

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.1752/01et02 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

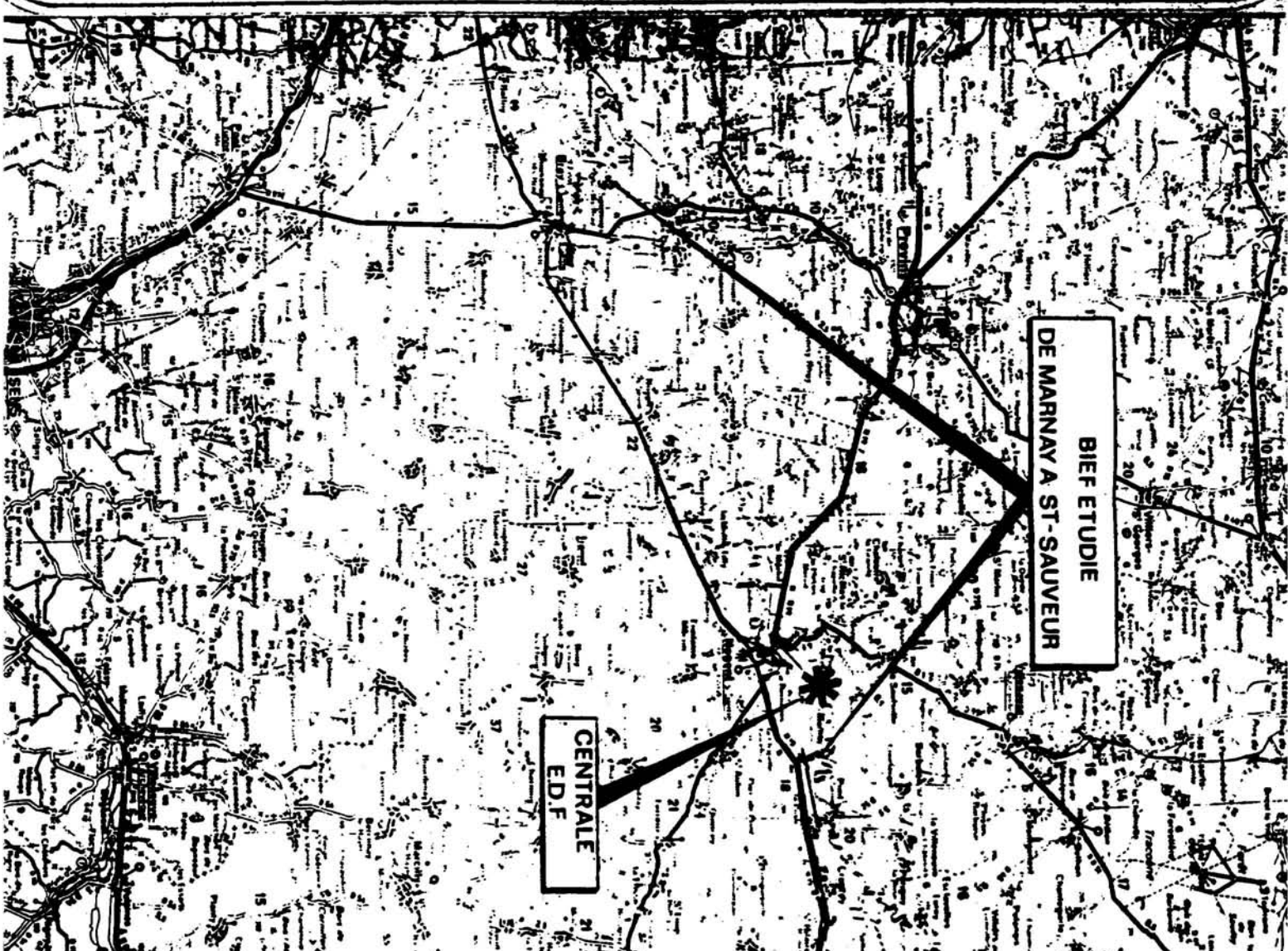
POINT ZERO RADIOECOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE

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 Y Ge-Li, fractions granulométriques) - Observation sur échantillons individuels - Y NaI réalisé <u>in situ</u> - Sonde traînée (graphiques et plans)	- Résultats du conditionnement - Analyses chimiques (K⁺, Ca⁺⁺) - Analyses radioactives (Y Ge-Li et radiochimie du 90Sr)	- Caractéristiques biométriques - Résultats du conditionnement - Analyses chimiques (K⁺, Ca⁺⁺) - Analyses radioactives (Y Ge-Li et radiochimie du 90Sr)

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.

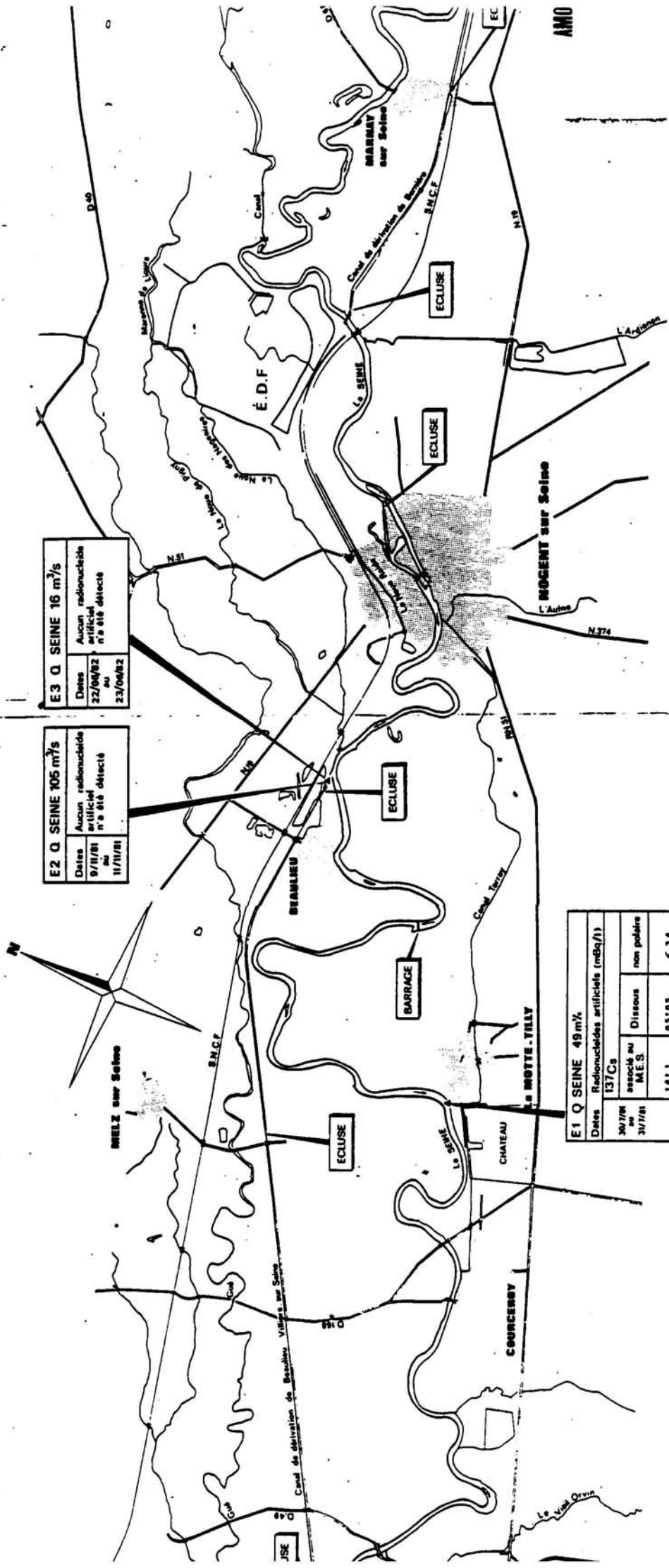
**POINT ZÉRO RADIOECOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE**

**EMPLACEMENT
DES PRELEVEMENTS D'EAU**

E1 EMPLACEMENT DES PRELEVEMENTS D'EAU



Echelle : 1/25 000^e



E3 Q SEINE 16 m³/s		
Dates	Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté	
22/06/82	au	23/06/82

E2 Q SEINE 105 m³/s		
Dates	Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté	
9/11/81	au	11/11/81

E1 Q SEINE 49 m³/s		
Dates	Radionucléides artificiels (mBq/l)	
30/7/81	137Cs	
31/7/81	associé au MES	Dispersé non polluant
	1.4 ± 1	0.5 ± 0.5 < 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 $^{238}\text{U} + ^{234}\text{Pa}$ 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 particulaire ($2,1 \pm 1,1 \text{ mBq.l}^{-1}$). 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
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 Bq.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 RETOMBÉES

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 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 fluviales 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, fies) 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 μ m 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.

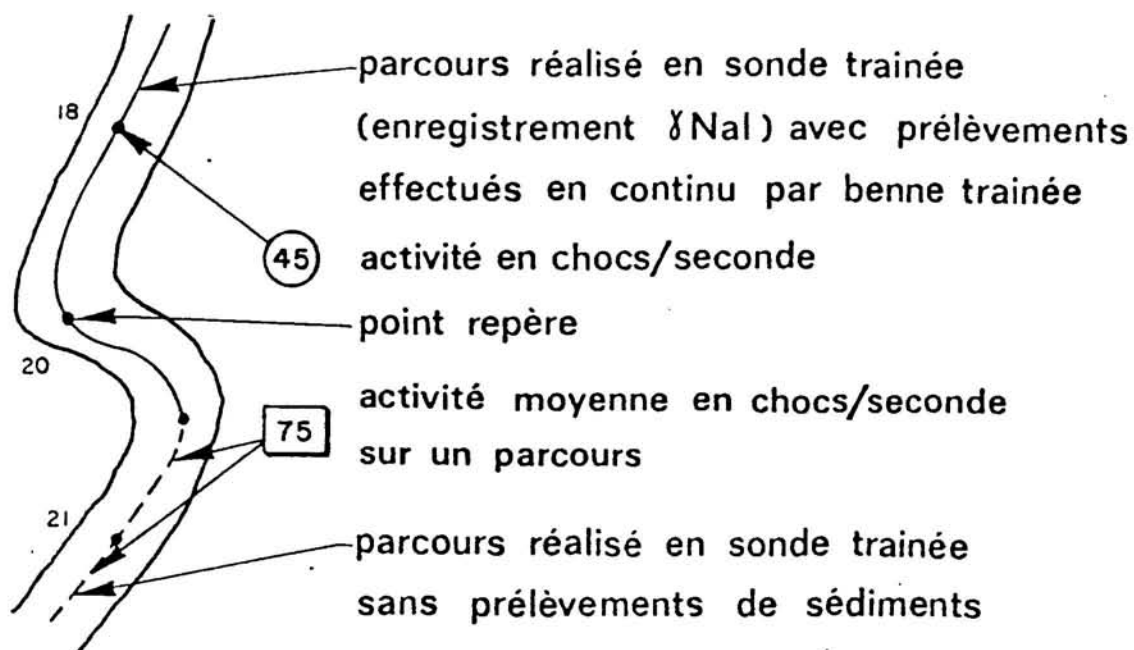
4.2.3.3 . Les résultats de la mesure γ globale avec déduction du bruit de fond et de la mesure γ NaI

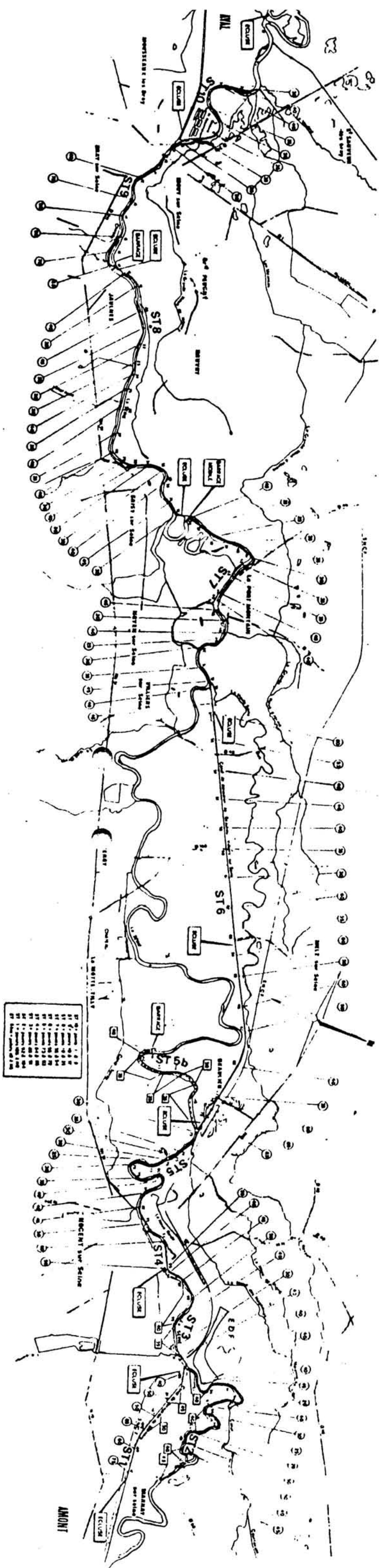
Ces mesures sont réalisées en camion laboratoire sur des conteneurs de 4 litres. La mesure γ globale va de 6 à 25 chocs/secondes ; la valeur maximale étant relative à un sédiment prélevé dans le bassin de décantation de BRAY SUR SEINE.

(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'expliciter 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 RADIOÉCOLOGIQUE DE LA SEINE
SITE DE NOGENT SUR SEINE**

EMPLACEMENTS

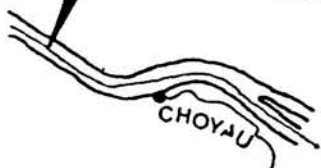
- _ DES PRELEVEMENTS PONCTUELS
- _ DES PRELEVEMENTS EFFECTUES EN BENNE TRAINÉE
(PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS)

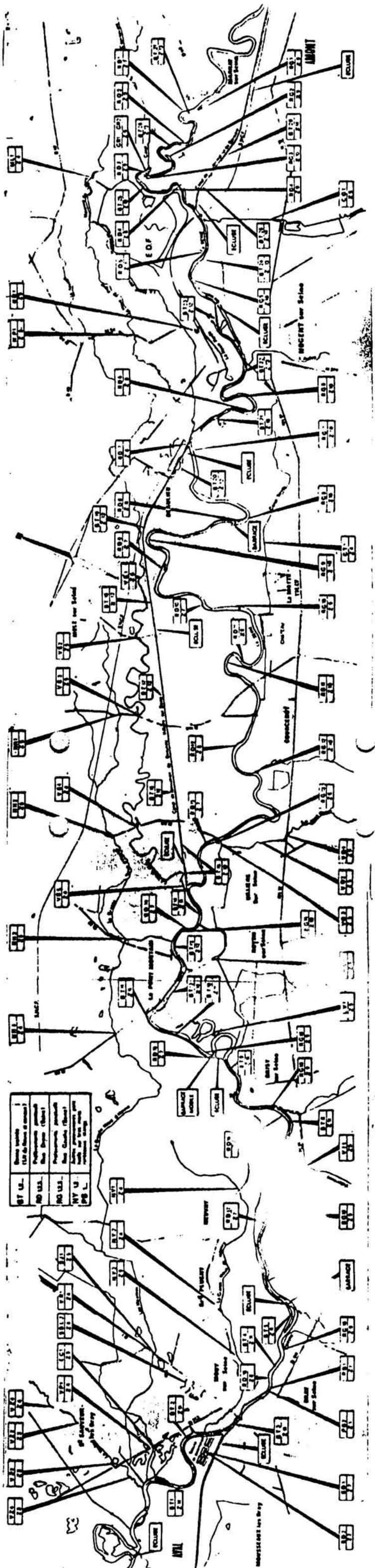
NY 3
Z 5

- 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 (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	Gravrières	Bassins de décantation
Naturelle	²³⁸ U + ²³⁴ Pa	21, 28, 210, 211	27, 29, 212, 214	24	26	82
		6 ± 3 à 9 ± 3	≤ à 22 ± 5	22 ± 8	4 ± 2	26 ± 13
	²²⁶ Ra	9 ± 5 à 10 ± 6	18 ± 6	3/4		
	²³² Th + ²²⁸ Ac	18 ± 8 à 20 ± 5	11 ± 5 à 20 ± 9	22 ± 10	7 ± 4	42 ± 20
Artificielle	⁴⁰ K	12 ± 3 à 13 ± 3	11 ± 3 à 20 ± 3	21 ± 5	3 ± 1	39 ± 10
	¹³⁷ Cs	84 ± 20 à 90 ± 20	80 ± 20 à 160 ± 25	160 ± 30	21 ± 7	510 ± 100
	¹⁴⁴ Ce + ¹⁴⁴ Pr	0,6 ± 0,2 à 1,3 ± 0,4	3,1 ± 0,9 à 4 ± 1	6 ± 1 à 20 ± 2	12 ± 2	19 ± 4
	⁹⁵ Nb	≤ à 1,0 ± 0,2	≤ à 1,7 ± 0,4	≤ à 12 ± 1	≤ 0,5	8 ± 2
		1/4 (1)	3/4	3/4	≤ 1	
		≤ à 1,2 ± 0,3	≤ à 1,1 ± 0,4	≤ à 8 ± 1	≤ 1	≤ 4
		3/4	3/4	4,1 ± 0,8	≤ 1	

(1) Le signe ≤ signifie que certaines des valeurs se situent en dessous des limites de détection. Le chiffre entouré 1/4 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. 28 (7 ± 2 Bq.kg⁻¹) et 210 (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.

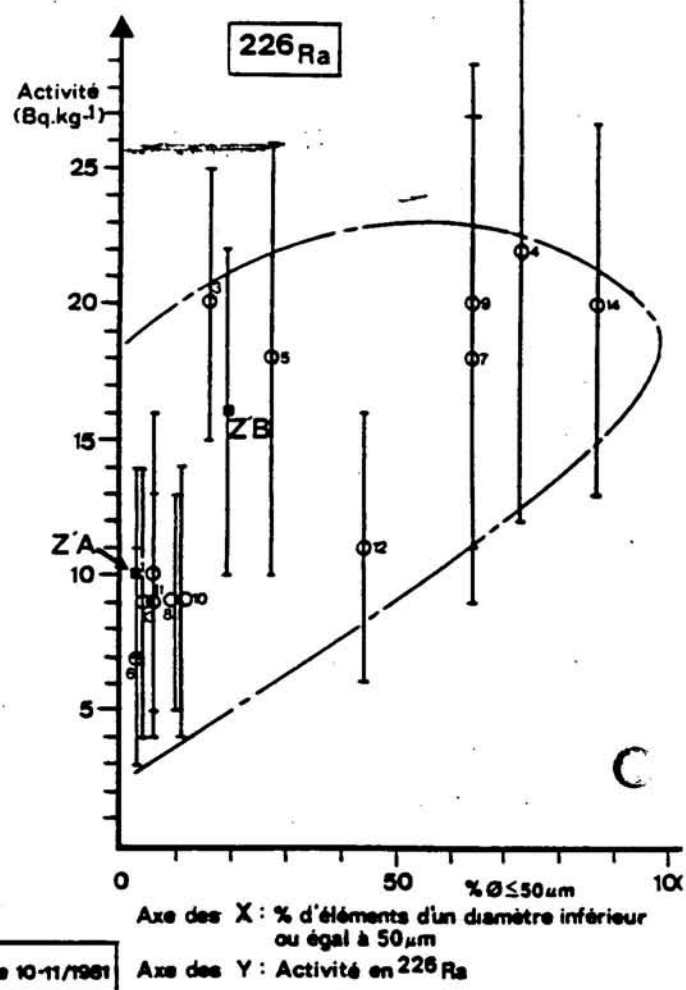
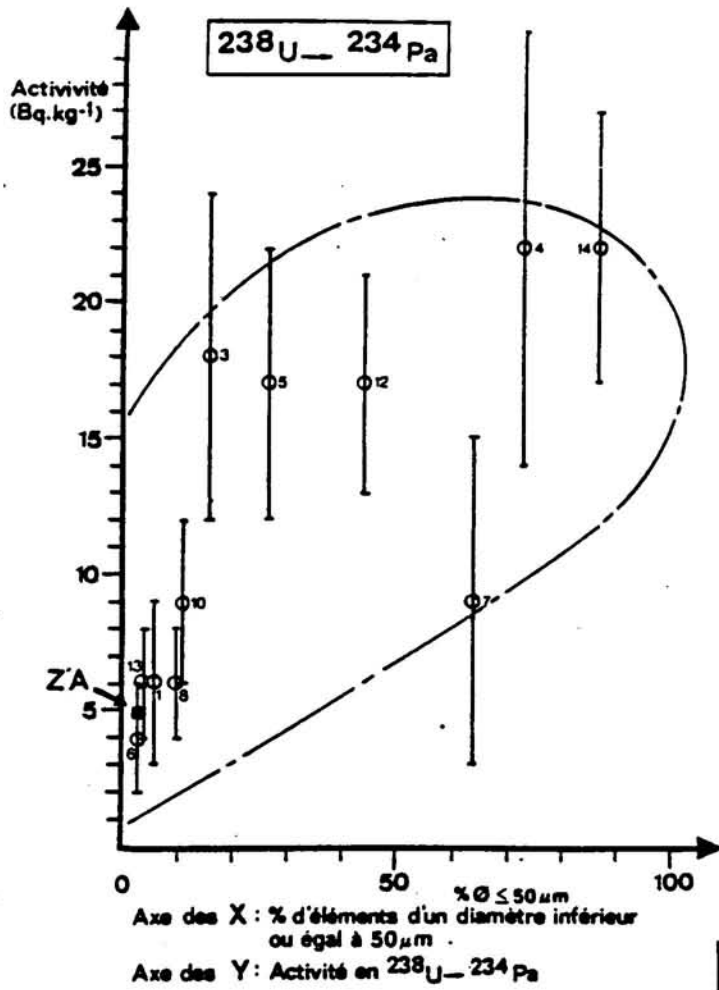
4.3.4.1 . Influence de la granulométrie des dépôts sur l'activité naturelle

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

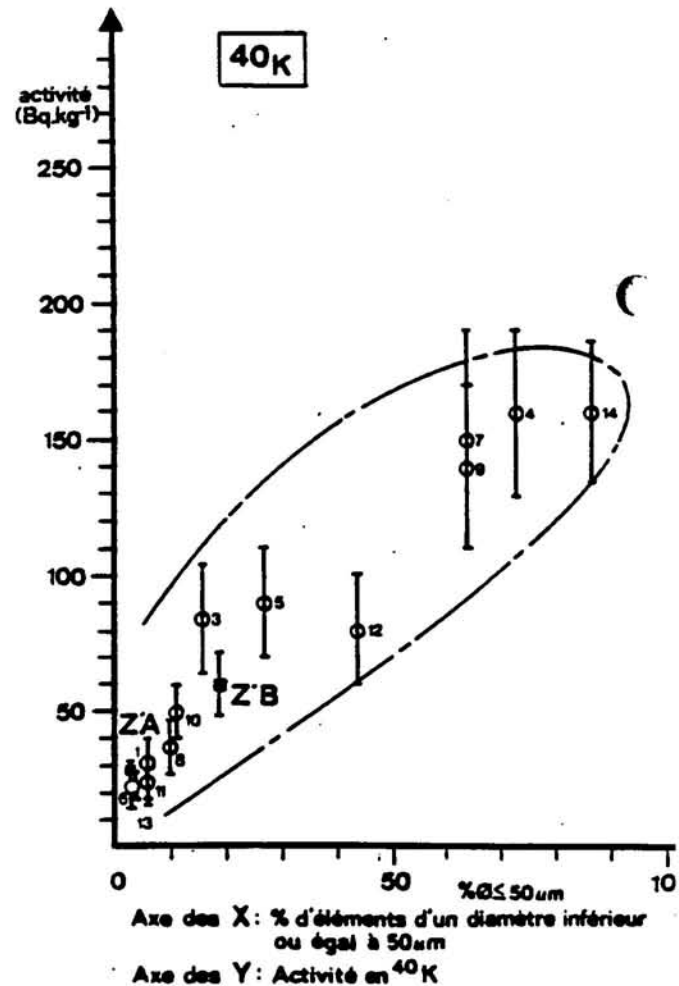
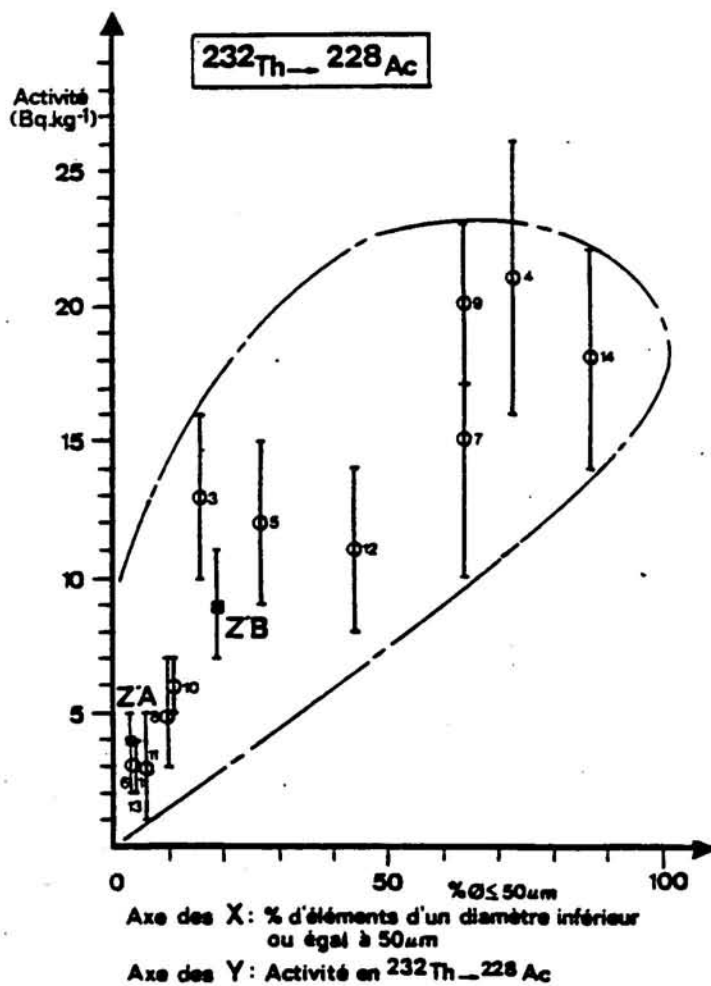


FIGURE 1 - RELATIONS ENTRE L'ACTIVITÉ NATURELLE ET LA GRANULOMÉTRIE DES ÉCHANTILLONS DE NOGENT-sur-SEINE

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 $19 \pm 4 \text{ Bq.kg}^{-1}$.

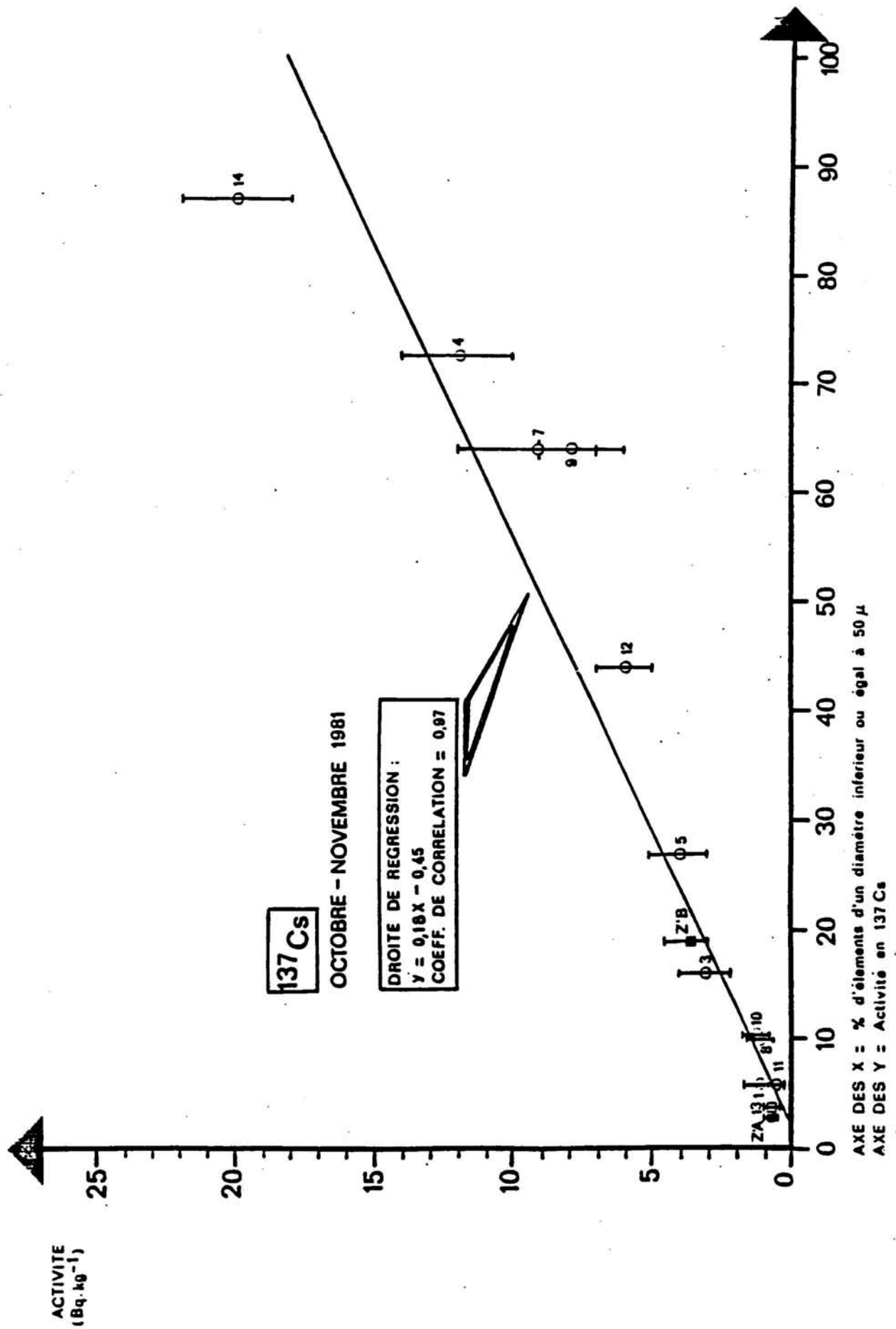


FIGURE 2 - RELATIONS ENTRE L'ACTIVITE EN ¹³⁷Cs ET LA GRANULOMETRIE DES ECHANTILLONS DE SEDIMENTS DE NOGENT-SUR-SEINE

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

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

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

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

avec X : % d'éléments d'un diamètre inférieur à $50 \mu\text{m}$
 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 SÉDIMENTOLOGIQUES 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 $50 \mu\text{m}$). 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**

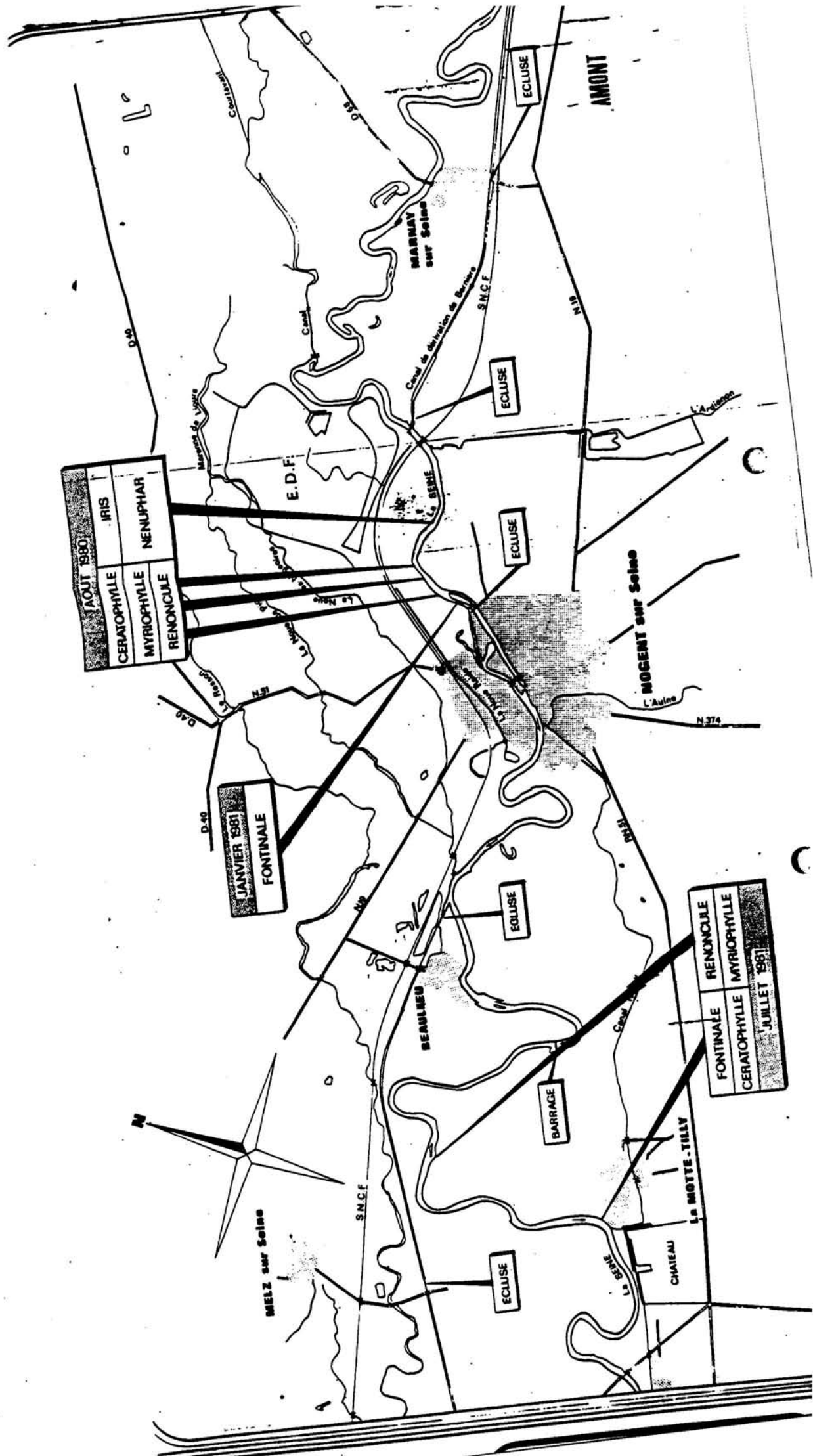
PRELEVEMENTS DE VEGETAUX

DATES , LIEUX ET GENRES PRELEVES

AOUT 1980	
CERATOPHYLLE	IRIS
MYRIOPHYLLE	NENUPHAR
RENONCULE	

JANVIER 1981	
FONTINALE	

FONTINALE	RENONCULE
CERATOPHYLLE	MYRIOPHYLLE
JUILLET 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 ($^{238}\text{U} + ^{234}\text{Pa}$). 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 Bq.kg⁻¹ sec

ESPECES	RADIONUCLEIDES					
	¹⁴⁴ Ce + ¹⁴⁴ Pr	⁹⁵ Nb	¹⁰³ Ru	⁹⁵ Zr	¹⁰⁶ Rh + ¹⁰⁶ Ru	⁵⁴ Mn
Fontinale	94 ± 2,6	74 ± 7,6	11,5 ± 2,6	38 ± 6,3	94 ± 15,6	≤ 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 ¹⁴⁴Ce + ¹⁴⁴Pr et ¹⁰⁶Ru + ¹⁰⁶Rh et pour le ⁹⁵Zr et le ⁹⁵Nb. 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 Bq.kg⁻¹ 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

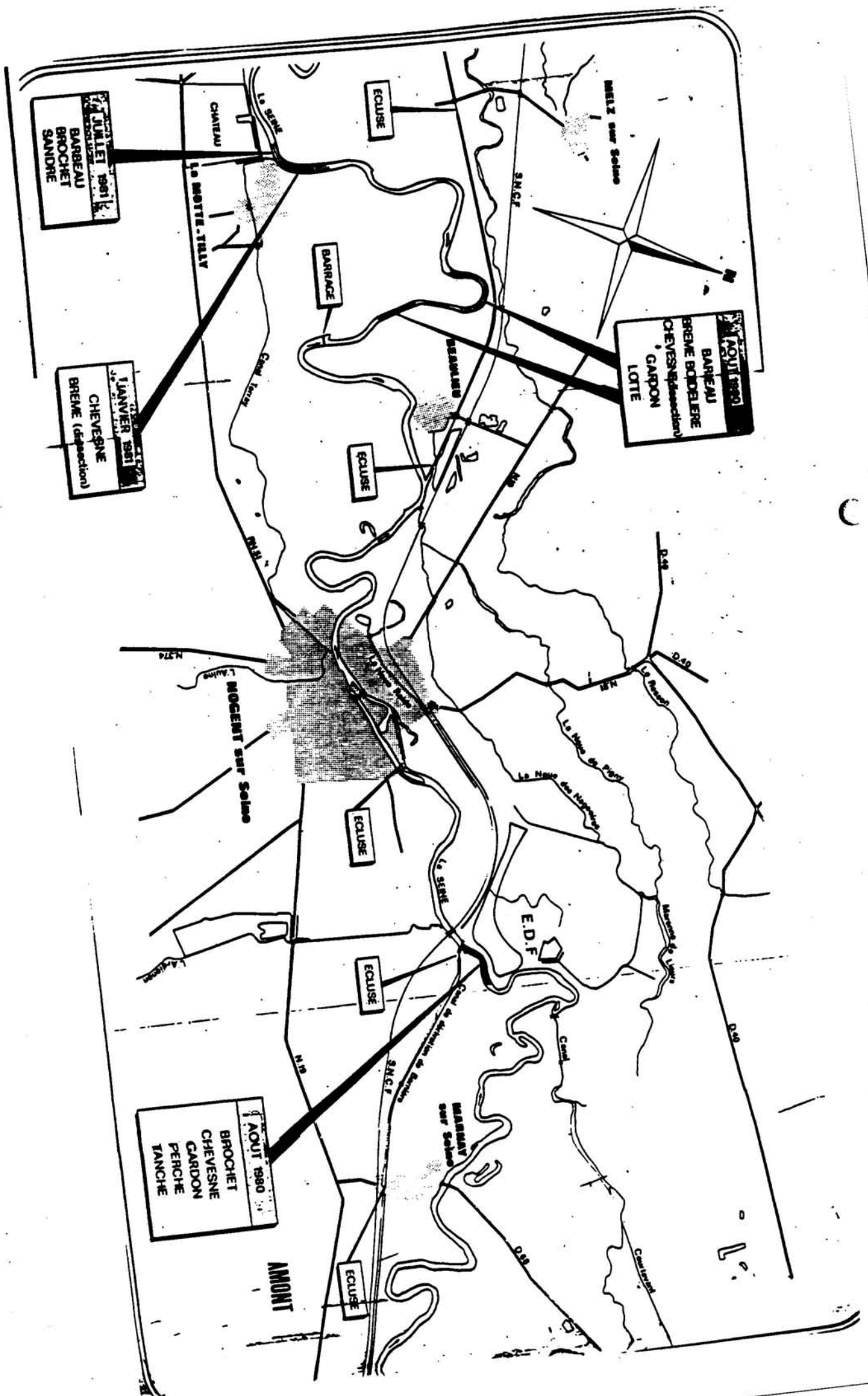
6.2.1 . LES PECHEES : DATES, LOCALISATIONS ET RECOLTES

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.

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

**PRELEVEMENTS DE POISSONS
A LA PECHE ELECTRIQUE**

DATES, LIEUX, ET GENRES CAPTURES



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.

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		EAU mBq.l ⁻¹						SEDIMENTS mBq.g ⁻¹ 1000						VEGETAIRE DEC mBq.g ⁻¹		POISSONS FRAIS mBq.g ⁻¹		
		PRELEVEMENT DU 30 au 31 07.1981			PRELEVEMENT DU 09 au 11 11.1981			PRELEVEMENT DU 22 au 23 09.1982			VASES		SABLES		PRELEVES EN 1980	PRELEVES EN 1981	PRELEVES EN 1980	PRELEVES EN 1981
		RES	Dissous	Sur paille (1)	RES	Dissous	Sur paille (1)	RES	Dissous	Sur paille (1)	Canne toté-ram Bourgo (2)	Etangs Buis-son (4)	Lit de la SEINE - BOURGOIS (5)	Etangs Buis-son (6)	Cérotaphylle, iris acrophylla, nénuphar, renoué (8)	Fantaisie, cérotaphylle acrophylla, renoué (8)	Barbeau, brème barbelé, brochet, chous, gardon, lotte, perche, tauthe	Barbeau, brème commune, brochet, chous
ISOTOPES NATURELS	²³⁸ U - ²³⁴ Pa	-	1120	0.3	11.3 24.6	10.705	0.3	7.1 ± 1.6	-	-	92.8 22.5 (2)	22 2.0	6.2 9.3	10 25	0.5 ± 0.3 h 20.1 ± 0.5	5.1 ± 1 h 26 ± 5.2	0.15 ± 0.15 h 1.2 ± 0.3	0.3 ± 0.2 h 3 ± 3
	²³² Th	-	620	0.3	12.0 2.9	10.0 17	0.3	0.30 0.30	-	-	11.5 20.7	22 2.0	9.4 10.1	10 20	1.4 ± 0.6 h 10.7 ± 0.5	2.0 ± 1.0 h 17.0 ± 10	0 ± 0.3 h 2.5 ± 0.7	0.2 ± 0.3 h 2.9 ± 4.3
	²³⁵ U - ²³¹ Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.2 20.7	21 2.5	3.2 6.7	10 25	1.0 ± 1.1 h 10.7 ± 1.2	5.1 ± 1 h 10.4 ± 0.1	0.15 ± 0.15 h 0.2 ± 0.2	-
	⁶⁰ Co	320 ± 70	110000	0.3	-	74 ± 30	0.3	4.7 ± 3.7	37.2 ± 19.8	-	805.70 1002.75	100 ± 30	26.5 40 ± 10	90 ± 20	250 ± 20 h 1260 ± 120	340 ± 110 h 2750 ± 250	01.4 ± 0.5 100 ± 40	71.5 ± 11.0 h 121 ± 20
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.0 ± 1.7 h 110 ± 15	20.0 ± 3.0 h 110 ± 15	-	-
	¹³⁷ Cs	1.4 ± 1	0.500,5	-	-	-	-	-	4 1.00	-	0.0 20 ± 2	12 22	0.000,2 1.300,4	4 21	0.5 ± 0.2 h 4.4 ± 1.1	1.7 ± 0.4 h 3.8 ± 1.0	0.02 ± 0.02 h 0.1 ± 0.04	0.1 ± 0.07 h 0.45 ± 0.3
	⁶⁴ Co - ¹⁰⁴ Pu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.300 12 ± 1	0.0 ± 0.0	1.000,2 1.300,4	1.7 ± 0.4	-	21.5 ± 3.0 h 90 ± 2.0	-	-
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.300,3 0 ± 1	4.1 ± 0.0	0.000,3 1.300,3	-	-	10.5 ± 1 h 70 ± 7.0	-	-
	¹⁰² Ru	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0 ± 0.2 h 20.5 ± 5.2	-	-
	⁹⁵ Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.4 ± 1 h 30 ± 0.3	-	-
ISOTOPES ARTIFICIELS	¹⁰⁶ Ru - ¹⁰⁶ Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0 ± 2.0 h 90 ± 0.0	-	-
	⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2 ± 0.3 h 2.4 ± 0.2	-	-
Radiocobalt	⁶⁰ Co (2)	< 100			< 10.0			< 7.6			-	-	-	-	-	-	-	-
Scintillation	¹³⁷ Cs (2)	23 400 ± 500			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

(6) 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 (nénuphar) 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