

# Enregistrement sédimentaire de la contamination métallique

Philippe Bonté<sup>1</sup>, Marie-Françoise Le Cloarec<sup>1</sup>, Marie-Olga Sornein<sup>1</sup>, Irène Lefèvre<sup>1</sup>, Laure Tessier<sup>1</sup>, Thomas Desalle<sup>1</sup>, Jean-Marie Mouchel<sup>2</sup>, Sophie Ayrault<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>LSCE, avenue de la Terrasse, 91198 Gif sur Yvette Cedex, bonte@lsce.cnrs-gif.fr

<sup>2</sup>CEREVE-Champs sur Marne

<sup>3</sup>LPS, CEA-CNRS.

Enregistrement sédimentaire de la contamination métallique.....	1
1. Introduction.....	1
2. Rappels sur les outils de datation des sédiments.....	2
2.1. Le <sup>137</sup> Cs, marqueur événementiel.....	2
2.2. Le <sup>210</sup> Pb, indicateur de vitesse de sédimentation.....	3
3. Sites d'échantillonnage.....	4
3.1. En rivière.....	4
3.2. Choix de zones inondables, en dehors de la rivière, sur des bras morts.....	5
3.2.1 Bouafles.....	6
3.2.2 Vézillon.....	6
3.2.3 Muids.....	6
3.3. Résultats des analyses de spectrométrie gamma.....	7
3.3.1 Bouafles.....	7
3.3.2 Vézillon.....	8
3.3.3 Muids.....	9
3.4. Comparaison des trois sites.....	10
4. Teneurs en métaux.....	11
4.1. Analyse par activation neutronique.....	11
4.2. Normalisation au Sc et à la surface.....	12
4.3. Comparaison aux MES de l'ensemble du bassin.....	13
5. Conclusion et prospective.....	14
5.1. En cours ou à venir (chimie).....	14
5.2. En cours ou à venir ( physique).....	14
5.3. Conclusion : des questions.....	14
6. Bibliographie.....	14

## 1. Introduction

Afin de reconstituer l'histoire des rejets et de vérifier la concordance des bilans de rejets estimés à partir de recherches documentaires, nous avons poursuivi en 2003 la recherche de sites de sédimentation témoins des contaminations métalliques passées dans le Bassin de la Seine (cf Bernollin et al, 2002).

La stratégie de base d'une telle étude consiste à rechercher, à l'aval d'une source de polluants : agglomération urbaine, zone industrielle, exutoire d'un bassin versant rural ou à agriculture intensive, par exemple, des sites à sédimentation régulière, non perturbée par des opérations de dragage, de reprofilage ou des rejets locaux ou des effondrements. Il s'agit alors de prélever dans les meilleures conditions possibles des carottes de sédiments permettant un échantillonnage continu pour obtenir une série diachronique des sédiments déposés à cet endroit. Il est donc nécessaire de dater ces sédiments ou, indirectement, d'en connaître la vitesse de sédimentation, en utilisant des outils appropriés à l'échelle de temps correspondante, pour sélectionner les carottes et les horizons dans ces carottes dont on analysera les teneurs en métaux ou autres contaminants.

## 2. Rappels sur les outils de datation des sédiments

Pour distinguer un horizon ancien d'un autre plus récent, il faut soit y reconnaître un vieillissement (information continue dans le temps), soit y détecter la présence d'un marqueur qui a disparu (information événementielle). L'analyse par spectrométrie gamma de quelques dizaines de grammes de sédiment des horizons successifs d'une carotte nous permet ces deux approches. En pratique, les carottes sont découpées en tronçons de 2 à 5 cm d'épaisseur, chaque prélèvement est ensuite séché, pesé, tamisé à 2 mm, repesé et conditionné dans une boîte étanche pour un comptage de 24 heures en moyenne par spectrométrie gamma. Quatre détecteurs (cristal de germanium hyper pur) à très bas bruit de fond sont couramment utilisés. Deux autres sont utilisés pour les analyses exploratoires (recherche rapide de la présence de  $^{137}\text{Cs}$ ). Les spectres obtenus permettent la détection de tous les émetteurs gamma dans la zone d'énergies comprises entre 40 et 1800 keV ayant des activités allant de 0.5 à 10 Bq/kg suivant les isotopes. Les rendements sont établis à partir de standards internationaux (Soil6, AIEA375, AIEA135), de chlorure de potassium et de standards internes, avec contrôle hebdomadaire des rendements ou des bruits de fond.

### 2.1. Le $^{137}\text{Cs}$ , marqueur événementiel.

Le césium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) est un radio-isotope artificiel créé lors de fissions d'atomes d'uranium-235 ou de plutonium-239, que ces fissions résultent de l'explosion d'une bombe nucléaire ou de l'exploitation d'un réacteur nucléaire. Sa présence se reconnaît facilement sur un spectre gamma par un pic à 661 keV, région du spectre sans interférence avec d'autres radioéléments. Le  $^{137}\text{Cs}$  n'existait pratiquement pas sur Terre avant l'exploitation de l'énergie nucléaire, et n'a été répandu que lors des premiers essais atmosphériques de bombes thermonucléaires (bombes « H »), assez puissantes pour contaminer la stratosphère. Les produits de fissions et autres sous-produits de ces explosions (produits d'activation en particulier) ont alors pu se disperser tout autour de la planète avant de retomber, entraînés par les précipitations (ou les retombées sèches dans les zones arides) une fois traversée la tropopause. La répartition en latitude est inégale, conséquence tout d'abord des sites d'émission (plus de 90% dans l'hémisphère Nord) et des mouvements de convection dans la troposphère, ascendants aux basses latitudes, descendants aux latitudes moyennes (cellules de Hadley). Les retombées dues aux bombes sont fonction du calendrier des explosions (plus de 500) et du temps de séjour dans l'atmosphère (de l'ordre de l'année). En domaine continental, la fixation du  $^{137}\text{Cs}$  sur les particules de sols les plus fines (ayant la plus grande surface d'adsorption spécifique et qui sont aussi les plus nombreuses) est rapide et très robuste.

Les sédiments de rivière, constitués en majeure partie de particules des couches les plus superficielles des sols érodées par le ruissellement, ont enregistré les variations des retombées atmosphériques. Dans le cas d'une sédimentation régulière, on est donc en droit de rechercher le « calendrier » des retombées, sachant que la période radioactive du  $^{137}\text{Cs}$  étant de 30.17 ans, ce radio-isotope est encore très présent sur Terre, même s'il date des premiers essais, il y a 50 ans. Le calendrier de référence a été établi à partir de relevés réguliers en Angleterre (Cambray et al., 1989), qui est en accord avec la compilation des données mondiales réunies par l'UNSCEAR (UNSCEAR 2000).

Une deuxième source atmosphérique de  $^{137}\text{Cs}$  est, dans le bassin de la Seine, l'accident de Tchernobyl qui a dispersé de manière très hétérogène une quantité importante de  $^{137}\text{Cs}$  sur l'Europe pendant le mois de mai 1986. Cet apport a été brutal, comparativement à celui découlant des essais de bombes, car la contamination n'ayant pas atteint la stratosphère, les retombées se sont produites très rapidement, entraînées par les précipitations du printemps. Lors de la thèse de Stéphane Sogon, une étude de l'érosion des sols en Brie réalisée dans le cadre du PIREN Seine, nous avons évalué par différentes approches ces retombées supplémentaires à 790 Bq/m<sup>2</sup>, soit 25 à 30% du stock de  $^{137}\text{Cs}$  encore présent dans les sols à cette époque (Sogon, 1999).

Nous avons représenté en Figure 1 le calendrier des retombées atmosphériques de  $^{137}\text{Cs}$  au moment du dépôt (en bleu) et ce qu'il devrait en rester en 2003, correction faite de la décroissance radioactive. Les variations initiales sont telles que la décroissance radioactive ne lisse pas considérablement le profil dans le temps, on voit ainsi que l'analyse du  $^{137}\text{Cs}$  doit permettre d'obtenir

au moins trois dates précises : 1954 (premières retombées conséquentes), 1964 (maximum des retombées) et 1986 (retombées de Tchernobyl).

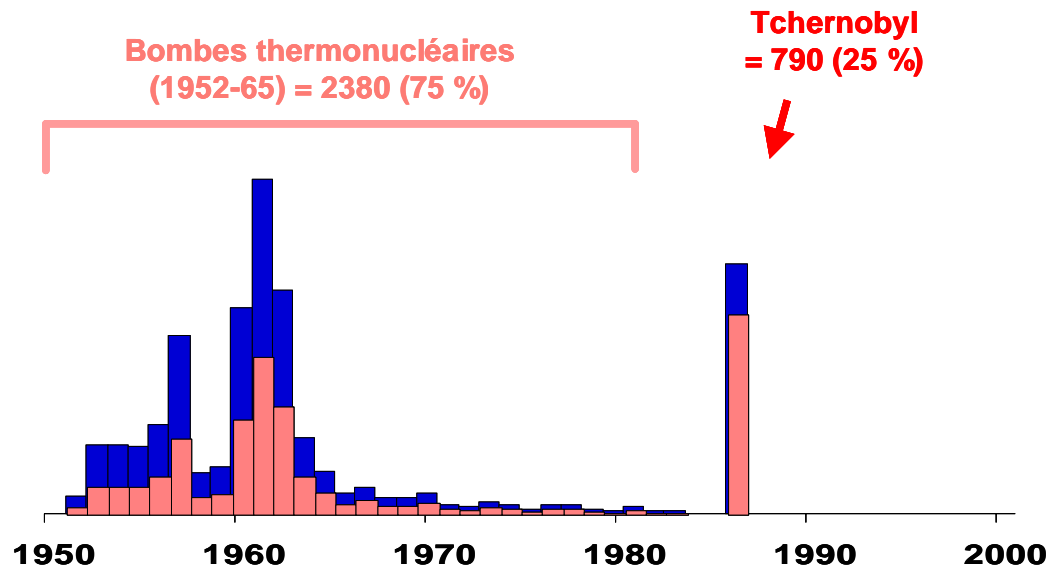


Figure 1 : calendrier des retombées de <sup>137</sup>Cs dans le bassin de la Seine

Ce n'est donc pas tant la décroissance radioactive de ce marqueur qui sera utilisée mais plutôt l'enregistrement de ses variations de teneurs, comme on le ferait pour un marqueur chimique. Cependant, sa radioactivité permet une détection précise à un niveau de concentration extraordinairement bas ( $10^{-15}$  g/kg).

## 2.2. Le <sup>210</sup>Pb, indicateur de vitesse de sédimentation.

Tout échantillon de sédiment est naturellement radioactif car il contient, entre autres éléments traces, de l'uranium et du thorium (quelques mg/kg). Ces deux éléments sont donc instables (avec de très longues périodes, c'est pourquoi ils sont encore présents alors qu'ils ont été formés il y a 4,5 milliards d'années) mais leurs produits de désintégration sont eux-mêmes radioactifs, formant des familles d'éléments aux propriétés chimiques et aux périodes radioactives variées. Avant d'arriver enfin à un isotope stable (isotopes 206, 207 et 208 du plomb), l'uranium ou le thorium initiaux se sont transformés en radon, un gaz rare, qui ne se combinera avec aucun autre élément chimique. Si le radon formé à partir du thorium a une durée de vie très courte (<sup>220</sup>Rn,  $T_{1/2} = 55$  s), celui qui provient de l'uranium 238 a une période de 3,82 jours, assez longue pour qu'une quantité mesurable s'échappe des sols et envahisse l'atmosphère (teneur très variable, de l'ordre de  $10$  Bq/m<sup>3</sup>). Ce <sup>222</sup>Rn se désintègre ensuite en une suite de radioéléments de très courtes périodes jusqu'au <sup>210</sup>Pb qui, avec ses 22,3 ans de période, a largement le temps d'être entraîné vers les sols par les précipitations avant de se désintégrer. Très réactif vis à vis des particules fines et de la matière organique, ce <sup>210</sup>Pb va marquer les particules superficielles des sols de la même façon que le <sup>137</sup>Cs, avec cette différence majeure que le marquage est continu dans le temps (la teneur de <sup>222</sup>Rn de l'atmosphère à un endroit donné n'a pas de raison de changer de manière importante au cours du temps, elle dépend essentiellement des surfaces balayées par les vents : continentales ou océaniques). Le <sup>210</sup>Pb présent dans les particules exposées aux retombées atmosphériques a ainsi deux origines : une fraction est intrinsèque aux particules et en équilibre séculaire avec des parents de très longues périodes, elle ne nous donne pas d'information temporelle, et une seconde fraction, provenant du <sup>222</sup>Rn atmosphérique, qui va « vieillir » dès que les particules ne seront plus en contact avec l'atmosphère (Figure 2).

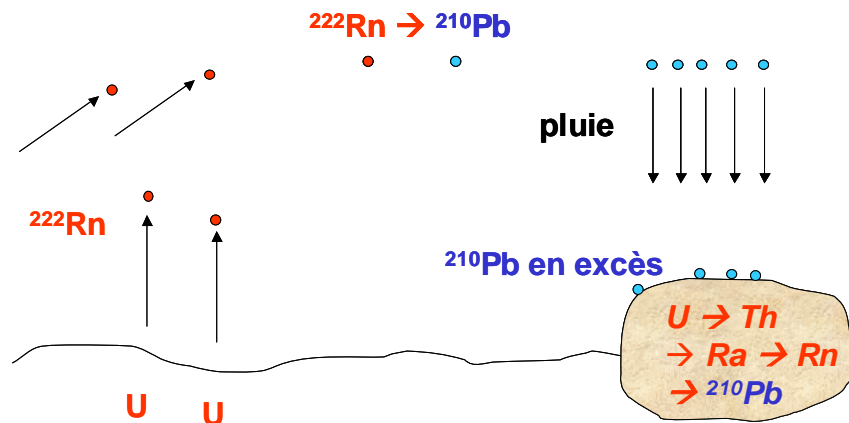


Figure 2 : cycle du  $^{210}\text{Pb}$  atmosphérique

Ces atomes de  $^{210}\text{Pb}$ , des « orphelins » qui ne seront pas remplacés après leur désintégration, constituent ce qu'on appelle l'excès de  $^{210}\text{Pb}$  ( $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ ). On l'estime par différence entre les activités de  $^{210}\text{Pb}$  mesuré (intrinsèque + excès) et celles de  $^{226}\text{Ra}$ , supposé représenter l'activité de toute la famille de l'uranium présente dans l'échantillon. C'est donc la décroissance d'une différence entre deux valeurs mesurées, dont l'une est « supposée » représenter la fraction intrinsèque du  $^{210}\text{Pb}$ , qu'on va suivre en descendant en profondeur dans la colonne sédimentaire. Les erreurs sont alors nettement plus conséquentes que dans le cas du  $^{137}\text{Cs}$ , où la mesure est directe. Dans la Figure 3, par exemple, très réaliste quant aux erreurs de mesure, on constate qu'il n'est pas possible de déterminer l'excès de  $^{210}\text{Pb}$  avant 1940.

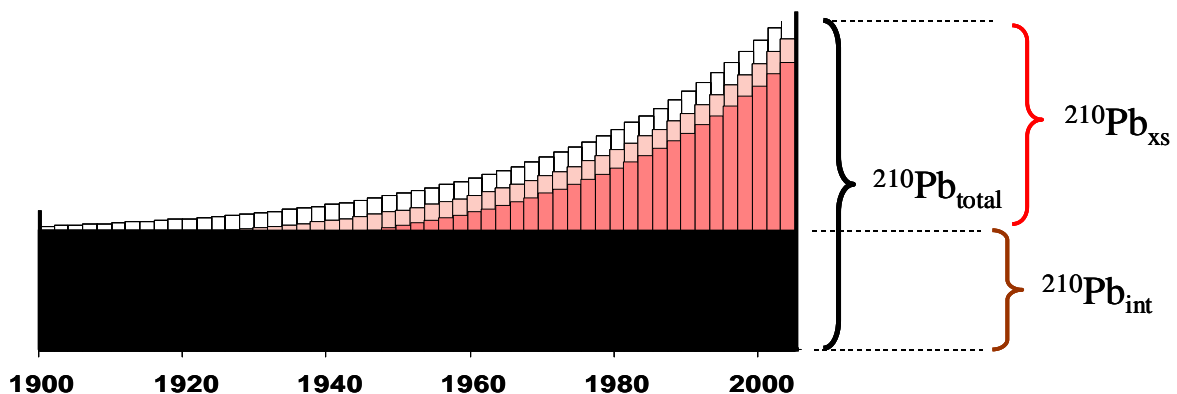


Figure 3 : variation de l'activité de  $^{210}\text{Pb}$  mesurée ( $\pm 1$  sigma) et excès de  $^{210}\text{Pb}$  déduit par différence avec le  $^{210}\text{Pb}$  intrinsèque ( $^{210}\text{Pb}_{\text{int}}$ ).

Avec ce marqueur temporel très classique dans les études en lacs et rivières (Appleby et al., 1986 par exemple), on aura donc une estimation de la vitesse de sédimentation, mais on ne pourra remonter assez loin dans le temps (plus de 50 ans) que si la fraction de  $^{210}\text{Pb}$  intrinsèque est assez faible par rapport aux retombées atmosphériques.

### 3. Sites d'échantillonnage

A priori, il est logique d'aller chercher les sédiments au fond de la rivière. C'est ce que nous avons tenté l'année dernière, cette année nous avons entrepris de récolter les sédiments de zones d'inondation, en dehors du lit moyen de la rivière.

#### 3.1. En rivière.

La quête de carottes à sédimentation régulière sur plusieurs décennies est une œuvre de longue haleine dans les rivières du Bassin de la Seine, comme probablement dans toute rivière fortement anthropisée. En effet, les perturbations apportées par l'homme sont nombreuses (recalibrages,

dragages, navigation), et il n'est pas toujours facile d'avoir connaissance de l'historique des actions entreprises. Nous avons présenté dans le rapport précédent les résultats obtenus sur deux carottes prélevées dans un canal abandonné à l'aval de la ville de Troyes, seulement alimenté par un fin filet d'eau. Nous avons effectivement obtenu un profil de sédimentation régulière, mais sans aller plus loin qu'une quinzaine d'années en arrière.

Nous avons également repris les résultats de carottes analysées précédemment à titre exploratoire : dans les bassins de retenue de la Seine et de l'Aube, à l'amont de la centrale de Nogent sur Seine, à la sortie d'Achères et autour de l'île d'Herblay (Martin et Sogon, 2000), au-delà de Poses, à Oissel. A côté de sites dans lesquels les sédiments récents sont absents (absence de sédimentation ou action de l'homme), les sites présentant une sédimentation compréhensive n'ont jamais permis de remonter sur une cinquantaine d'années dans le temps, avec un calage bien précis par le profil des retombées de  $^{137}\text{Cs}$ .

### 3.2. Choix de zones inondables, en dehors de la rivière, sur des bras morts

La meilleure colonne sédimentaire prélevée dans le bassin de la Seine provenait de carottages faits à terre il y a 9 ans, dans la zone humide de la Bassée (Fustec et al., 1997). Nous avons voulu réitérer cette heureuse expérience, non plus dans l'optique d'étudier l'évolution des zones humides, mais surtout dans celle de remonter dans le temps pour pourvoir, enfin, détenir des sédiments assez anciens pour refaire l'histoire de l'évolution de la contamination des eaux de la Seine. Nous avons choisi la dernière grande boucle située avant le barrage de Poses, dans laquelle se trouve la ville des Andelys. Le 9 avril 2003, nous avons donc échantillonné trois sites (Figure 4) à l'aide d'un carottier de sol, et non plus de sédiments meubles, carottier en acier de 10 cm de diamètre intérieur et de 1 m de longueur, qui s'ouvre sur la totalité de la longueur, permettant ainsi un transfert immédiat sur le terrain dans une chemise de PVC, limitant au mieux les risques de contamination métallique. Le carottier est mu par un moteur à percussion, nous avons atteint sans problème une profondeur de plus de 90 cm pour chacune des 7 carottes prélevées.

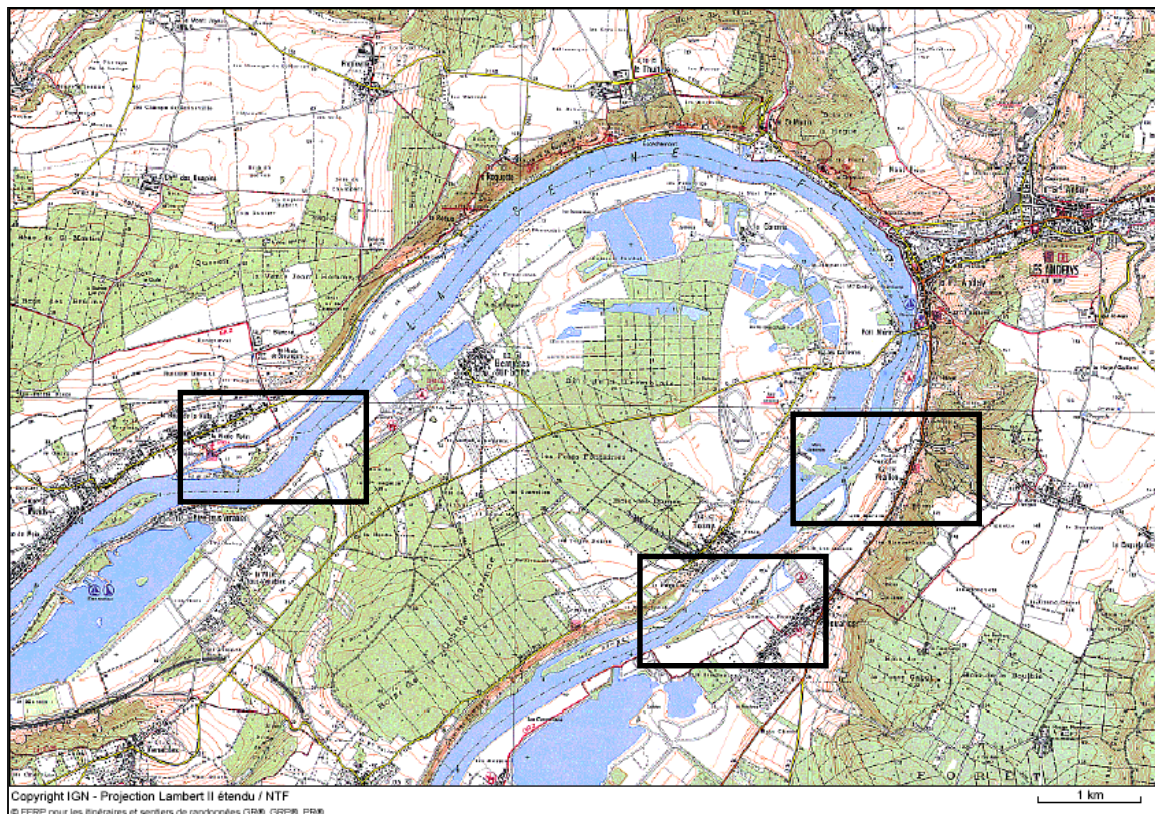


Figure 4 : sites d'échantillonnage dans la boucle des Andelys

### 3.2.1 Bouafles

Le premier site échantillonné est situé sur le bras mort joignant l'ancienne « Grande Ile » à la berge en rive droite (Figure 5). Il apparaissait clairement sur le terrain que ce site était en accrétion récente, de gros arbres étant enterrés au dessus de leurs racines. Une première carotte est prélevée dans un creux entre les arbres, distants de plus de 10 m, deux autres sont prélevées plus vers la rivière.

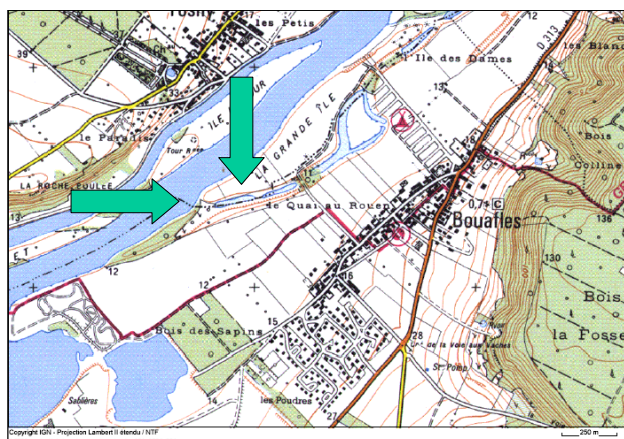


Figure 5 : situation du bras mort échantillonné à Bouafles, et vue des arbres aux racines enfouies dans les sédiments déposés lors des inondations

### 3.2.2 Vézillon

Le deuxième site échantillonné est situé quelques kilomètres plus à l'aval, plus à l'intérieur des terres (Figure 6), également sur l'arc est de la boucle, sur le bras mort de l'île des Trois Rois.

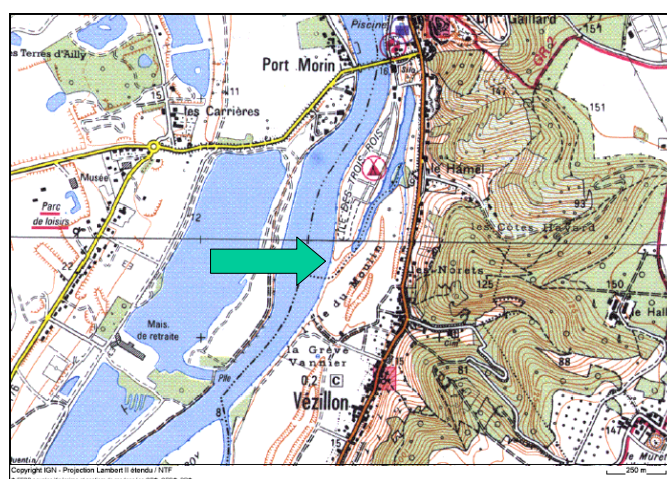


Figure 6: situation du bras mort échantillonné à Vézillon.

### 3.2.3 Muids

Le troisième site se situe sur l'arc ouest de la boucle, toujours en rive droite, dans un composite d'îles en cours de rattachement les unes aux autres et à la berge : les îles de La Roque, du Moulin, de La Motte et de Lavanier. Nous avons prélevé deux carottes au début du bras mort, entre île de Lazvanier et la fin de l'île de La Roque (Figure 7).

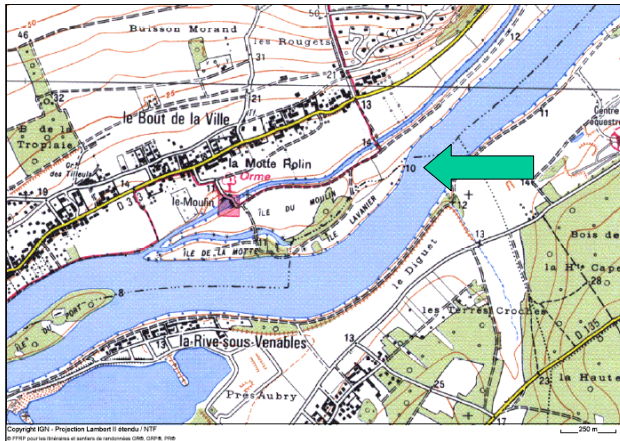


Figure 7: situation du bras mort échantillonné à Muids, et photographie du site, entrée de l'ancien bras

### 3.3. Résultats des analyses de spectrométrie gamma

Toutes les carottes ont été transférées sur le terrain dans deux doubles coques cylindriques en PVC de 50 cm de longueur chacune. Au laboratoire, chaque double coque a été ouverte dans une pièce préalablement nettoyée à fond et les tronçons ont été découpés avec des scalpels en matière plastique en tranche de 2 cm. Chaque tranche a été pesée, puis émiétée et séchée, à l'air puis à l'étuve à 50 °C pendant plus de 24 heures. Il n'y avait pas de fraction grossière (plus de 2 mm de diamètre). L'échantillon est alors repesé, pour avoir le poids sec total de chacune des tranches, puis une aliquote est prélevée pour remplir les boîtes de comptage, boîtes cylindriques plates ( $\varnothing = 70 \text{ mm} \times h = 15 \text{ mm}$ ).

Les boîtes sont pesées et fermée de façon étanche, pour permettre la recroissance du  $^{222}\text{Rn}$  qui aurait pu s'échapper lors de l'étuvage (en fait, cet effet est très faible quand on reste à faible température).

#### 3.3.1 Bouafles

Dans la carotte Bouafles01, le  $^{137}\text{Cs}$  est présent sur toute la longueur. A partir de la base de la carotte, l'activité de  $^{137}\text{Cs}$  passe de lentement de 13,2 Bq/kg à 8,9, à 70 cm, puis remonte brutalement jusqu'à plus de 23 Bq/kg, à 60 cm. Elle redescend ensuite lentement jusqu'en dessous de 10 Bq/kg à la surface. On peut raisonnablement penser que le pic vu vers 70 cm correspond aux retombées de Tchernobyl, datant de 1986. Ceci est confirmé par le comportement du  $^{210}\text{Pb}$  en excès (Figure 9), qui passe de 62 Bq/kg en surface à la moitié à 80 cm de profondeur. Un âge d'une vingtaine d'années à l'horizon 80 cm est tout à fait compatible avec un âge de 17 ans vers 70 cm.

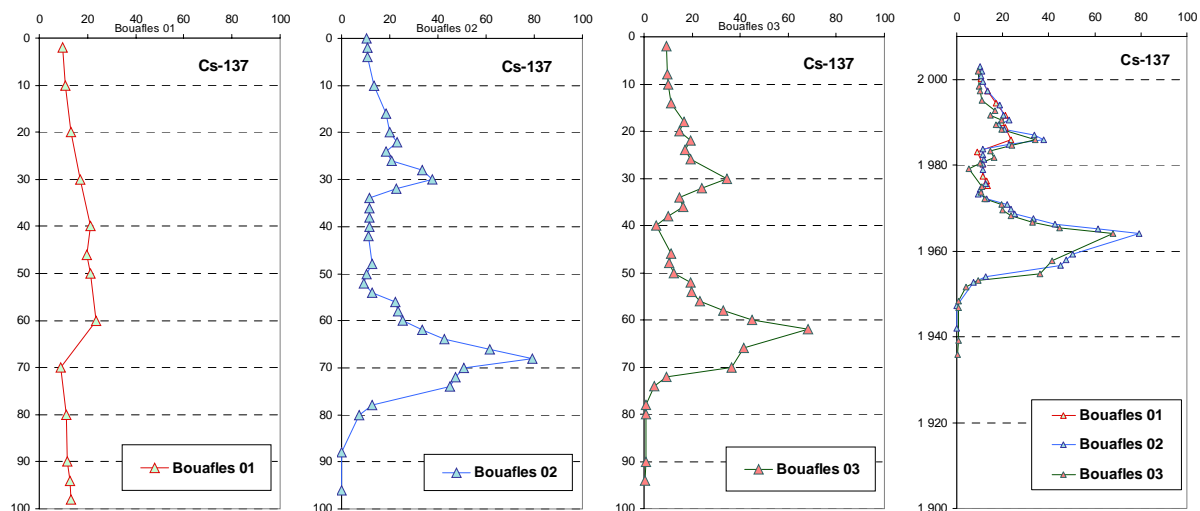


Figure 8: Profil des activités de  $^{137}\text{Cs}$  dans les trois carottes de Bouafles ( $^{137}\text{Cs}$  en Bq/kg, profondeur en cm) et superposition des trois profils après transformation des profondeurs en dates.

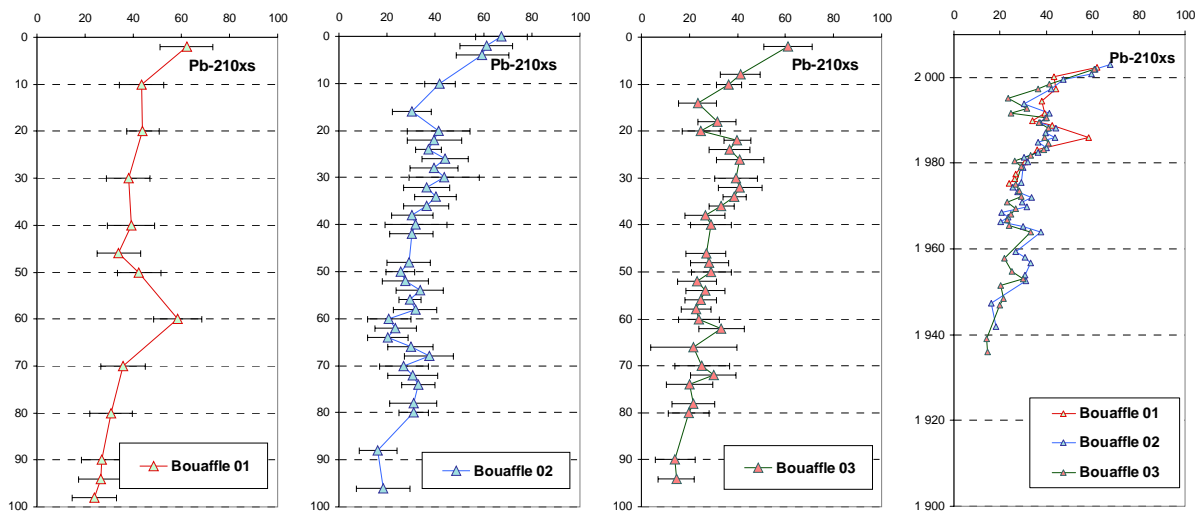


Figure 9: Profil des activités de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  dans les trois carottes de Bouafles et superposition des trois profils après transformation des profondeurs en dates.

Les deux carottes Bouafles02 et Bouafles03 sont particulièrement similaires. Les profils de  $^{137}\text{Cs}$  (Figure 8) reflètent parfaitement le profil des retombées des bombes (Figure 1). Les profils de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  sont également très comparables (Figure 9). En donnant aux niveaux bien reconnus par l'apparition du  $^{137}\text{Cs}$  la date de 1954, au maximum de  $^{137}\text{Cs}$  celle de 1964, et avec la date de l'accident de Tchernobyl, on peut transformer les profondeurs centimétriques en dates, et reporter alors les courbes de variations des excès de  $^{210}\text{Pb}$ . On constate alors un accord entre les trois profils (Figure 9).

### 3.3.2 Vézillon

Pour les deux carottes de Vézillon, là encore les profils de  $^{137}\text{Cs}$  sont très comparables et nous avons reproduit la transformation profondeur – date. Les profils de  $^{137}\text{Cs}$  se recouvrent parfaitement (Figure 10).

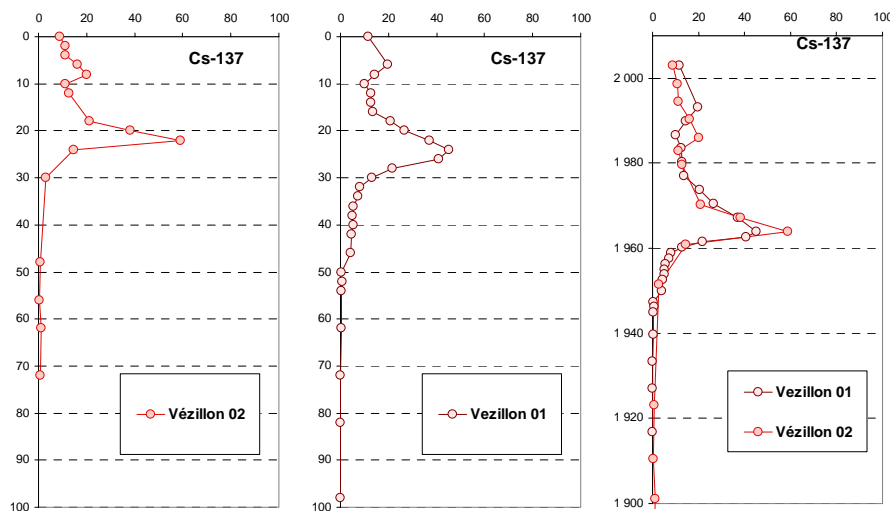


Figure 10: Profil des activités de  $^{137}\text{Cs}$  dans les deux carottes de Vézillon et superposition des deux profils après transformation des profondeurs en dates.



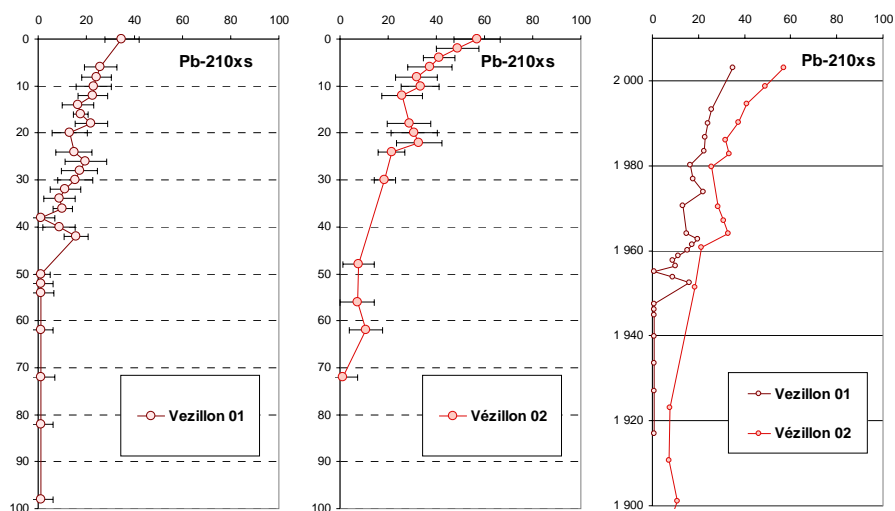


Figure 11: Profil des activités de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  dans les deux carottes de Vézillon et superposition des deux profils après transformation des profondeurs en dates.

Le  $^{210}\text{Pb}$  se comporte aussi bien que possible (Figure 11), sachant que la régularité des apports n'est certainement pas strictement respectée au cours du temps, en raison, entre autres, des variations de débit de la Seine entre années sèches et années humides.

### 3.3.3 Muids

Sur le site de Muids, on trouve une vitesse de dépôt plus rapide qu'à Vézillon, comme en témoigne la présence très nette du pic des bombes à 43 cm de profondeur (Figure 12). Là encore, la transformation des profondeurs en dates permet une superposition quasi parfaite des profils de  $^{137}\text{Cs}$  comme de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  (Figure 13).

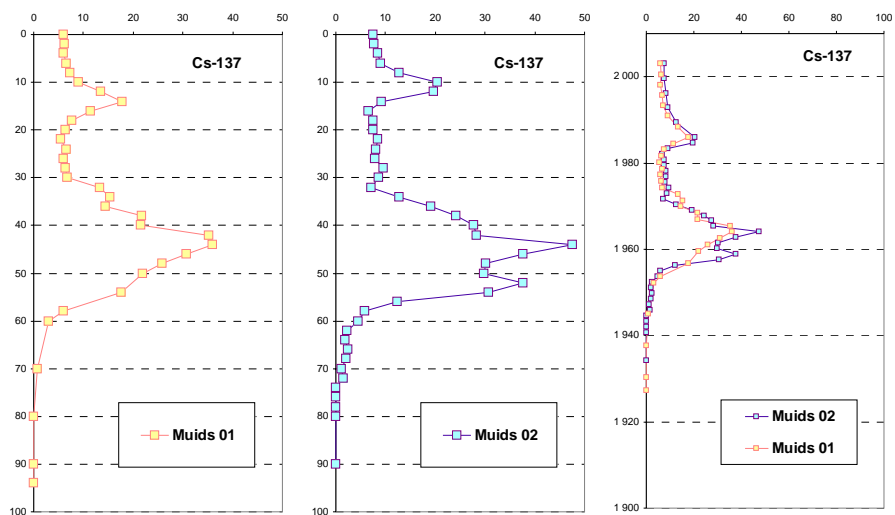


Figure 12: Profil des activités de  $^{137}\text{Cs}$  dans les trois carottes de Muids et superposition des deux profils après transformation des profondeurs en dates.

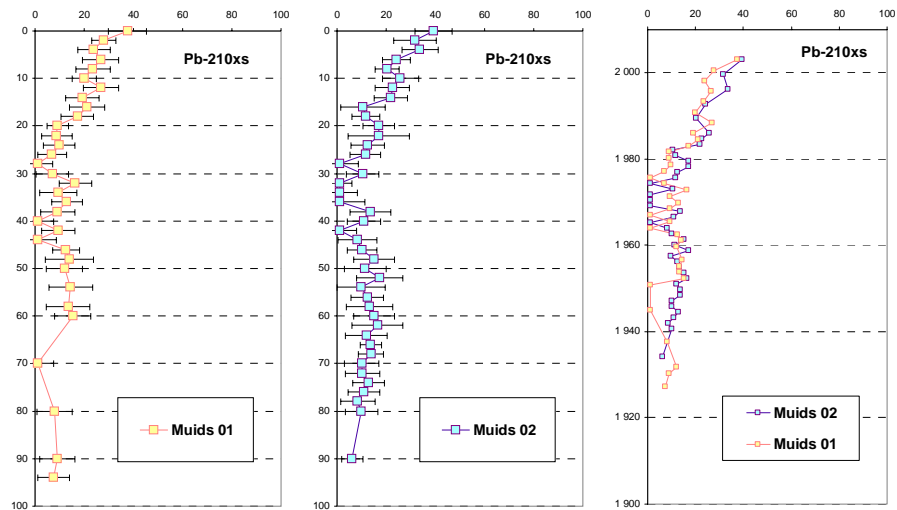


Figure 13: Profil des activités de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  dans les deux carottes de Muids et superposition des deux profils après transformation des profondeurs en dates.

### 3.4. Comparaison des trois sites

Les sédiments contiennent naturellement des éléments traces radioactifs, mais un de leurs constituants majeurs, le potassium, a aussi un de ses isotopes qui est radioactif. Le potassium est généralement plus concentré dans les argiles et minéraux très fins alors que les quartz ne sont composés que de silice. Pour essayer d'améliorer les profils de décroissance de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ , nous avons donc normalisé les activités de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  à la teneur de potassium, exprimée en pourcent en poids de potassium. De plus, une teneur de 1% en potassium est tout à fait représentative des MES de la Seine. Cette normalisation permettra donc de corriger des variabilités de granulométrie (potassium = fraction fine porteuse des radioéléments environnementaux et des autres contaminants) et de donner des activités spécifiques comparables à celles mesurées dans les MES (Bonté, Mouchel et al., 2001). Les nouveaux profils obtenus, en fonction de la profondeur, montrent que les trois sites ont chacun leur particularité (Figure 14).

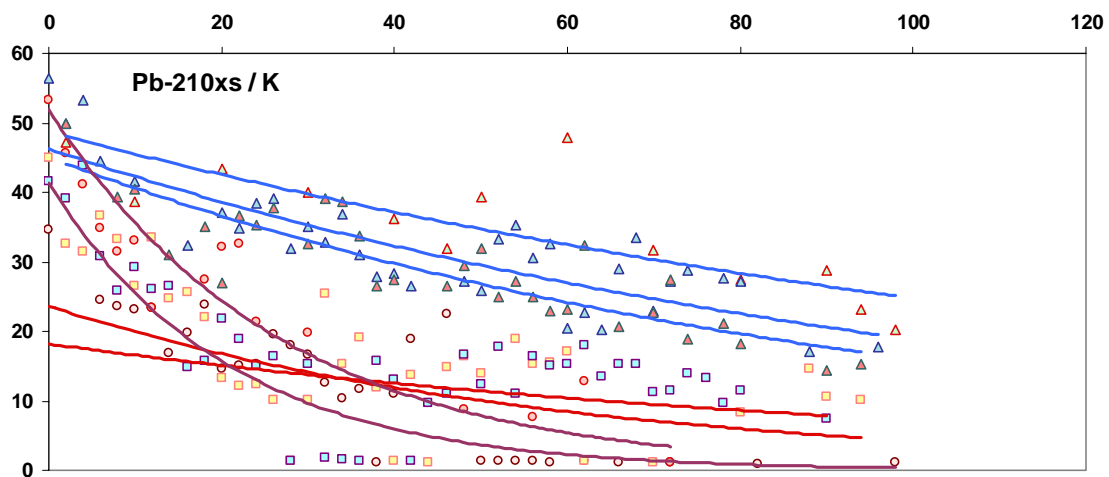


Figure 14: Variations des excès de  $^{210}\text{Pb}$  normalisés au potassium

## 4. Teneurs en métaux

### 4.1. Analyse par activation neutronique

Dans un premier temps, l'analyse par activation neutronique a été retenue, car elle donne accès à une large palette d'éléments chimiques en consommant très peu d'échantillon et surtout sans risque de contamination par des ajouts de réactifs. Le principe de base de l'analyse par activation neutronique est de transmuter les éléments à étudier en éléments radioactifs, émetteurs de photons gamma lors de leur retour à un état énergétiquement stable. Cette transmutation est obtenue en plaçant l'échantillon à analyser dans un flux de neutrons. L'analyse par irradiation dans les neutrons thermiques est actuellement la plus employée de toutes les méthodes d'activation. L'irradiation a lieu dans le réacteur Orphée du Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, pendant 30 mn sous un flux de  $0,9 \cdot 10^{13}$  neutrons.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (neutrons thermiques). Les comptages par spectrométrie gamma ont été réalisés sur les détecteurs du Laboratoire Pierre Süe. Pour l'activation neutronique, les échantillons ne nécessitent aucun traitement particulier : 50 mg de sédiment sont emballés dans des sachets en plastique, placés dans une navette en aluminium hermétique et irradiés. Une navette contient entre 15 et 20 échantillons, dont plusieurs roches standards (Mag-1, SL-1 et SGR-1). Pour la plupart des éléments analysés, c'est SL-1 qui a été choisi comme standard de référence, sa composition chimique étant celle qui se rapproche le plus de celle des sédiments de la Seine. Deux carottes ont été explorées : Bouafles02 et Muids01, choisies sur deux sites différents et avec deux vitesses différentes de manière à vérifier la concordance des informations enregistrées dans ces sédiments. Les résultats, exprimés en mg/kg, à l'exception du fer et du calcium, exprimés en %, sont donnés dans le Tableau 2.

Les variations dans le temps (nous avons utilisé la transformation profondeurs – date) sont très faibles pour le fer et le scandium, éléments représentant typiquement la fraction minérale naturelle des sédiments (Figure 15).

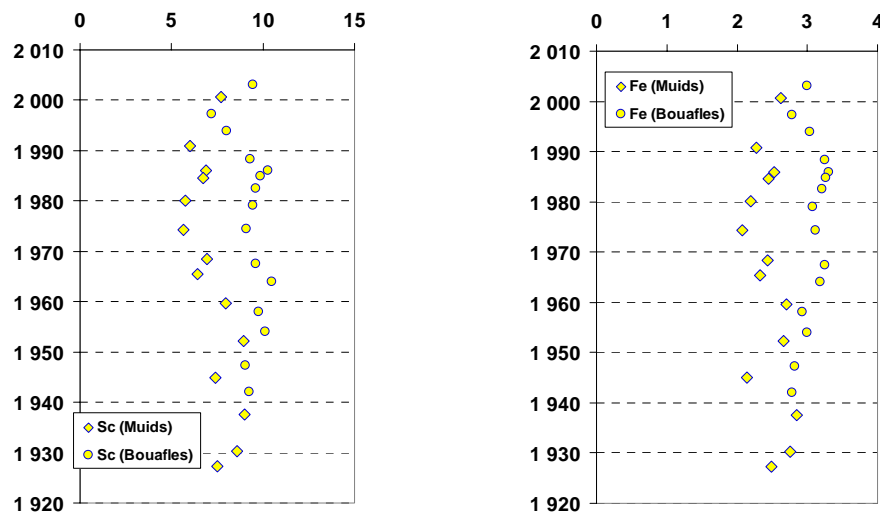


Figure 15: variations en fonction du temps des teneurs en scandium et en fer des carottes Bouafles02 et Muids01.

En revanche, des éléments comme le zinc ou le chrome montrent une très nette augmentation de teneur quand on remonte dans le temps (Figure 16).

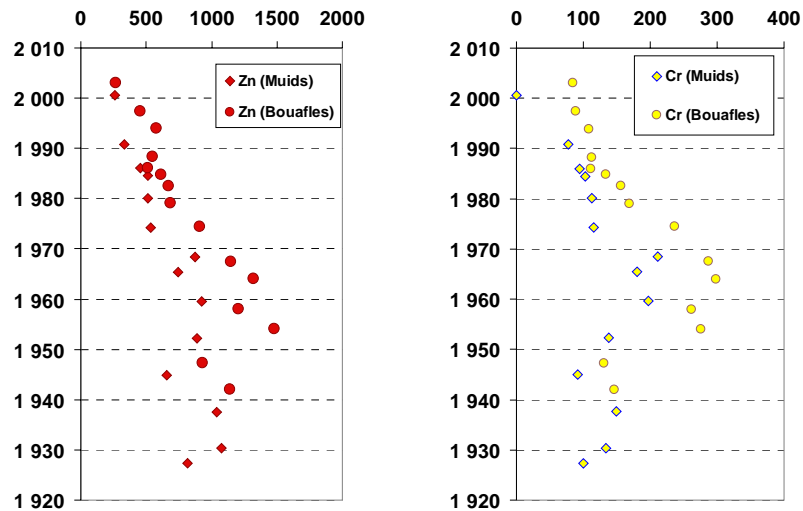


Figure 16: variations des teneurs en zinc et chrome

Il ressort néanmoins que les teneurs ne sont pas au même niveau dans les deux carottes.

#### 4.2. Normalisation au Sc et à la surface

Pour mieux pouvoir comparer les deux carottes, nous pouvons ici encore essayer de corriger de la granulométrie (ou de la fraction argileuse). On vérifie que le potassium peut jouer le rôle normalisateur du scandium, la corrélation est très bonne (Figure 17).

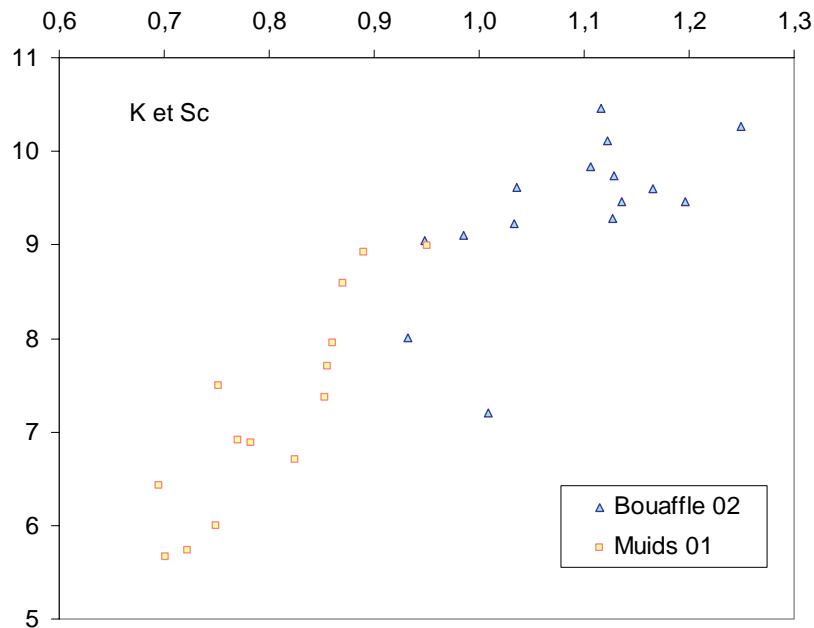


Figure 17: corrélations potassium et scandium (K par le 40K naturel, Sc par activation neutronique)

A la normalisation en scandium de chaque niveau par sa teneur en scandium, nous avons ajouté une deuxième normalisation, au niveau de surface, lui-même normalisé à son scandium :

$$X_{\text{normalisé}} = X_t / Sc_t / X_{\text{surf}} / Sc_{\text{surf}}$$

En reprenant les profils de Zn et de Cr ainsi normalisés, les valeurs sont alors extrêmement proches, pour une même date (Figure 18). On a également l'indication directe de l'augmentation de la

contamination dans le passé : 5 fois plus de zinc entre 1950 – 1960, persistant plus loin dans le temps, alors que le chrome, qui actuellement apparaît comme un « petit » contaminant, était trois fois plus élevé pendant une période précise, allant de 1950 à 1970, pour décroître ensuite progressivement. Avant les années 1950, la contamination en chrome apparaît faible, proche de ce qu'elle est actuellement (Figure 18).

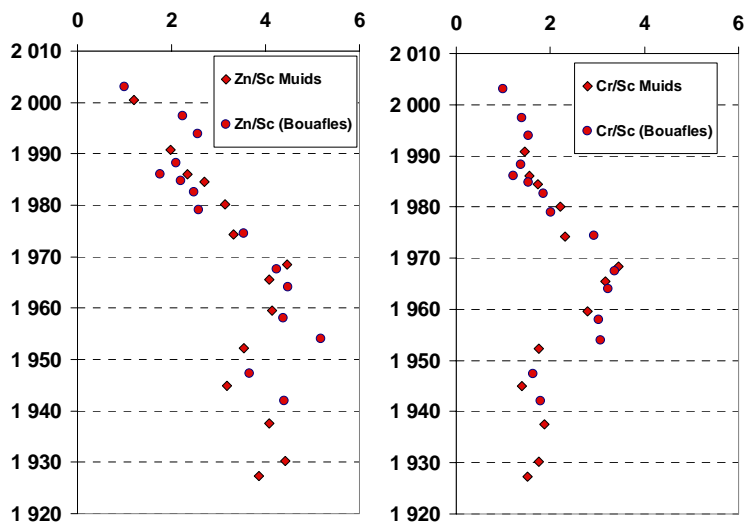


Figure 18: profils de Zn et de Cr normalisés

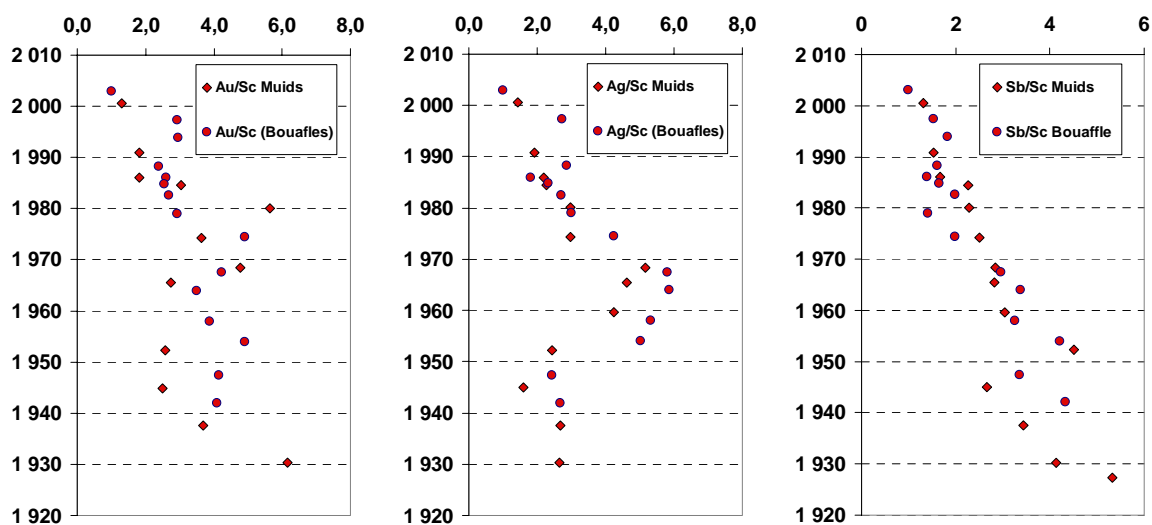


Figure 19: profils d'or, d'argent et d'antimoine normalisés

Cette méthode permet de mieux évaluer l'histoire d'autres métaux, comme l'or et l'argent, ou encore l'antimoine (Figure 19). On remarque ces métaux étaient tous beaucoup abondants sur les MES il y a une trentaine d'années, et qu'ils n'ont pas tous la même histoire, l'antimoine se remarque en particulier par une montée continue du niveau de contamination à mesure qu'on remonte le temps.

#### 4.3. Comparaison aux MES de l'ensemble du bassin

L'exploitation de ces résultats est encore très loin d'être faite, nous allons en particulier replacer les teneurs observées par rapports à celles données dans la thèse de Laure Tessier, qui a, par la même méthode d'analyse par activation neutronique, prélevé et analysé 400 échantillons de MES essentiellement, mais aussi de quelques carottes, répartis sur tous le bassin de la Seine.

## **5. Conclusion et prospective**

### **5.1. En cours ou à venir (chimie)**

Notre objectif est dans l'immédiat de compléter ces données par les teneurs en plomb, cuivre et cadmium, qui sont des contaminants clés de la pollution urbaine et industrielle. Pour cela, 24 niveaux sont en cours de mise en solution pour être analysés par spectrométrie d'absorption atomique au four.

De plus, le plomb est le métal dont on a choisi au PIREN Seine d'étudier le « métabolisme » dans le bassin, il est donc fondamental que nous apportions cette information sur les teneurs passées de MES en plomb, pour permettre un calage du modèle de métabolisme.

L'ensemble des données sur les polluants nourrira la base de données SEQUAMET, qui est appelée être l'outil centralisateur de toutes les données sur les métaux et leur flux dans le bassin de la Seine.

La disposition de ces échantillons bien datés va nous permettre en 2004 d'explorer les possibilités offertes par les isotopes stables du plomb, deuxième élément clé qui aidera à monter le modèle de métabolisme du plomb.

Un autre objectif est de découvrir de nouveaux marqueurs temporels dans les sédiments anthropisés, un marque typique d'une certaine époque durant laquelle des associations de métaux caractéristiques auraient été utilisées. Il n'existe pas en effet de moyen de dater des sédiments datant d'un siècle ou deux. Nous rechercherons donc d'aussi belles carottes dans des sites amont et aval de « paléo » zones industrielles, peut-être en Haute Marne, avec l'aide des historiens.

### **5.2. En cours ou à venir ( physique)**

Concernant les questions physiques, il nous faudra parvenir à corriger les âges en fonction des années d'inondation.

Nous étudierons également, avec l'aide de géophysiciens de l'UMR Sysiphe, le processus de rattachement d'un île à la berge.

### **5.3. Conclusion : des questions**

Nous avons enfin une série de carottes de sédiments très bien datés et remontant à plus de 5à ans. Plusieurs questions se posent, qui restent à résoudre :

- Quand les sédiments se déposent-ils ?
- Relation avec l'historique des débits de la Seine
- Temps de transit depuis la source et/ou érosion superficielle
- Qu'en est-il de la diffusion des métaux dans les sols ?

## **6. Bibliographie**

Appleby, P. G., P. J. Nolan, D. W. Gifford, M. J. Godfrey, F. Oldfield, N. J. Anderson & R. W. Battarbee, (1986). <sup>210</sup>Pb dating by low background gamma counting. *Hydrobiologia* 143: 21–27

Bernollin A., Bonté Ph., Le Cloarec M.-F., Lefèvre I., Mouchel J.-M., Tessier L., (2002), Rapport PIREN Seine 2002, 4.1.6. Etude rétrospective de la contamination métallique dans les sédiments du Bassin de la Seine au cours des dernières décennies

Bonté Ph. et Mouchel J.-M., Barker E., Even S., Le Cloarec M.-F., Lefèvre I., Meybeck M., Martin L., Poulin M., Schmidt S., Sogon S., Tessier L., et. Thomas A., (2001), Flux et temps de séjour des particules dans le bassin de la Seine. Programme PIREN-Seine 1998-2001, Rapport de Synthèse

Cambray, R. S., Playford, K. and Carpenter, R. C. (1989). Radioactive fallout in air and rain: results to the end of 1988. UK Atomic Energy Authority Report AERE-R 10155, HMSO.

Fustec E., Bonté Ph., Fardeau J.-C., Khebibeche L., Chesterikoff A., Carru A.M., 1997, La rétention des MES et des polluants associés dans les zones inondables, in. "L'intervention des zones humides riveraines sur les flux de matière", G.D.R. Analyse et Modélisation des Systèmes Fluviaux Anthropisés, Thème "Corridor Fluvial", Rapport 1996/II, 3-3 à -3-16.

Martin L. et Sogon, S., (2000), Une application du modèle SUBIEF 2D aux hauteurs de dépôt testée par les mesures d'isotopes radioactifs in situ, rapport PIREN Seine, chapitre « Matières en suspension »

Tessier L., Bonté Ph., Mouchel J.-M., Lefèvre I., Sogon S., Ayrault S., Le Cloarec M.-F., Rapport (2002) PIREN Seine 2002, 4.1.5. Transport et caractérisation des MES dans le bassin de la Seine : identification de signatures naturelles et anthropiques

Tableau 1: résultats des analyses de spectrométrie gamma (erreurs à 2 sigma)

prof	<sup>210</sup> Pb Bq/kg	<sup>226</sup> Ra Bq/kg	<sup>210</sup> Pb <sub>xs</sub> Bq/kg	<sup>228</sup> Th Bq/kg	K (%)	<sup>137</sup> Cs Bq/kg	U (ppm)	Th (ppm)	I a t e
<b>BOU 01</b>									
2	94 ± 4	32,0 ± 0,4	62 ± 11	34,0 ± 0,5	1,31 ± 0,02	9,8 ± 0,3	2,6	8,2	2 002
10	71 ± 3	28,0 ± 0,4	43 ± 9,3	27,9 ± 0,4	1,12 ± 0,02	10,7 ± 0,3	2,2	6,7	2 000
20	69 ± 2	24,7 ± 0,3	44 ± 6,7	28,3 ± 0,3	1,02 ± 0,01	13,3 ± 0,3	2,0	6,8	1 997
30	60 ± 3	21,8 ± 0,4	38 ± 9,2	27,3 ± 0,4	0,95 ± 0,02	17,0 ± 0,4	1,7	6,6	1 994
40	66 ± 3	26,8 ± 0,4	39 ± 9,7	30,5 ± 0,4	1,08 ± 0,02	21,3 ± 0,5	2,1	7,3	1 991
46	58 ± 3	23,9 ± 0,4	34 ± 9,0	29,2 ± 0,4	1,06 ± 0,02	19,6 ± 0,4	1,9	7,0	1 990
50	67 ± 3	24,3 ± 0,4	42 ± 9,0	31,0 ± 0,4	1,08 ± 0,02	21,2 ± 0,4	1,9	7,4	1 988
60	85 ± 3	27,0 ± 0,4	58 ± 10	33,2 ± 0,4	1,22 ± 0,02	23,4 ± 0,5	2,2	8,0	1 986
70	61 ± 3	25,2 ± 0,4	36 ± 9,2	31,5 ± 0,4	1,13 ± 0,02	8,9 ± 0,3	2,0	7,6	1 983
80	55 ± 3	24,2 ± 0,4	31 ± 8,9	31,5 ± 0,4	1,12 ± 0,02	11,2 ± 0,3	1,9	7,6	1 980
90	48 ± 3	20,9 ± 0,3	27 ± 8,3	26,6 ± 0,4	0,93 ± 0,02	11,4 ± 0,3	1,7	6,4	1 977
94	52 ± 3	25,3 ± 0,4	26 ± 9,2	31,9 ± 0,4	1,14 ± 0,02	12,8 ± 0,4	2,0	7,7	1 976
98	51 ± 3	27,1 ± 0,4	24 ± 9,1	33,3 ± 0,4	1,17 ± 0,02	13,2 ± 0,4	2,2	8,0	1 975
<b>BOU 02</b>									
0	90 ± 4	23,1 ± 0,4	68 ± 10	33,6 ± 0,5	1,20 ± 0,02	10,3 ± 0,3	1,8	8,1	2 003
2	86 ± 4	25,8 ± 0,4	61 ± 11	33,0 ± 0,5	1,22 ± 0,02	10,8 ± 0,3	2,1	7,9	2 001
4	82 ± 3	24,1 ± 0,4	60 ± 10	31,6 ± 0,5	1,12 ± 0,02	10,6 ± 0,4	1,9	7,6	2 000
6	78 ± 3	31,5 ± 0,4	48 ± 8,8	30,6 ± 0,4	1,07 ± 0,02	11,3 ± 0,3	2,5	7,3	1 999
10	64 ± 2	22,3 ± 0,3	42 ± 6,3	29,0 ± 0,3	1,01 ± 0,01	13,4 ± 0,2	1,8	7,0	1 997
16	51 ± 3	21,2 ± 0,3	30 ± 8,0	27,7 ± 0,4	0,93 ± 0,02	18,6 ± 0,4	1,7	6,6	1 993
20	65 ± 4	23,2 ± 0,5	41 ± 13	31,0 ± 0,6	1,12 ± 0,03	20,1 ± 0,6	1,9	7,4	1 991
22	63 ± 4	23,2 ± 0,4	40 ± 11	30,5 ± 0,5	1,14 ± 0,03	23,0 ± 0,5	1,9	7,3	1 990
24	58 ± 2	21,9 ± 0,3	37 ± 5,4	26,8 ± 0,3	0,97 ± 0,02	18,4 ± 0,3	1,8	6,4	1 989
26	64 ± 3	20,2 ± 0,4	44 ± 9,5	30,2 ± 0,4	1,13 ± 0,02	20,8 ± 0,4	1,6	7,2	1 988
28	65 ± 3	26,3 ± 0,4	40 ± 10	33,0 ± 0,5	1,24 ± 0,02	33,6 ± 0,6	2,1	7,9	1 987
30	69 ± 5	25,1 ± 0,6	44 ± 14	35,8 ± 0,7	1,25 ± 0,03	37,9 ± 0,9	2,2	8,0	1 986
32	62 ± 3	25,6 ± 0,4	36 ± 9,5	31,8 ± 0,4	1,11 ± 0,02	22,6 ± 0,5	2,1	7,6	1 984
34	64 ± 3	25,2 ± 0,4	40 ± 8,8	31,2 ± 0,4	1,09 ± 0,02	11,5 ± 0,3	2,0	7,5	1 983
36	62 ± 3	26,0 ± 0,4	36 ± 9,4	34,3 ± 0,4	1,17 ± 0,02	11,5 ± 0,3	2,1	8,2	1 982
38	55 ± 3	25,0 ± 0,4	30 ± 8,6	30,3 ± 0,4	1,09 ± 0,02	11,6 ± 0,3	2,0	7,3	1 981
40	55 ± 4	23,4 ± 0,5	32 ± 12	32,7 ± 0,6	1,13 ± 0,03	11,4 ± 0,5	1,9	7,8	1 980
42	55 ± 3	25,0 ± 0,4	30 ± 9,0	30,9 ± 0,4	1,14 ± 0,02	11,3 ± 0,3	2,0	7,4	1 979
48	49 ± 3	20,5 ± 0,4	29 ± 9,0	27,3 ± 0,4	1,06 ± 0,02	12,6 ± 0,4	1,6	6,5	1 975
50	50 ± 2	24,8 ± 0,3	26 ± 6,0	28,7 ± 0,3	0,98 ± 0,01	10,3 ± 0,2	2,0	6,9	1 974
52	51 ± 3	24,3 ± 0,4	28 ± 9,4	27,1 ± 0,4	0,83 ± 0,02	9,4 ± 0,3	1,9	6,5	1 973
54	57 ± 3	24,6 ± 0,4	34 ± 9,7	28,2 ± 0,4	0,95 ± 0,02	12,9 ± 0,4	2,0	6,8	1 972
56	55 ± 2	26,2 ± 0,2	30 ± 4,7	29,6 ± 0,2	0,97 ± 0,01	22,1 ± 0,2	2,1	7,1	1 970

58	57 ± 3	25,7 ± 0,4	32 ± 9,0	28,7 ± 0,4	0,98 ± 0,02	23,6 ± 0,5	2,1	6,9	1 969
60	47 ± 3	26,7 ± 0,4	21 ± 9,0	30,3 ± 0,4	1,01 ± 0,02	25,3 ± 0,5	2,1	7,3	1 968
62	51 ± 3	28,0 ± 0,4	24 ± 8,5	31,1 ± 0,4	1,04 ± 0,02	33,4 ± 0,5	2,2	7,5	1 967
64	48 ± 3	28,1 ± 0,4	20 ± 8,4	30,9 ± 0,4	1,01 ± 0,02	42,8 ± 0,6	2,3	7,4	1 966
66	60 ± 3	30,9 ± 0,4	30 ± 9,4	32,0 ± 0,4	1,03 ± 0,02	61,6 ± 0,7	2,5	7,7	1 965
68	71 ± 3	33,6 ± 0,4	37 ± 10	35,2 ± 0,5	1,12 ± 0,02	79,2 ± 0,8	2,7	8,5	1 964
70	61 ± 3	34,6 ± 0,5	27 ± 10	35,8 ± 0,5	1,18 ± 0,02	50,6 ± 0,7	2,8	8,6	1 959
72	66 ± 3	35,2 ± 0,5	31 ± 10	36,4 ± 0,5	1,13 ± 0,02	47,5 ± 0,7	2,8	8,7	1 958
74	74 ± 2	41,8 ± 0,3	33 ± 6,9	37,8 ± 0,3	1,15 ± 0,01	44,9 ± 0,4	3,3	9,1	1 956
78	70 ± 3	39,0 ± 0,5	31 ± 9,8	33,8 ± 0,4	1,12 ± 0,02	12,6 ± 0,3	3,1	8,1	1 954
80	63 ± 2	32,4 ± 0,3	31 ± 6,1	35,3 ± 0,3	1,14 ± 0,01	7,3 ± 0,2	2,6	8,5	1 952
88	39 ± 3	22,9 ± 0,4	16 ± 7,9	31,2 ± 0,4	0,95 ± 0,02	< 0,4	1,8	7,5	1 947
96	42 ± 4	23,5 ± 0,5	18 ± 11	29,8 ± 0,6	1,03 ± 0,03	< 0,6	1,9	7,1	1 942
<b>BOU 03</b>									
2	86 ± 3	25,9 ± 0,4	61 ± 10	33,3 ± 0,4	1,22 ± 0,02	9,2 ± 0,3	2,1	8,0	2 001
8	66 ± 3	24,7 ± 0,3	41 ± 8,2	28,5 ± 0,4	1,05 ± 0,02	9,7 ± 0,3	2,0	6,8	1 998
10	57 ± 2	21,0 ± 0,2	36 ± 5,3	26,0 ± 0,3	0,90 ± 0,01	10,2 ± 0,2	1,7	6,2	1 997
14	43 ± 3	19,8 ± 0,3	23 ± 7,9	23,3 ± 0,4	0,76 ± 0,02	11,1 ± 0,3	1,6	5,6	1 995
18	54 ± 3	22,5 ± 0,3	32 ± 7,9	26,4 ± 0,4	0,90 ± 0,02	16,8 ± 0,4	1,8	6,3	1 992
20	46 ± 3	21,7 ± 0,3	25 ± 7,9	27,3 ± 0,4	0,92 ± 0,02	14,7 ± 0,3	1,7	6,5	1 991
22	65 ± 2	25,8 ± 0,2	40 ± 5,6	29,9 ± 0,3	1,09 ± 0,01	19,3 ± 0,3	2,1	7,2	1 990
24	59 ± 3	22,9 ± 0,3	37 ± 8,5	28,1 ± 0,4	1,04 ± 0,02	17,2 ± 0,4	1,8	6,8	1 989
26	65 ± 3	23,9 ± 0,4	41 ± 9,8	29,6 ± 0,4	1,08 ± 0,02	19,4 ± 0,4	1,9	7,1	1 988
30	63 ± 3	23,7 ± 0,4	39 ± 8,9	33,8 ± 0,4	1,20 ± 0,02	34,3 ± 0,5	1,9	8,1	1 986
32	64 ± 3	22,8 ± 0,4	41 ± 9,0	27,7 ± 0,4	1,05 ± 0,02	24,1 ± 0,5	1,8	6,6	1 984
34	62 ± 2	23,9 ± 0,2	39 ± 4,8	29,1 ± 0,2	1,00 ± 0,01	14,6 ± 0,2	1,9	7,0	1 983
36	56 ± 2	23,2 ± 0,2	33 ± 5,3	28,5 ± 0,2	0,99 ± 0,01	16,1 ± 0,2	1,9	6,8	1 981
38	49 ± 3	23,2 ± 0,3	26 ± 8,3	28,4 ± 0,4	1,00 ± 0,02	10,1 ± 0,3	1,9	6,8	1 980
40	49 ± 3	20,4 ± 0,3	29 ± 8,4	31,7 ± 0,4	1,06 ± 0,02	5,1 ± 0,2	1,6	7,6	1 979
46	50 ± 3	23,0 ± 0,4	27 ± 8,4	29,3 ± 0,4	1,01 ± 0,02	11,2 ± 0,3	1,8	7,0	1 975
48	53 ± 3	25,0 ± 0,3	28 ± 7,9	28,4 ± 0,4	0,96 ± 0,02	10,4 ± 0,3	2,0	6,8	1 973
50	52 ± 3	23,1 ± 0,4	29 ± 8,4	27,9 ± 0,4	0,91 ± 0,02	12,2 ± 0,3	1,9	6,7	1 972
52	46 ± 3	22,9 ± 0,3	23 ± 8,0	28,2 ± 0,4	0,93 ± 0,02	19,5 ± 0,4	1,8	6,8	1 970
54	52 ± 3	25,3 ± 0,4	27 ± 8,2	28,4 ± 0,4	0,98 ± 0,02	19,9 ± 0,4	2,0	6,8	1 969
56	49 ± 2	24,8 ± 0,3	25 ± 6,5	29,1 ± 0,3	0,99 ± 0,01	23,4 ± 0,3	2,0	7,0	1 968
58	49 ± 2	26,4 ± 0,3	23 ± 6,2	29,9 ± 0,3	1,00 ± 0,01	33,0 ± 0,4	2,1	7,2	1 966
60	50 ± 3	26,7 ± 0,4	24 ± 8,6	31,4 ± 0,4	1,03 ± 0,02	44,9 ± 0,6	2,1	7,5	1 965
62	61 ± 3	27,5 ± 0,4	33 ± 9,4	32,6 ± 0,4	1,03 ± 0,02	68,1 ± 0,8	2,2	7,8	1 964
66	57 ± 6	35,0 ± 0,9	22 ± 18	37,3 ± 0,9	1,05 ± 0,04	41,5 ± 1,2	2,8	9,0	1 957
70	64 ± 4	38,9 ± 0,5	25 ± 11	31,0 ± 0,5	1,11 ± 0,02	36,3 ± 0,6	3,1	7,4	1 954
72	67 ± 3	37,1 ± 0,4	30 ± 9,5	32,9 ± 0,4	1,09 ± 0,02	9,3 ± 0,3	3,0	7,9	1 953
74	51 ± 3	31,0 ± 0,4	20 ± 9,7	32,5 ± 0,5	1,06 ± 0,02	4,2 ± 0,3	2,5	7,8	1 951
78	48 ± 3	26,2 ± 0,4	22 ± 8,7	31,3 ± 0,4	1,02 ± 0,02	0,8 ± 0,2	2,1	7,5	1 948
80	46 ± 3	26,0 ± 0,4	20 ± 8,6	33,0 ± 0,4	1,08 ± 0,02	0,6 ± 0,2	2,1	7,9	1 946
90	40 ± 3	25,9 ± 0,4	14 ± 8,2	34,1 ± 0,4	0,97 ± 0,02	0,7 ± 0,2	2,1	8,2	1 939
94	36 ± 2	21,3 ± 0,3	15 ± 7,6	28,7 ± 0,4	0,95 ± 0,02	0,5 ± 0,1	1,7	6,9	1 935
<b>VEZ 01</b>									
0	59 ± 2	25,0 ± 0,3	35 ± 7,2	27,2 ± 0,3	1,01 ± 0,02	11,6 ± 0,3	2,0	6,5	2 003
6	54 ± 2	28,6 ± 0,4	26 ± 6,8	28,9 ± 0,3	1,05 ± 0,02	19,6 ± 0,4	2,3	6,9	1 993
8	48 ± 2	24,3 ± 0,3	24 ± 6,3	28,6 ± 0,3	1,03 ± 0,02	14,4 ± 0,3	1,9	6,9	1 990
10	47 ± 2	24,0 ± 0,4	23 ± 7,4	28,9 ± 0,4	1,00 ± 0,02	10,2 ± 0,3	1,9	6,9	1 987
12	44 ± 2	21,9 ± 0,3	23 ± 6,0	27,6 ± 0,3	0,97 ± 0,02	12,6 ± 0,3	1,8	6,6	1 984
14	42 ± 2	25,6 ± 0,3	16 ± 6,6	29,0 ± 0,4	0,97 ± 0,02	12,7 ± 0,3	2,1	7,0	1 980
16	40 ± 1	22,8 ± 0,2	18 ± 3,2	26,6 ± 0,2	0,89 ± 0,01	13,6 ± 0,2	1,8	6,4	1 977
18	45 ± 2	23,7 ± 0,3	22 ± 6,8	28,7 ± 0,4	0,92 ± 0,02	20,7 ± 0,4	1,9	6,9	1 974



20	39 ± 2	26,6 ± 0,4	13 ± 7,4	28,7 ± 0,4	0,90 ± 0,02	26,8 ± 0,5	2,1	6,9	1 971
22	43 ± 2	28,4 ± 0,4	15 ± 6,8	30,0 ± 0,4	0,98 ± 0,02	37,2 ± 0,5	2,3	7,2	1 967
24	42 ± 2	26,9 ± 0,4	15 ± 7,6	29,8 ± 0,4	0,97 ± 0,02	45,2 ± 0,6	2,2	7,2	1 964
26	51 ± 3	31,8 ± 0,4	20 ± 8,7	29,9 ± 0,4	1,01 ± 0,02	40,8 ± 0,6	2,5	7,2	1 963
28	46 ± 2	28,9 ± 0,4	17 ± 7,6	29,3 ± 0,4	0,96 ± 0,02	21,8 ± 0,4	2,3	7,0	1 961
30	42 ± 2	27,0 ± 0,4	15 ± 7,3	27,2 ± 0,4	0,92 ± 0,02	13,0 ± 0,3	2,2	6,5	1 960
32	33 ± 2	22,3 ± 0,3	11 ± 6,2	25,8 ± 0,3	0,90 ± 0,02	8,2 ± 0,2	1,8	6,2	1 959
34	32 ± 2	23,7 ± 0,4	9 ± 6,5	26,9 ± 0,4	0,86 ± 0,02	7,2 ± 0,3	1,9	6,5	1 958
36	32 ± 1	22,6 ± 0,2	10 ± 4,1	26,6 ± 0,2	0,87 ± 0,01	5,6 ± 0,1	1,8	6,4	1 956
38	28 ± 2	23,5 ± 0,3	< 6,1	26,4 ± 0,4	0,87 ± 0,02	5,2 ± 0,2	1,9	6,3	1 955
40	29 ± 2	20,6 ± 0,3	9 ± 6,7	24,1 ± 0,4	0,80 ± 0,02	5,4 ± 0,2	1,6	5,8	1 954
42	37 ± 2	21,4 ± 0,3	16 ± 5,0	25,4 ± 0,3	0,85 ± 0,01	4,5 ± 0,2	1,7	6,1	1 953
46	33 ± 2	17,4 ± 0,3	16 ± 5,0	19,6 ± 0,3	0,72 ± 0,01	4,1 ± 0,2	1,4	4,7	1 950
50	21 ± 1	17,8 ± 0,2	< 4,1	20,5 ± 0,2	0,78 ± 0,01	0,5 ± 0,1	1,4	4,9	1 947
52	20 ± 2	22,7 ± 0,3	< 5,2	20,8 ± 0,3	0,79 ± 0,01	0,6 ± 0,1	1,8	5,0	1 946
54	20 ± 2	18,4 ± 0,3	< 5,6	20,9 ± 0,3	0,79 ± 0,02	0,5 ± 0,1	1,5	5,0	1 945
56	19 ± 1	20,6 ± 0,2	< 3,1	19,8 ± 0,2	0,77 ± 0,01	0,5 ± 0,1	1,6	4,8	1 944
58	21 ± 2	18,9 ± 0,3	< 4,8	21,3 ± 0,3	0,82 ± 0,01	0,5 ± 0,1	1,5	5,1	1 942
62	16 ± 2	16,8 ± 0,3	< 5,1	18,7 ± 0,3	0,71 ± 0,01	0,6 ± 0,1	1,3	4,5	1 940
66	20 ± 1	21,2 ± 0,2	< 3,4	24,7 ± 0,2	0,93 ± 0,01	0,7 ± 0,1	1,7	5,9	1 937
72	19 ± 2	19,3 ± 0,3	< 6,0	26,6 ± 0,3	0,96 ± 0,02	< 0,4	1,5	6,4	1 933
82	23 ± 2	21,0 ± 0,3	< 5,2	27,3 ± 0,3	1,02 ± 0,02	< 0,3	1,7	6,6	1 927
98	21 ± 2	19,7 ± 0,3	< 5,2	23,4 ± 0,3	0,88 ± 0,01	< 0,3	1,6	5,6	1 917

#### VEZ02

0	79 ± 3	23,1 ± 0,4	57 ± 9,8	28,4 ± 0,4	1,07 ± 0,02	8,8 ± 0,3	1,8	6,8	2 003
2	74 ± 3	25,6 ± 0,4	49 ± 8,9	27,8 ± 0,4	1,07 ± 0,02	11,0 ± 0,3	2,0	6,7	1 998
4	65 ± 2	24,8 ± 0,3	41 ± 6,6	27,2 ± 0,3	1,00 ± 0,01	11,3 ± 0,2	2,0	6,5	1 994
6	60 ± 3	23,1 ± 0,4	37 ± 9,2	29,6 ± 0,4	1,07 ± 0,02	16,1 ± 0,4	1,8	7,1	1 990
8	60 ± 3	28,5 ± 0,4	32 ± 8,6	29,9 ± 0,4	1,01 ± 0,02	20,0 ± 0,4	2,3	7,2	1 986
10	55 ± 3	22,5 ± 0,3	33 ± 7,9	27,8 ± 0,4	1,01 ± 0,02	11,3 ± 0,3	1,8	6,7	1 982
12	59 ± 3	33,7 ± 0,4	26 ± 8,5	31,5 ± 0,4	1,10 ± 0,02	12,7 ± 0,3	2,7	7,6	1 979
18	56 ± 3	27,6 ± 0,4	29 ± 9,2	30,6 ± 0,4	1,04 ± 0,02	21,1 ± 0,4	2,2	7,3	1 970
20	57 ± 3	26,5 ± 0,4	31 ± 9,5	30,9 ± 0,5	0,96 ± 0,02	38,3 ± 0,6	2,1	7,4	1 967
22	61 ± 3	27,9 ± 0,4	33 ± 9,6	32,3 ± 0,5	1,01 ± 0,02	58,9 ± 0,7	2,2	7,8	1 964
24	47 ± 2	26,1 ± 0,3	21 ± 5,7	30,8 ± 0,3	1,00 ± 0,01	14,5 ± 0,2	2,1	7,4	1 960
30	39 ± 1	20,7 ± 0,2	19 ± 4,3	29,6 ± 0,2	0,93 ± 0,01	2,9 ± 0,1	1,7	7,1	1 951
48	25 ± 2	17,6 ± 0,3	8 ± 6,6	24,0 ± 0,3	0,87 ± 0,02	1,0 ± 0,1	1,4	5,8	1 923
56	26 ± 2	19,0 ± 0,3	7 ± 7,0	23,8 ± 0,4	0,93 ± 0,02	0,5 ± 0,1	1,5	5,7	1 910
62	29 ± 2	18,8 ± 0,3	11 ± 7,0	23,0 ± 0,3	0,84 ± 0,02	1,2 ± 0,1	1,5	5,5	1 901
72	23 ± 2	18,7 ± 0,3	< 6,4	24,7 ± 0,3	0,93 ± 0,02	0,6 ± 0,1	1,5	5,9	1 885

#### MUIDS 01

0	59 ± 3	21,3 ± 0,4	38 ± 7,7	24,0 ± 0,4	0,84 ± 0,02	5,9 ± 0,3	1,7	5,8	2 003
2	48 ± 2	20,7 ± 0,3	28 ± 4,9	23,5 ± 0,3	0,86 ± 0,02	6,2 ± 0,2	1,7	5,6	2 000
4	42 ± 2	18,1 ± 0,4	24 ± 6,6	19,9 ± 0,3	0,76 ± 0,02	5,9 ± 0,3	1,4	4,8	1 998
6	45 ± 2	19,2 ± 0,4	27 ± 7,4	20,1 ± 0,4	0,73 ± 0,02	6,6 ± 0,4	1,5	4,8	1 995
8	42 ± 2	18,8 ± 0,4	24 ± 6,8	19,8 ± 0,4	0,71 ± 0,02	7,3 ± 0,4	1,5	4,7	1 993
10	39 ± 2	18,7 ± 0,3	20 ± 4,9	19,8 ± 0,3	0,75 ± 0,02	8,9 ± 0,3	1,5	4,7	1 990
12	45 ± 2	17,9 ± 0,4	27 ± 7,1	21,6 ± 0,4	0,80 ± 0,02	13,5 ± 0,5	1,4	5,2	1 988
14	38 ± 2	18,9 ± 0,4	19 ± 6,7	21,9 ± 0,4	0,78 ± 0,02	17,7 ± 0,5	1,5	5,3	1 986
16	41 ± 2	20,2 ± 0,4	21 ± 7,3	22,6 ± 0,4	0,82 ± 0,03	11,4 ± 0,4	1,6	5,4	1 984
18	37 ± 2	19,9 ± 0,4	17 ± 6,7	20,8 ± 0,4	0,78 ± 0,02	7,6 ± 0,3	1,6	5,0	1 983
20	28 ± 1	18,8 ± 0,3	9 ± 4,3	18,6 ± 0,2	0,68 ± 0,02	6,3 ± 0,2	1,5	4,5	1 981
22	27 ± 2	18,4 ± 0,4	9 ± 6,1	18,7 ± 0,3	0,72 ± 0,02	5,4 ± 0,3	1,5	4,5	1 980
24	30 ± 2	20,0 ± 0,4	10 ± 6,4	21,9 ± 0,4	0,80 ± 0,02	6,6 ± 0,3	1,6	5,3	1 978
26	25 ± 2	18,5 ± 0,4	7 ± 5,8	19,4 ± 0,3	0,68 ± 0,02	6,0 ± 0,3	1,5	4,7	1 977

28	25 ± 2	20,9 ± 0,4	< 6,2	19,1 ± 0,4	0,69 ± 0,02	6,4 ± 0,3	1,7	4,6	1 975
30	31 ± 2	23,8 ± 0,4	7 ± 6,6	20,4 ± 0,4	0,70 ± 0,02	6,7 ± 0,3	1,9	4,9	1 974
32	33 ± 2	16,7 ± 0,4	16 ± 6,5	18,0 ± 0,3	0,65 ± 0,02	13,4 ± 0,4	1,3	4,3	1 972
34	30 ± 2	20,6 ± 0,4	9 ± 7,4	18,8 ± 0,4	0,61 ± 0,02	15,4 ± 0,5	1,6	4,5	1 971
36	32 ± 2	19,2 ± 0,4	13 ± 6,1	19,5 ± 0,3	0,68 ± 0,02	14,5 ± 0,4	1,5	4,7	1 969
38	32 ± 2	22,8 ± 0,4	9 ± 6,9	22,7 ± 0,4	0,77 ± 0,02	21,7 ± 0,6	1,8	5,4	1 968
40	31 ± 2	26,6 ± 0,4	< 6,6	21,2 ± 0,4	0,72 ± 0,02	21,5 ± 0,5	2,1	5,1	1 966
42	31 ± 2	21,2 ± 0,4	10 ± 6,7	20,3 ± 0,4	0,69 ± 0,02	35,2 ± 0,7	1,7	4,9	1 965
44	35 ± 3	28,2 ± 0,5	< 7,8	26,0 ± 0,4	0,88 ± 0,03	36,0 ± 0,7	2,3	6,2	1 964
46	39 ± 2	26,5 ± 0,3	13 ± 5,6	27,2 ± 0,3	0,86 ± 0,02	30,8 ± 0,5	2,1	6,5	1 962
48	42 ± 3	28,0 ± 0,6	14 ± 9,7	24,8 ± 0,5	0,85 ± 0,03	25,9 ± 0,8	2,2	6,0	1 961
50	41 ± 2	28,7 ± 0,5	12 ± 7,4	25,3 ± 0,4	0,86 ± 0,03	21,9 ± 0,6	2,3	6,1	1 959
54	43 ± 3	28,7 ± 0,5	14 ± 8,8	22,9 ± 0,5	0,77 ± 0,03	17,5 ± 0,6	2,3	5,5	1 956
56	47 ± 3	34,4 ± 0,5	13 ± 8,5	26,6 ± 0,4	0,87 ± 0,03	7,1 ± 0,4	2,7	6,4	1 955
58	39 ± 3	25,3 ± 0,5	13 ± 9,0	26,4 ± 0,5	0,86 ± 0,03	6,1 ± 0,4	2,0	6,3	1 953
60	39 ± 2	23,9 ± 0,4	15 ± 7,5	25,6 ± 0,4	0,89 ± 0,03	3,1 ± 0,3	1,9	6,1	1 952
62	32 ± 2	30,0 ± 0,3	< 14	23,8 ± 0,3	0,79 ± 0,02	1,3 ± 0,2	2,4	5,7	1 950
70	27 ± 2	21,9 ± 0,4	< 6,6	24,2 ± 0,4	0,85 ± 0,03	0,7 ± 0,2	1,7	5,8	1 944
80	36 ± 2	28,3 ± 0,5	8 ± 7,2	33,5 ± 0,5	0,95 ± 0,03	< 0,7	2,3	8,0	1 937
88	36 ± 2	23,9 ± 0,3	12 ± 4,8	29,0 ± 0,3	0,83 ± 0,02	< 0,4	1,9	6,9	1 931
90	35 ± 2	26,0 ± 0,5	9 ± 7,2	29,2 ± 0,4	0,87 ± 0,03	< 0,6	2,1	7,0	1 930
94	28 ± 2	20,1 ± 0,4	8 ± 6,5	23,7 ± 0,4	0,75 ± 0,02	< 0,6	1,6	5,7	1 927

#### MUIDS 02

0	60 ± 2	20,8 ± 0,4	39 ± 7,5	25,1 ± 0,4	0,95 ± 0,03	7,6 ± 0,3	1,7	6,0	2 003
2	52 ± 3	21,5 ± 0,4	32 ± 8,6	23,7 ± 0,4	0,81 ± 0,03	7,6 ± 0,4	1,7	5,7	1 999
4	55 ± 2	21,6 ± 0,4	34 ± 7,5	22,2 ± 0,4	0,77 ± 0,02	8,4 ± 0,4	1,7	5,3	1 996
6	44 ± 2	20,2 ± 0,2	24 ± 5,6	22,9 ± 0,2	0,79 ± 0,01	8,9 ± 0,2	1,6	5,5	1 992
8	44 ± 2	24,2 ± 0,3	20 ± 4,9	22,3 ± 0,3	0,78 ± 0,02	12,7 ± 0,3	1,9	5,3	1 989
10	48 ± 2	21,9 ± 0,4	26 ± 7,3	23,1 ± 0,4	0,88 ± 0,03	20,4 ± 0,5	1,8	5,5	1 986
12	44 ± 2	21,8 ± 0,4	23 ± 7,0	24,2 ± 0,4	0,87 ± 0,02	19,7 ± 0,5	1,7	5,8	1 984
14	43 ± 2	21,2 ± 0,4	22 ± 6,8	23,4 ± 0,4	0,82 ± 0,02	9,2 ± 0,4	1,7	5,6	1 983
16	28 ± 3	17,7 ± 0,3	11 ± 9,1	20,4 ± 0,3	0,71 ± 0,02	6,6 ± 0,2	1,4	4,9	1 982
18	32 ± 2	20,3 ± 0,3	12 ± 5,8	21,2 ± 0,3	0,75 ± 0,02	7,5 ± 0,3	1,6	5,1	1 980
20	37 ± 2	20,2 ± 0,4	17 ± 6,4	23,1 ± 0,4	0,78 ± 0,02	7,4 ± 0,3	1,6	5,5	1 979
22	38 ± 4	21,6 ± 0,4	17 ± 12	27,6 ± 0,5	0,90 ± 0,02	8,3 ± 0,3	1,7	6,6	1 978
24	36 ± 2	23,5 ± 0,4	13 ± 6,8	24,6 ± 0,4	0,83 ± 0,02	8,1 ± 0,4	1,9	5,9	1 976
26	32 ± 2	20,9 ± 0,4	12 ± 6,3	22,0 ± 0,4	0,70 ± 0,02	7,9 ± 0,3	1,7	5,3	1 975
28	34 ± 2	31,6 ± 0,5	1 ± 7,6	24,1 ± 0,4	0,81 ± 0,03	9,5 ± 0,4	2,5	5,8	1 974
30	29 ± 2	18,9 ± 0,4	11 ± 6,6	20,5 ± 0,4	0,69 ± 0,02	8,7 ± 0,4	1,5	4,9	1 973
32	16 ± 2	13,7 ± 0,3	1 ± 4,9	13,6 ± 0,3	0,58 ± 0,02	7,2 ± 0,3	1,1	3,3	1 971
34	27 ± 2	20,0 ± 0,4	1 ± 7,4	19,5 ± 0,4	0,68 ± 0,02	12,7 ± 0,5	1,6	4,7	1 970
36	31 ± 3	22,2 ± 0,3	1 ± 10	25,1 ± 0,4	0,78 ± 0,02	19,1 ± 0,4	1,8	6,0	1 969
38	37 ± 3	23,0 ± 0,3	14 ± 8,3	26,2 ± 0,3	0,87 ± 0,01	24,2 ± 0,4	1,8	6,3	1 967
40	34 ± 2	23,3 ± 0,4	11 ± 6,8	24,2 ± 0,4	0,84 ± 0,02	27,6 ± 0,6	1,9	5,8	1 966
42	29 ± 2	22,7 ± 0,4	1 ± 6,9	21,7 ± 0,4	0,74 ± 0,02	28,2 ± 0,6	1,8	5,2	1 965
44	38 ± 3	30,1 ± 0,5	8 ± 7,9	26,8 ± 0,4	0,85 ± 0,03	47,5 ± 0,8	2,4	6,4	1 964
46	38 ± 2	27,6 ± 0,4	10 ± 5,9	28,8 ± 0,3	0,93 ± 0,02	37,7 ± 0,6	2,2	6,9	1 962
48	45 ± 3	29,7 ± 0,5	15 ± 8,3	29,1 ± 0,5	0,91 ± 0,03	30,2 ± 0,7	2,4	7,0	1 961
50	47 ± 3	35,6 ± 0,5	11 ± 8,6	29,8 ± 0,5	0,92 ± 0,03	29,8 ± 0,7	2,8	7,1	1 960
52	58 ± 3	40,8 ± 0,6	17 ± 9,4	31,2 ± 0,5	0,97 ± 0,03	37,7 ± 0,8	3,3	7,5	1 958
54	48 ± 3	38,3 ± 0,6	10 ± 9,7	26,4 ± 0,5	0,89 ± 0,03	30,7 ± 0,8	3,1	6,3	1 957
56	37 ± 2	24,9 ± 0,4	12 ± 6,6	19,4 ± 0,4	0,75 ± 0,02	12,3 ± 0,4	2,0	4,6	1 956
58	44 ± 3	30,9 ± 0,6	13 ± 9,5	23,9 ± 0,5	0,87 ± 0,03	5,7 ± 0,4	2,5	5,7	1 954
60	45 ± 3	29,4 ± 0,5	15 ± 8,2	28,9 ± 0,5	1,00 ± 0,03	4,6 ± 0,3	2,4	6,9	1 953
62	41 ± 3	24,5 ± 0,4	17 ± 10	27,7 ± 0,4	0,91 ± 0,02	2,2 ± 0,2	2,0	6,7	1 952

64	$36 \pm 3$	$24,4 \pm 0,5$	$12 \pm 8,4$	$26,8 \pm 0,5$	$0,89 \pm 0,03$	$2,0 \pm 0,3$	2,0	6,4	1 951
66	$40 \pm 1$	$26,2 \pm 0,2$	$14 \pm 4,2$	$27,3 \pm 0,2$	$0,90 \pm 0,01$	$2,4 \pm 0,2$	2,1	6,6	1 949
68	$38 \pm 2$	$24,7 \pm 0,3$	$14 \pm 5,0$	$28,1 \pm 0,3$	$0,91 \pm 0,02$	$2,1 \pm 0,2$	2,0	6,7	1 948
70	$33 \pm 2$	$22,9 \pm 0,4$	$10 \pm 7,0$	$28,6 \pm 0,4$	$0,90 \pm 0,03$	$1,1 \pm 0,2$	1,8	6,9	1 947
72	$37 \pm 2$	$26,4 \pm 0,4$	$10 \pm 7,0$	$31,9 \pm 0,4$	$0,91 \pm 0,03$	$1,5 \pm 0,2$	2,1	7,6	1 945
74	$38 \pm 2$	$24,8 \pm 0,2$	$13 \pm 6,4$	$34,7 \pm 0,3$	$0,92 \pm 0,01$	$< 0,3$	2,0	8,3	1 944
76	$35 \pm 2$	$24,4 \pm 0,4$	$11 \pm 6,3$	$31,3 \pm 0,4$	$0,83 \pm 0,02$	$< 0,6$	2,0	7,5	1 943
78	$34 \pm 2$	$25,2 \pm 0,4$	$8 \pm 6,8$	$28,9 \pm 0,4$	$0,87 \pm 0,03$	$< 0,6$	2,0	6,9	1 942
80	$32 \pm 2$	$22,4 \pm 0,4$	$10 \pm 6,6$	$28,5 \pm 0,4$	$0,87 \pm 0,02$	$< 0,6$	1,8	6,8	1 940
90	$27 \pm 1$	$20,4 \pm 0,3$	$6 \pm 4,4$	$25,4 \pm 0,3$	$0,84 \pm 0,02$	$< 0,4$	1,6	6,1	1 934

Tableau 2: Résultats des analyses par activation neutronique

prof	Sc	Ca	Cr	Fe	Co	Zn	As	Rb	Sb	Ba	Cs	La	Ce	Nd	Sm	Eu	T	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	Au	Ag
<b>BOUAFLES02</b>																								
0	9,5	10,7	84	3,0	10,9	267	12,1	105	1,8	366	10,5	34,4	68,5	34,7	6,1	0,9	0,8	1,8		4,9	1,1	8,6	51	3,8
10	7,2	11,9	89	2,8	9,8	457	10,2	77	2,1	300	7,5	29,2	61,5	17,7	5,2	0,8	0,7	1,9	0,3	5,1	1,0	7,9	114	7,9
16	8,0	12,7	109	3,0	11,6	579	9,7	57	2,8	331	8,4	30,7	65,8	16,1	5,2	0,8	0,7	1,7	0,4	4,4	1,0	7,7	128	13,1
26	9,3	11,5	113	3,2	11,8	550	11,5	71	2,8	371	10,4	30,7	69,4	21,5	5,4	0,9	0,6	2,2		4,2	1,1	8,2	120	10,7
30	10,3	10,5	111	3,3	12,3	513	9,8	106	2,7	273	11,1	36,8	74,0	24,1	6,2	1,0	0,8	2,8	0,3	5,1	1,2	9,6	144	7,4
32	9,8	12,2	134	3,3	12,2	613	11,0	62	3,1	470	10,3	35,4	74,0	30,6	6,1	1,0	0,7	2,0	0,7	5,2	1,1	9,0	136	9,2
36	9,6	12,1	157	3,2	12,7	671	10,2	81	3,6	397	10,1	34,2	73,6	23,7	6,1	0,9	0,8	2,1	0,3	4,7	1,1	8,6	139	10,5
42	9,5	13,4	168	3,1	12,0	688	14,0	88	2,6	440	9,9	35,8	73,7	28,0	6,2	0,9	0,7	2,2	0,4	4,8	1,2	8,9	150	11,3
50	9,1	15,0	237	3,1	12,5	907	16,4	77	3,4	423	9,3	34,7	84,6	32,5	6,3	0,9	0,8	1,8	0,3	5,2	1,2	9,0	242	15,5
62	9,6	14,6	287	3,2	13,4	1 152	20,6	93	5,4	544	11,1	34,4	78,0	61,5	6,3	0,9	0,8	2,1		5,0	1,3	9,4	220	22,4
68	10,5	13,2	299	3,2	15,2	1 321	17,5	86	6,7	554	10,9	34,3	74,2	25,7	6,9	0,9	0,9	2,8	0,6	5,1	1,3	9,7	197	24,6
72	9,7	13,4	261	2,9	14,9	1 206	15,9	66	6,1	731	10,4	31,2	62,8	27,5	5,9	0,9	0,7	2,2	0,4	4,0	1,1	9,0	205	20,8
78	10,1	12,2	275	3,0	15,9	1 479	21,3	61	8,1	861	11,3	31,5	61,5	34,6	6,3	0,9	0,8	2,1	0,3	3,6	1,1	8,4	269	20,4
88	9,0	13,2	131	2,8	12,9	933	21,7	100	5,8	597	8,7	32,6	60,5	29,5	6,2	0,8	0,8	2,4	0,5	4,5	0,9	9,6	203	8,8
96	9,2	14,1	146	2,8	13,0	1 144	19,6	108	7,6	805	9,2	35,0	68,5	27,4	6,9	0,8	0,8	2,2	0,3	4,7	0,9	9,5	204	9,9
<b>MUIDS01</b>																								
2	7,7			2,6	9,5	259	11,3	83	1,9		7,4		61,5			0,8	0,7	2,0	0,2	6,3	0,9	7,7	54	4,4
10	6,0		77	2,3	8,9	334	9,4	60	1,7		5,7		50,3			0,7	0,5	1,6	0,2	6,3	0,8	6,3	59	4,6
14	6,9		94	2,5	9,5	456	11,5	112	2,2		6,8		63,0			0,8	0,6	2,2	0,1	5,5	1,0	8,1	67	6,1
16	6,7		103	2,4	9,6	511	10,4	52	2,9		6,5		58,7			0,7	0,6	1,7	0,2	5,8	1,0	6,9	110	6,1
22	5,7		112	2,2	8,8	510	9,9	85	2,5		5,5		56,1			0,7	0,6	1,4	0,2	5,4	0,8	6,4	175	6,8
30	5,7		116	2,1	9,0	531	11,3	58	2,7		5,5		51,6			0,6	0,6	2,0	0,2	6,4	0,8	6,5	111	6,7
38	6,9		211	2,4	11,0	872	16,2	94	3,8		6,8		63,7			0,7	0,6	2,3	0,3	4,8	1,0	8,2	179	14,3
42	6,4		180	2,3	10,1	741	16,9	66	3,5		6,3		54,7			0,7	0,6	1,9	0,2	5,7	0,8	6,4	95	11,9
50	8,0		197	2,7	13,1	928	22,6	87	4,6		7,2		60,1			0,8	0,8	2,4	0,2	4,9	0,9	7,5		13,6
60	8,9		138	2,7	13,2	888	22,4	62	7,7		8,0		62,5			0,8	0,7	2,1		5,7	0,8	7,5	124	8,7
70	7,4		91	2,1	11,0	660	19,3	60	3,8		6,4		50,8			0,7	0,6	1,8	0,2	5,2	0,7	7,2	99	4,7
80	9,0		149	2,9	15,0	1 037	29,3	65	5,9		8,2		63,9			0,8	0,7	2,2	0,2	5,0	0,9	10,3	179	9,6
90	8,6		134	2,8	14,4	1 072	33,2	60	6,8		7,8		62,5			0,8	0,6	2,1	0,3	4,4	0,9	9,4	286	9,1
94	7,5		101	2,5	11,8	818		54	7,6		7,0		54,0			0,7	0,7	1,8	0,3	5,0	0,7	7,9		6,2

