abondance mais que leur répartition spectrale reste approximativement inchangée. Cette hypothèse est assez réaliste puisque l'essentiel du rayonnement est fourni par les éléments des trois grandes familles naturelles. L'énergie moyenne du rayonnement tellurique que nous avons déterminée expérimentalement⁷ est en concordance avec celle calculée sur des données bibliographiques, sa valeur est de 450 keV. Toutefois, si au cours des campagnes de mesures auxquelles l'appareillage est destiné, il se trouvait que des énergies différentes soient à détecter et à mesurer, l'erreur commise serait très faible, en effet l'énergie moyenne du rayonnement tellurique ne peut pas varier beaucoup autour de sa valeur normale de 450 keV ; en admettant une variation de ± 250 keV, l'erreur commise sur le taux d'atténuation du rayonnement tellurique serait au maximum de $\pm 3\%$, ce qui n'affecterait l'ensemble de la mesure que d'un pourcentage plus faible encore puisque la part due au rayonnement cosmique ne subit pratiquement aucune atténuation.

Le dispositif décrit ici permet de mesurer des débits de dose à 1 nGy.h^{-1} près, sensibilité nécessaire si l'on a en vue 1°/ de mettre en évidence un éventuel impact probablement très faible, de la future installation nucléaire sur le rayonnement gamma ambiant.

2°/ de disposer d'éléments de réponse précis opposables à une éventuelle contestation après mise en service de l'installation.

Par rapport au détecteur, précédemment utilisé (chambre d'ionisation CD 43 de 240 litres), ce dispositif présente deux avantages : une sensibilité légèrement améliorée et surtout, compte tenu de son faible encombrement, la possibilité d'effectuer des mesures complémentaires dans les endroits inaccessibles au véhicule.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. W.M. LOWDER, H.L.BECK, B.G. BENNETT and W.J. CONDON Further studies of external environmental radiation - USAEC Report HASL - 170 (1966).
2. W.M. LOWDER, P.D. RAFT and H.L. BECK Experimental determination of cosmic-ray charged particle intensity profiles in the atmosphere - Proc. of Nat. Symp. on natural and manmade radiation in space - NASA - TM-X-2440. (1972).
3. J.A. AUXIER, D.J. CHRITAIN, T.D. JONES. Contribution of natural terrestrial sources to the total radiation dose to man - OAK-RIDGE NATIONAL LABORATORY, ORNL-TM-4323. (1973).
4. H. JAMMET . Les normes de sécurité fondamentales - Génie Atomique - INSTN - Presses Universitaires de France, 108 Boulevard St Germain Paris 6^{ème} (1963).
5. P. GREVET. Mesure de l'intensité totale d'ionisation au voisinage du sol ; séparation des différentes composantes - Rapport C.E.A. - R - 2880. (1966).
6. T. ROCKWELL. Reactor Shielding design manual Van Voesstrand, Princeton, p 19. (1956).
7. D. GAUTHIER et C. CAPUT. Mesure du rayonnement gamma ambiant au moyen d'une chambre d'ionisation de grand volume - Note CEA N 2114 (1980).

- Fig.1 Exemples de spectrogrammes gamma issus de différents échantillons de terrains.
- Fig.2 Débit de dose dû au rayonnement cosmique aux latitudes moyennes en fonction de l'altitude (Lowder et Beck, 1966).
- Fig.3 Ionisation par les photons en fonction de l'énergie (Rockwell, 1956).
- Fig.4 Sensibilité de la chambre d'ionisation RSS 111 en fonction de l'énergie.
- Fig.5 Rendement de la chambre d'ionisation RSS 111 en fonction de l'incidence du rayonnement.
- Fig.6 Sensibilité de la chambre d'ionisation RSS 111 installée à l'intérieur du véhicule en fonction de l'énergie du rayonnement.
- Fig.7 Débit de dose en fonction du signal délivré par la chambre d'ionisation RSS 111 installée à l'intérieur du véhicule.

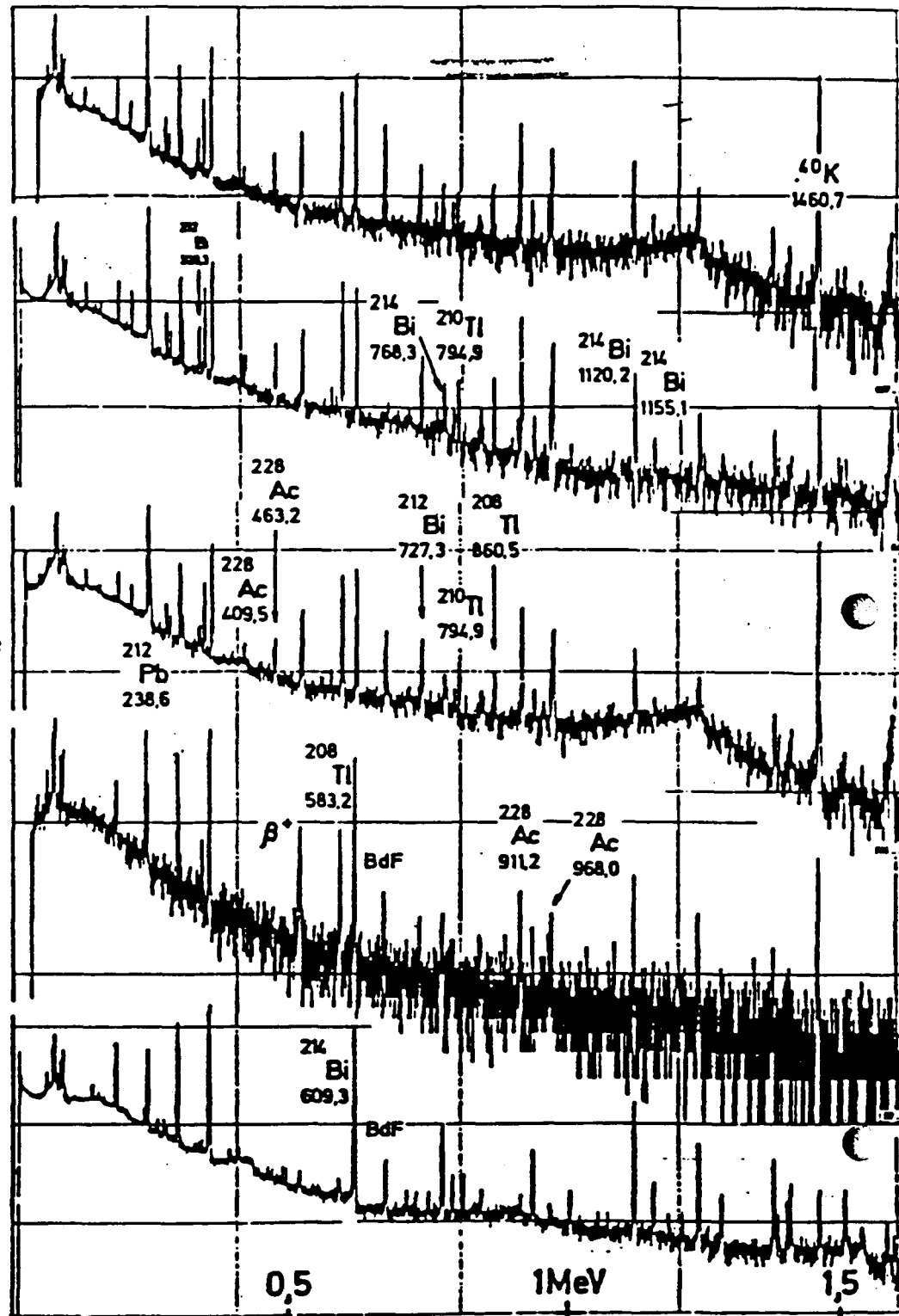
LIMON
Loess

YPRESIEN
Sables argileux

GRAUWACKE
Grès argilo calcaire

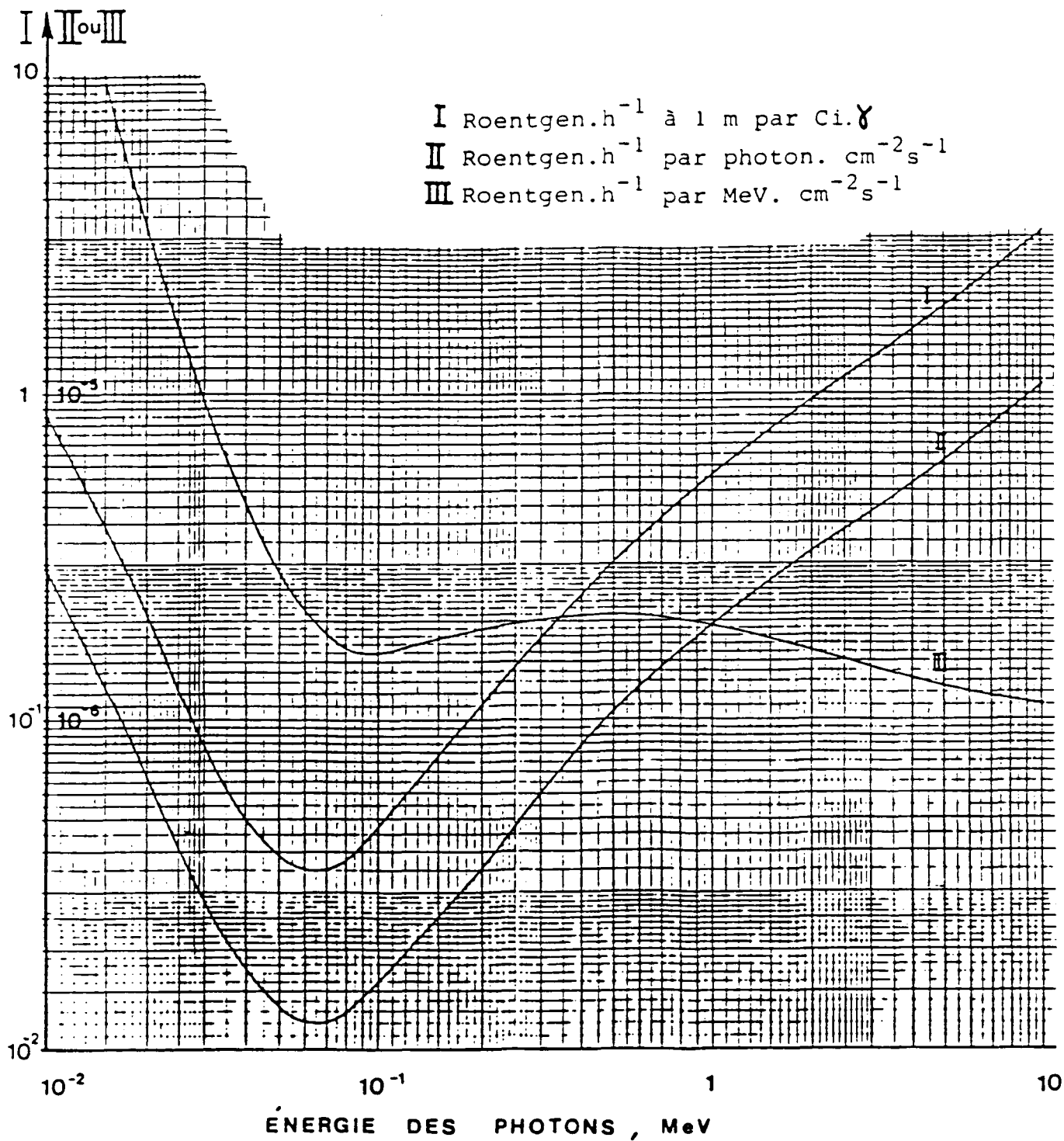
MAESTRICHTIEN
Calcaires marneux

CALCAIRES à ASTÉRIES

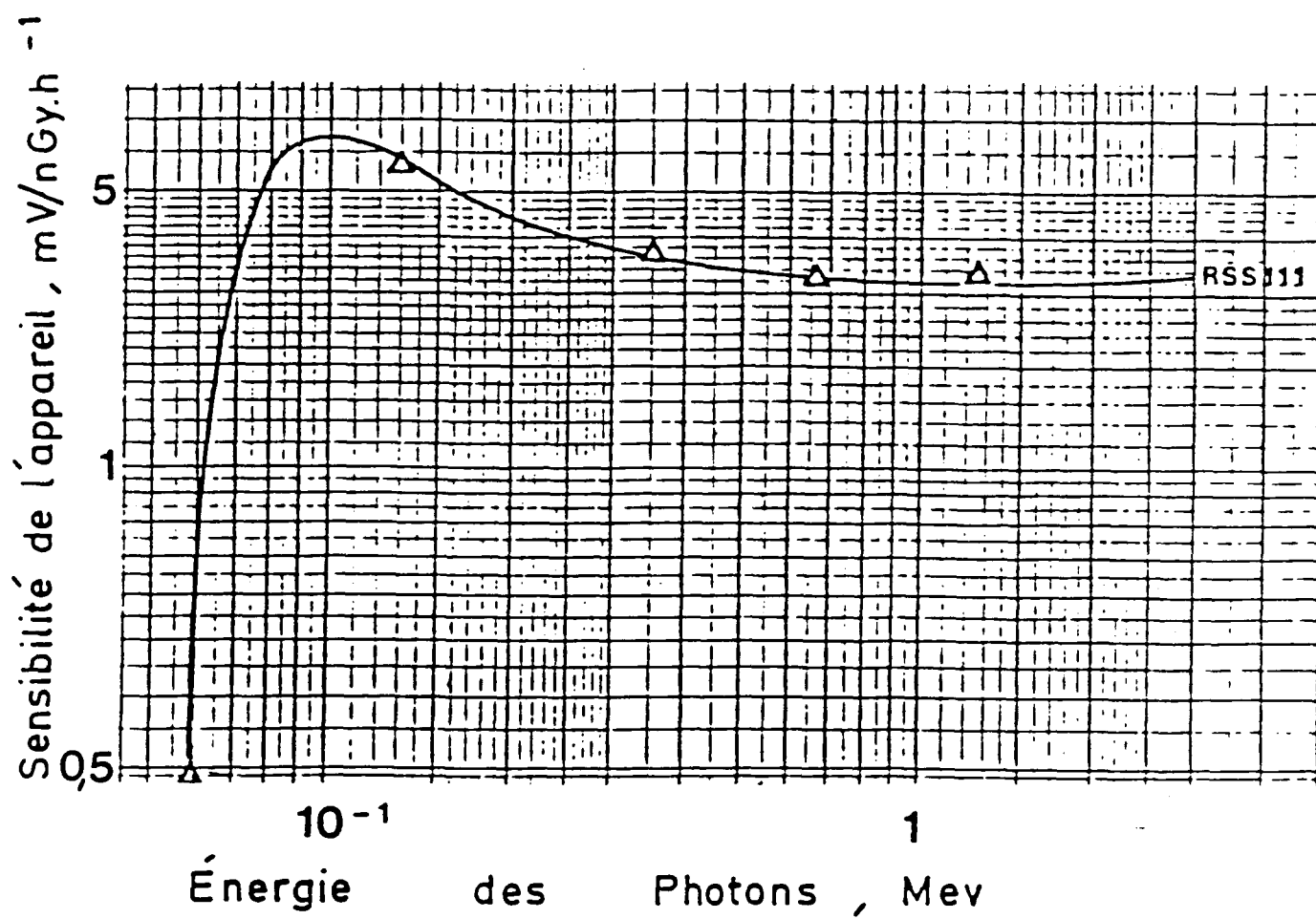


Exemples de spectrogrammes gamma issus de différents échantillons de terrains.

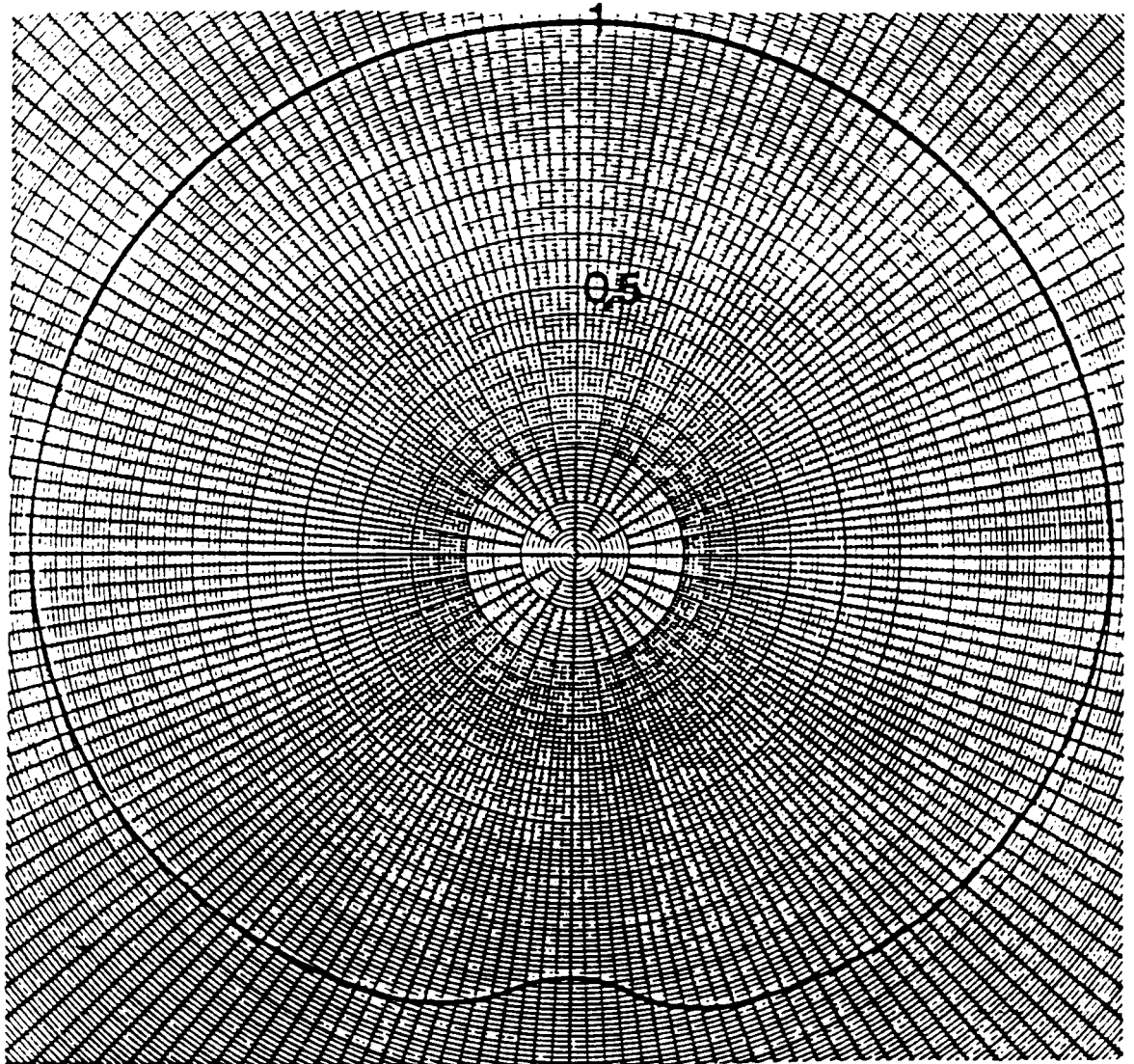
Figure 1



Ionisation par les photons en fonction de l'énergie (Rockwell, 1956).

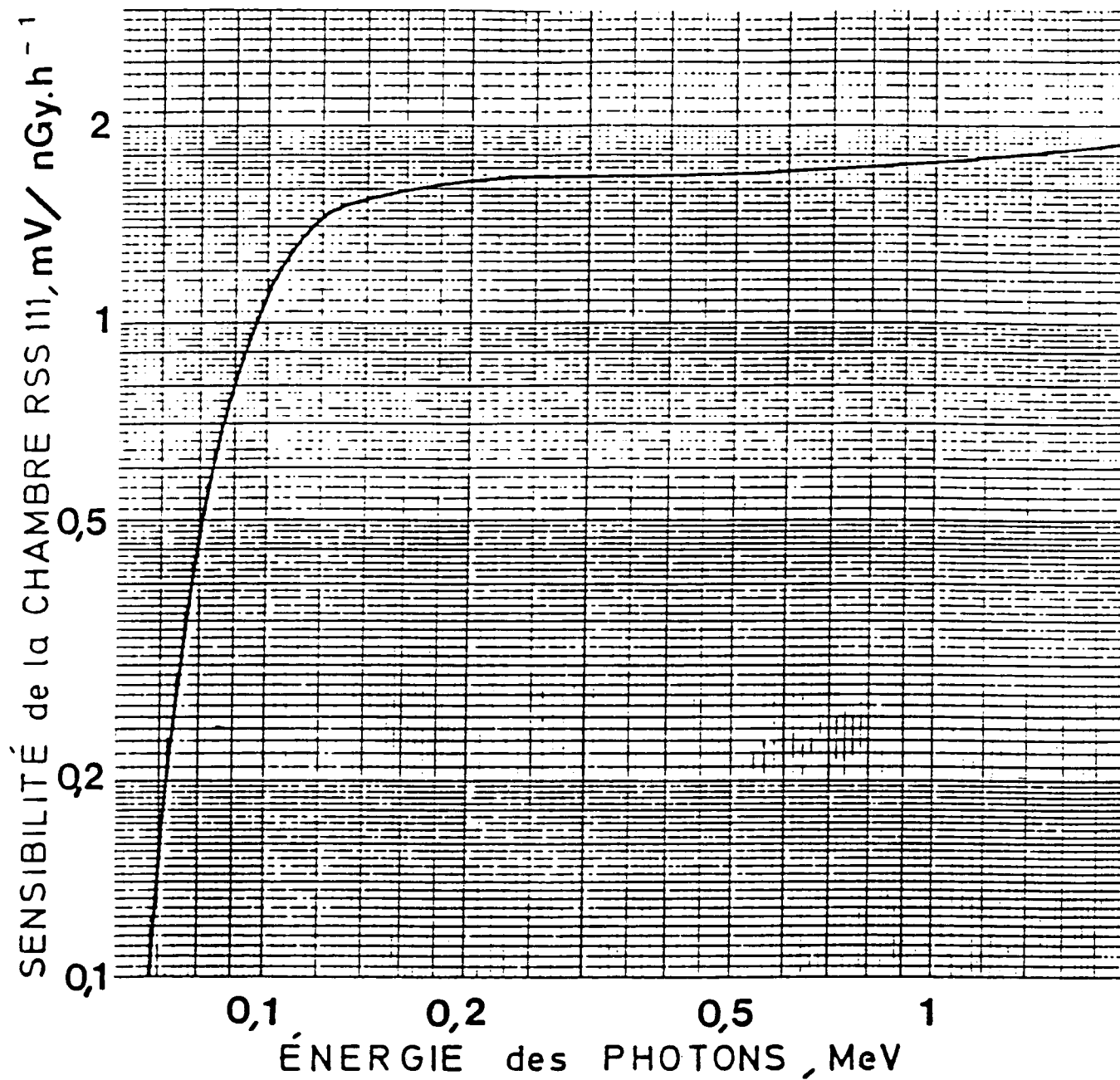


Sensibilité de la chambre d'ionisation RSS 111 en fonction de l'énergie du rayonnement gamma



Efficacité de la chambre d'ionisation RSS 111 en fonction de l'incidence du rayonnement et relativement à la sensibilité maximale.

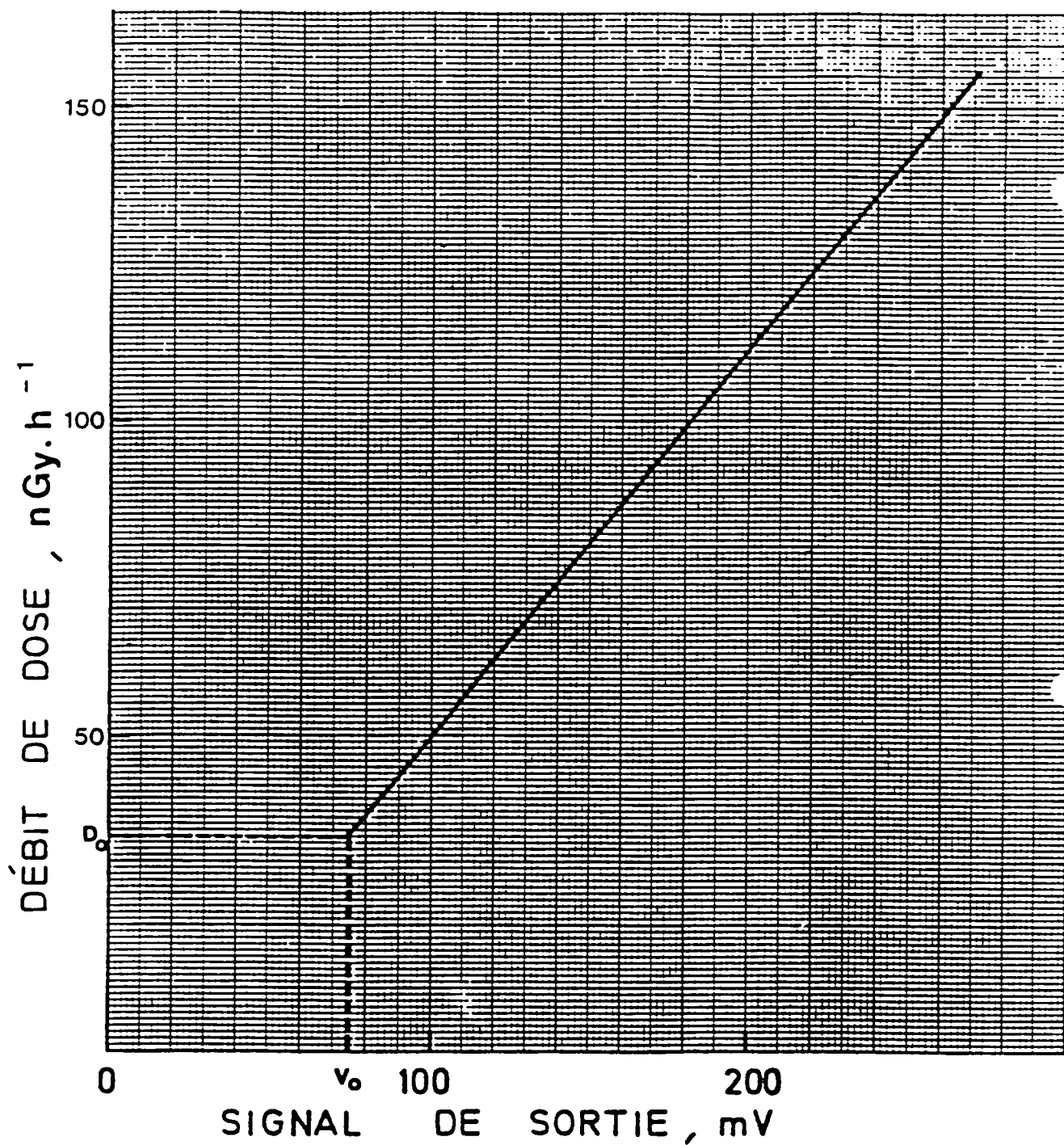
Figure 5



Réponse de la chambre d'ionisation RSS 111 disposée dans son véhicule et relativement à l'énergie du rayonnement gamma provenant de l'extérieur

Figure 6

Débit de dose en fonction du signal de sortie de la chambre RSS 1 pour un rayonnement provenant de l'extérieur du véhicule (chambre à l'intérieur)



* $10 \text{ nGy} = 1 \text{ } \mu\text{rad}$

Figure 7

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

DEPARTEMENT DE PROTECTION

Service d'Etudes et Recherches sur l'Environnement

Section de Radioécologie



ETUDE RADIOECOLOGIQUE DU SITE DE NOGENT SUR SEINE

POINT ZÉRO RADIOACTIF

MESURE DU RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT

ANNEXE II - CARTES (4)

T. MARINI - L. OTTAVI - C. SOYER

LABORATOIRE DES TRANSFERTS ATMOSPHERIQUES

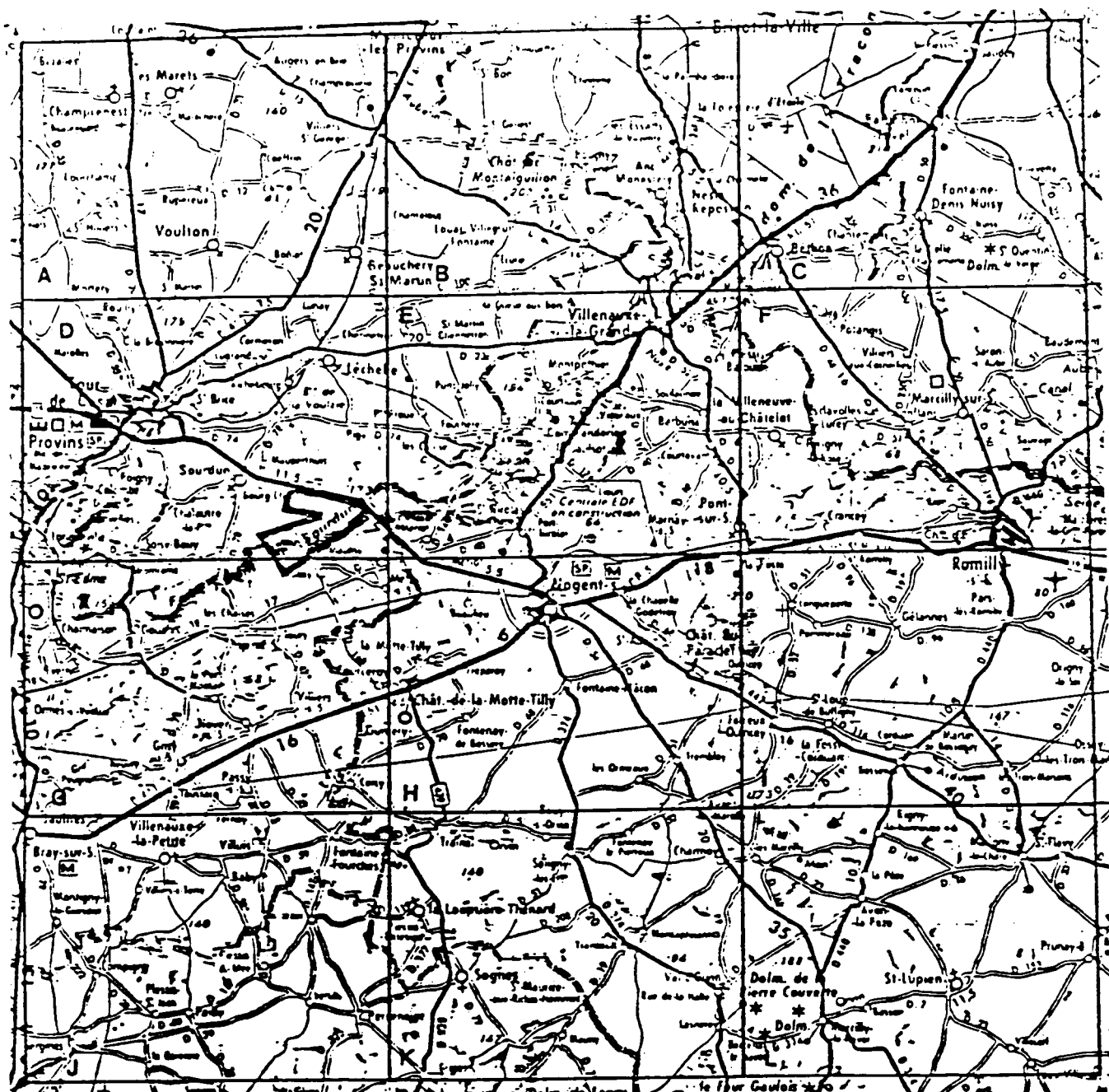
Etude faite à la demande d'Electricité de France

Région d'Equipement de Paris

Contrat VEN 1752-04

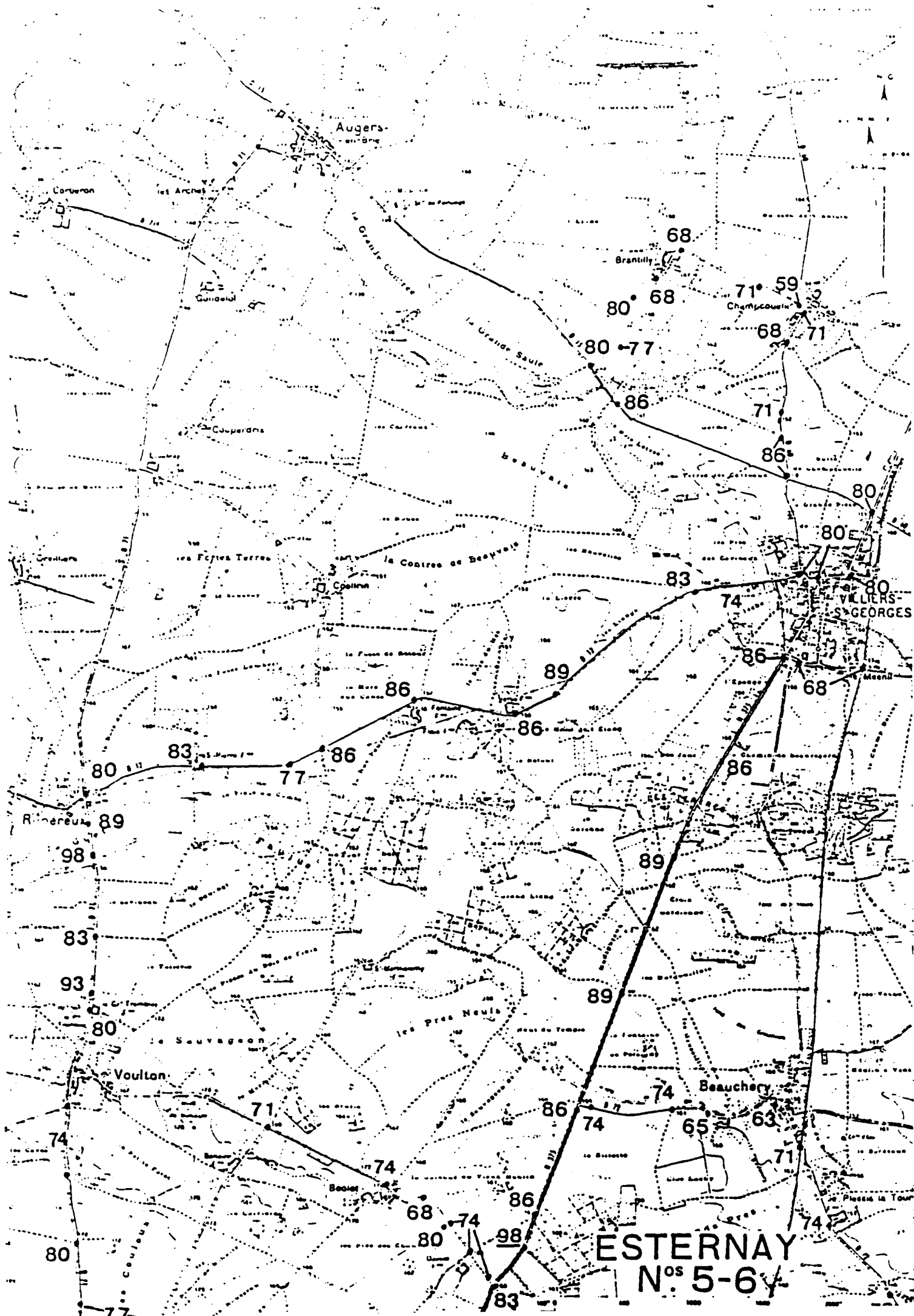
C.E.A./FONTENAY-AUX-ROSES - B.P. N°6 - 92260

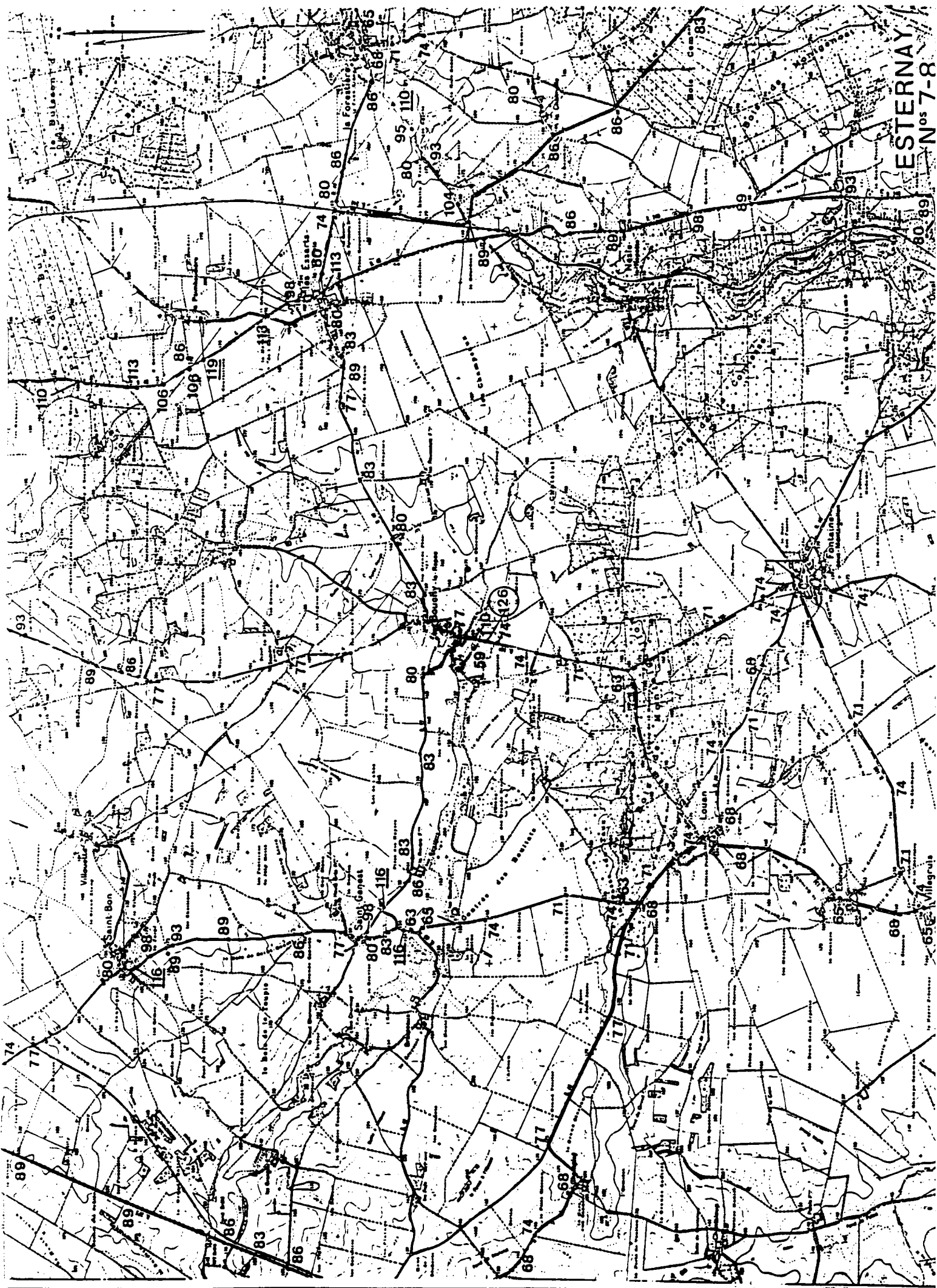
JUIN 1982



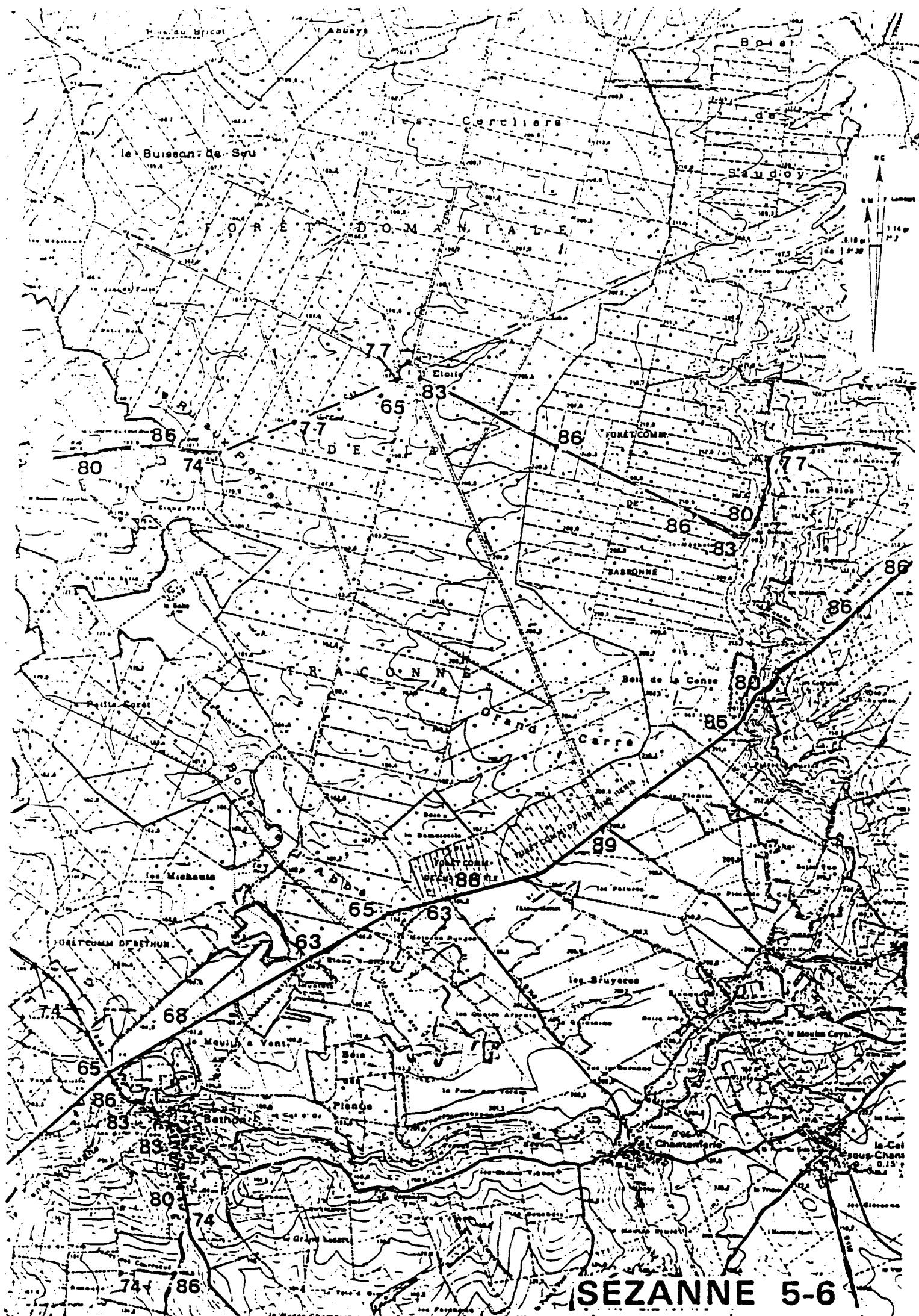
INDEX des CARTES

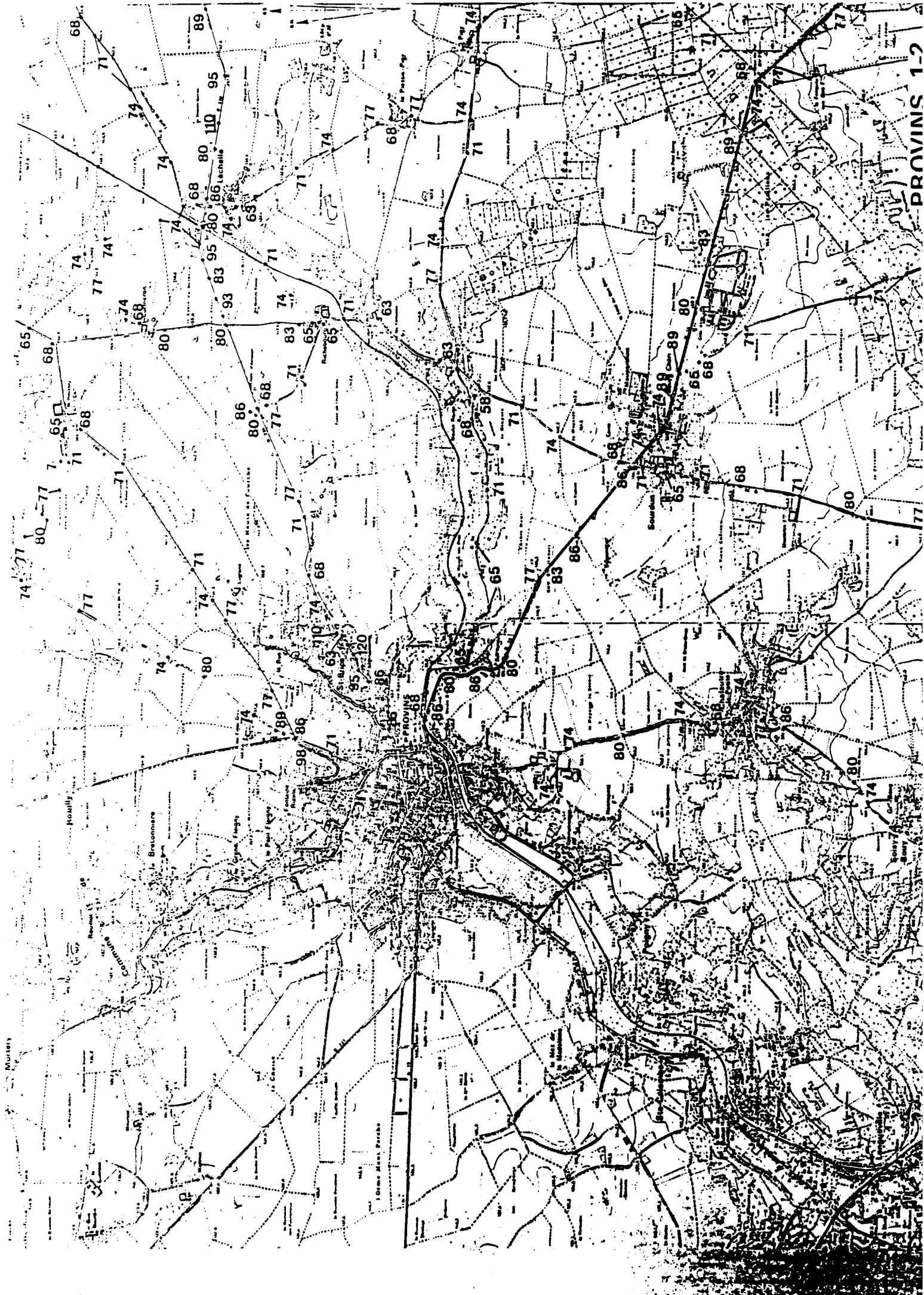
- A. Esternay 5-6. B. Esternay 7-8. C. Sézanne 5-6.
D. Provins 1-2. E. Provins 3-4 F. Romilly 1-2 G. Provins 5-6.
H. Provins 7-8. I. Romilly 5-6. J. Sergines Ouest.

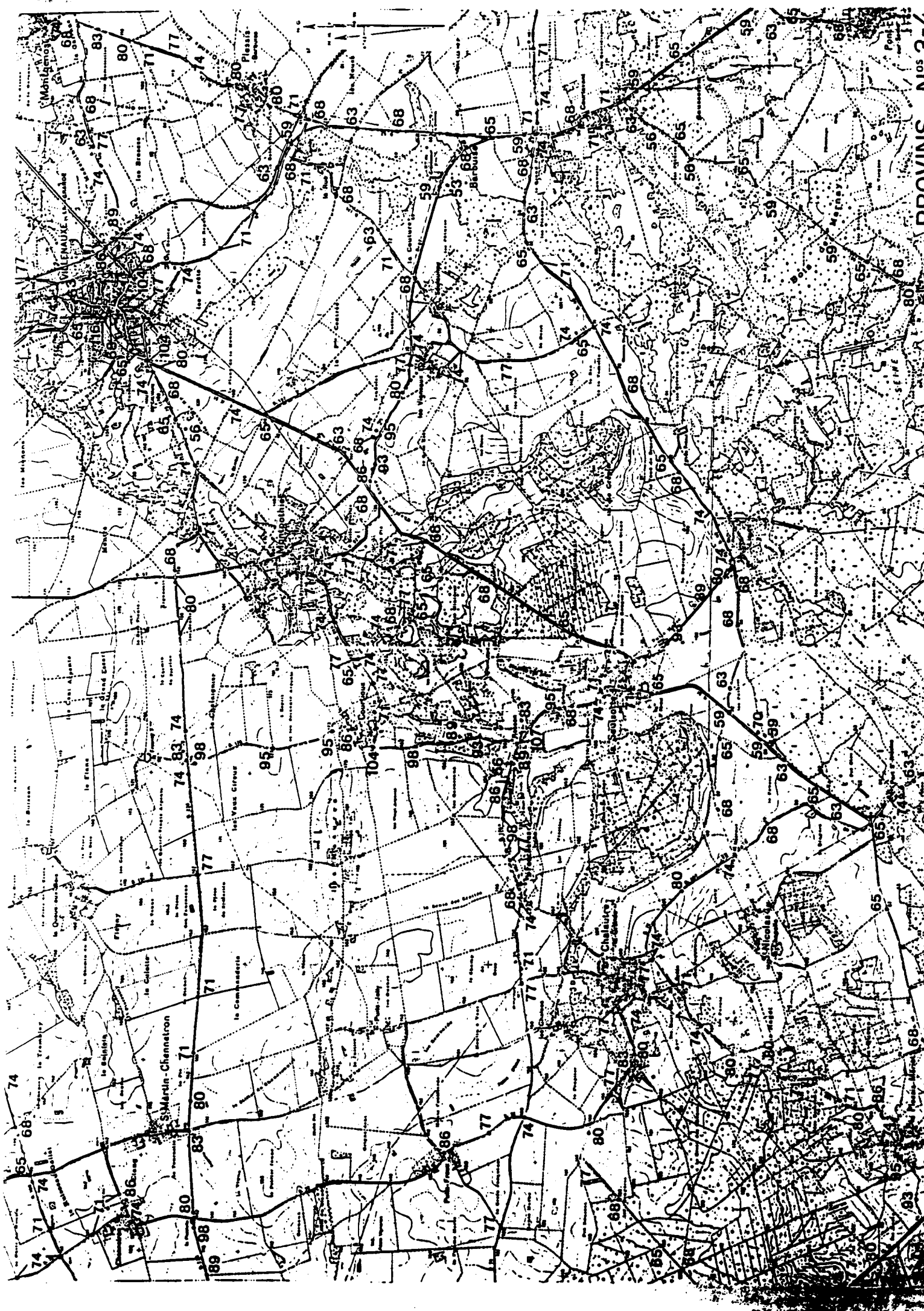


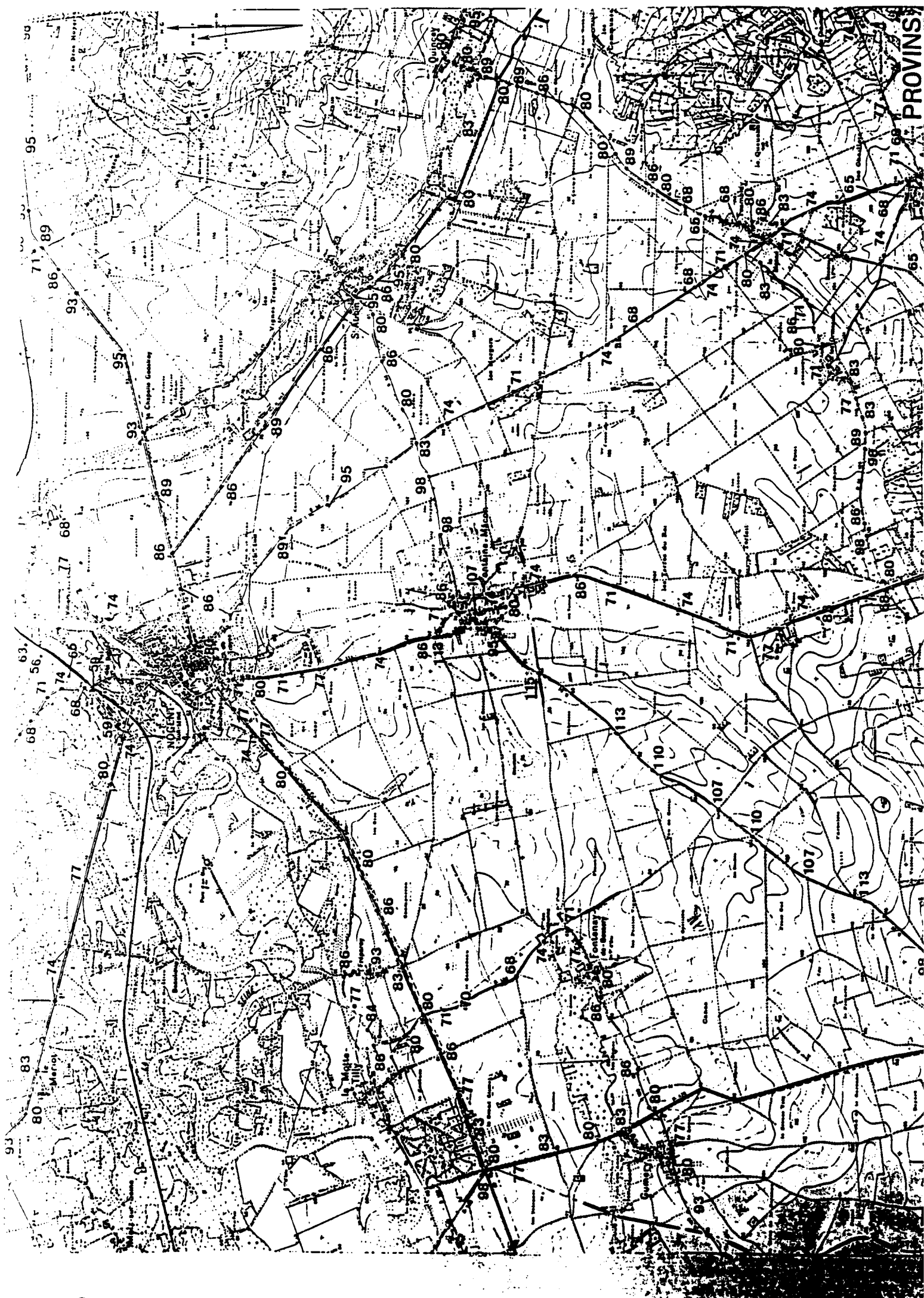


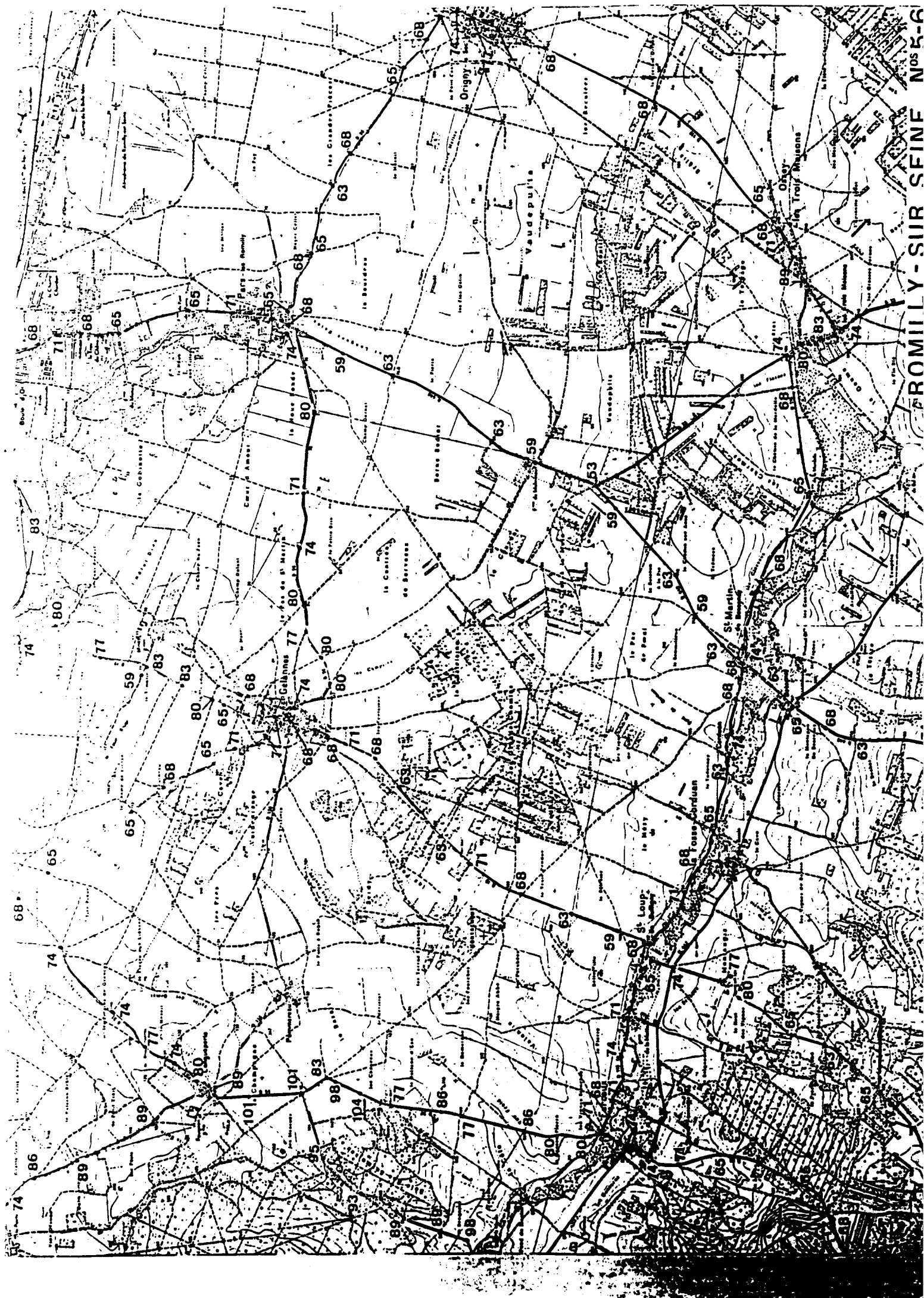
ESTERNAY
Nos 7-8

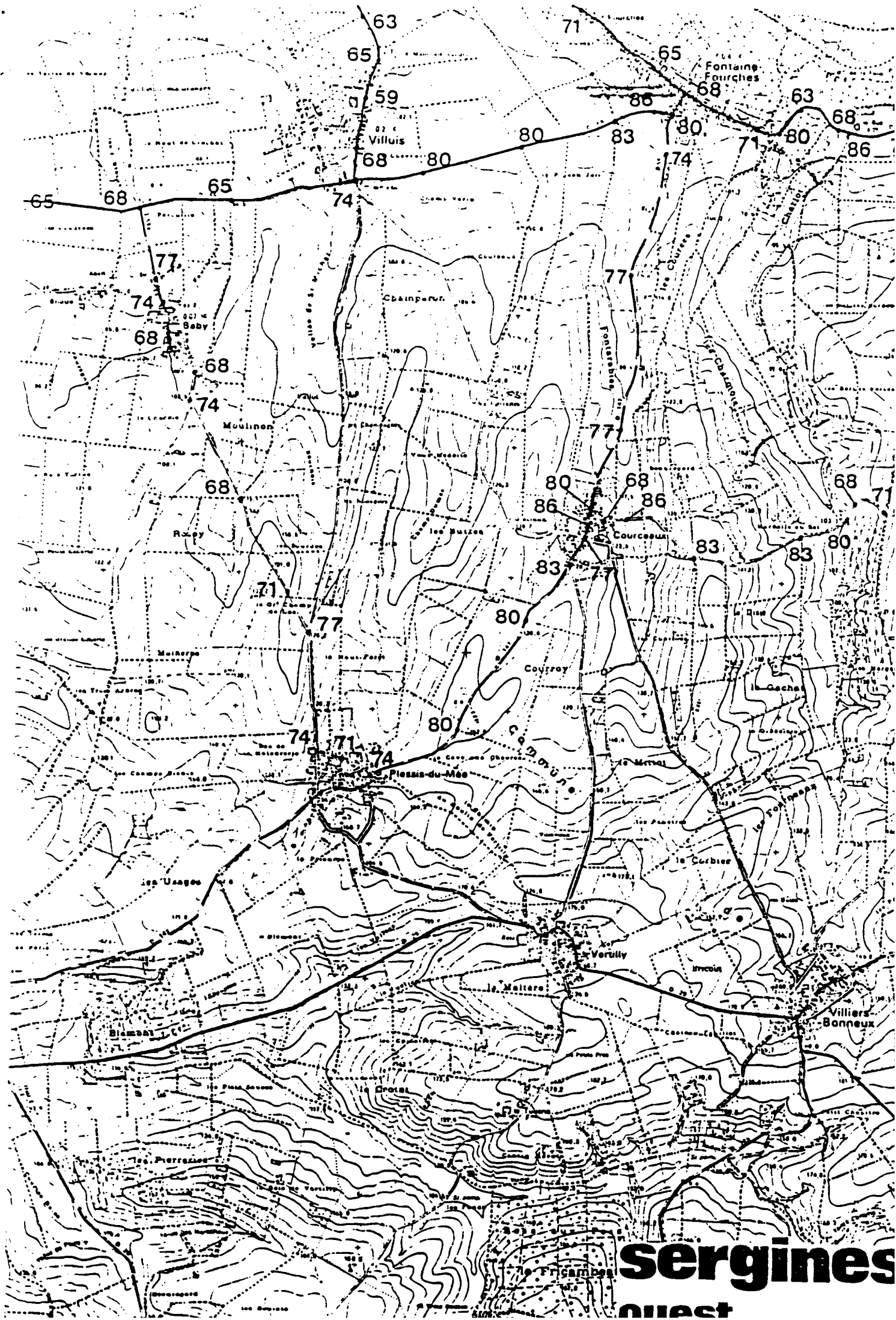




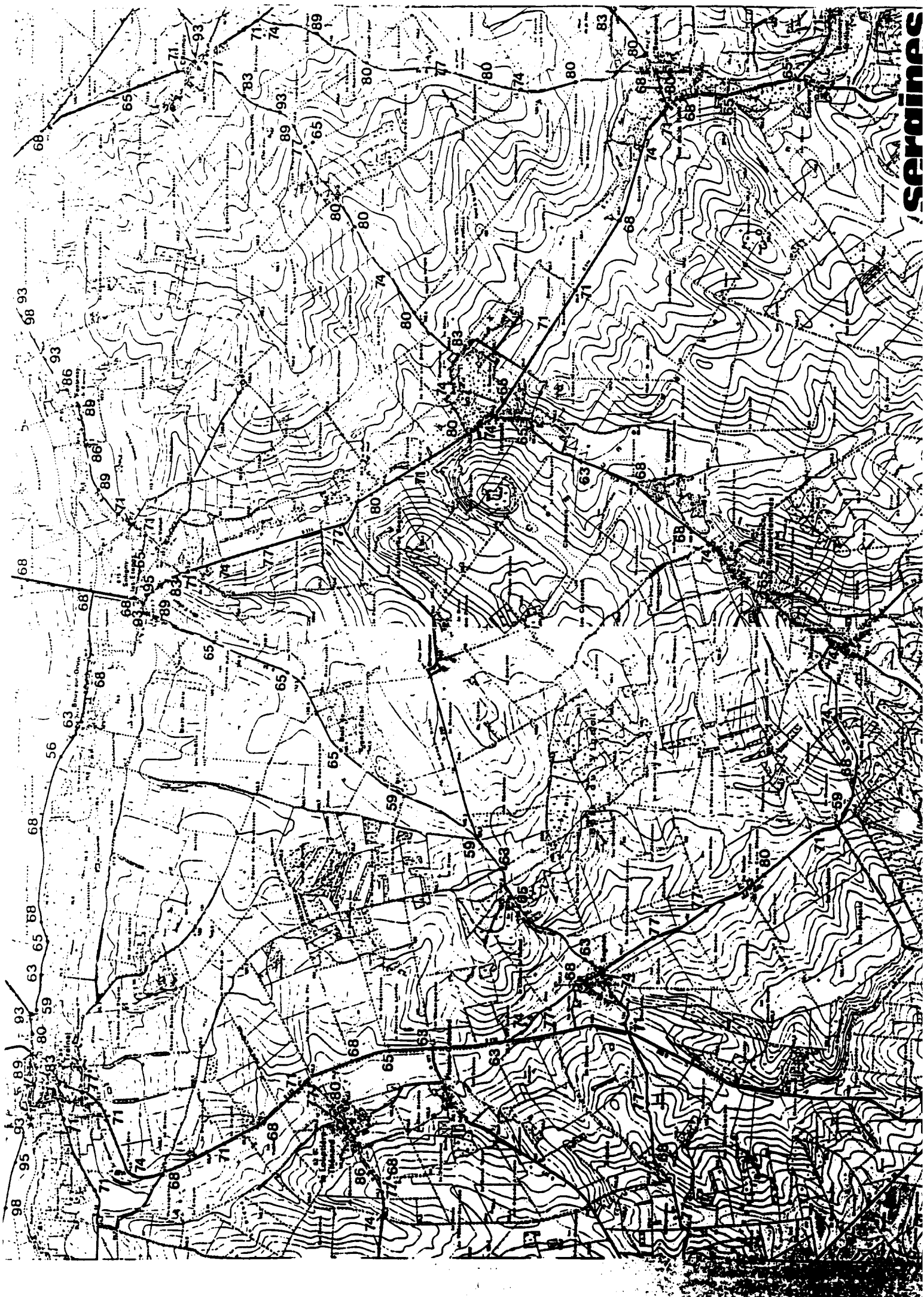








Sergines
ouest



serainec

