

ANNEXE 1

CAMPAGNE CRIIRAD 2000

**Localisation des points de prélèvements de plantes aquatiques
et sédiments du Rhône**

Cartes détaillées

Suivi Saint-Alban - Détail : aval de Lyon Campagne de prélèvements CRIIRAD (Juillet 2000)

Légende

S1

Station de prélèvement

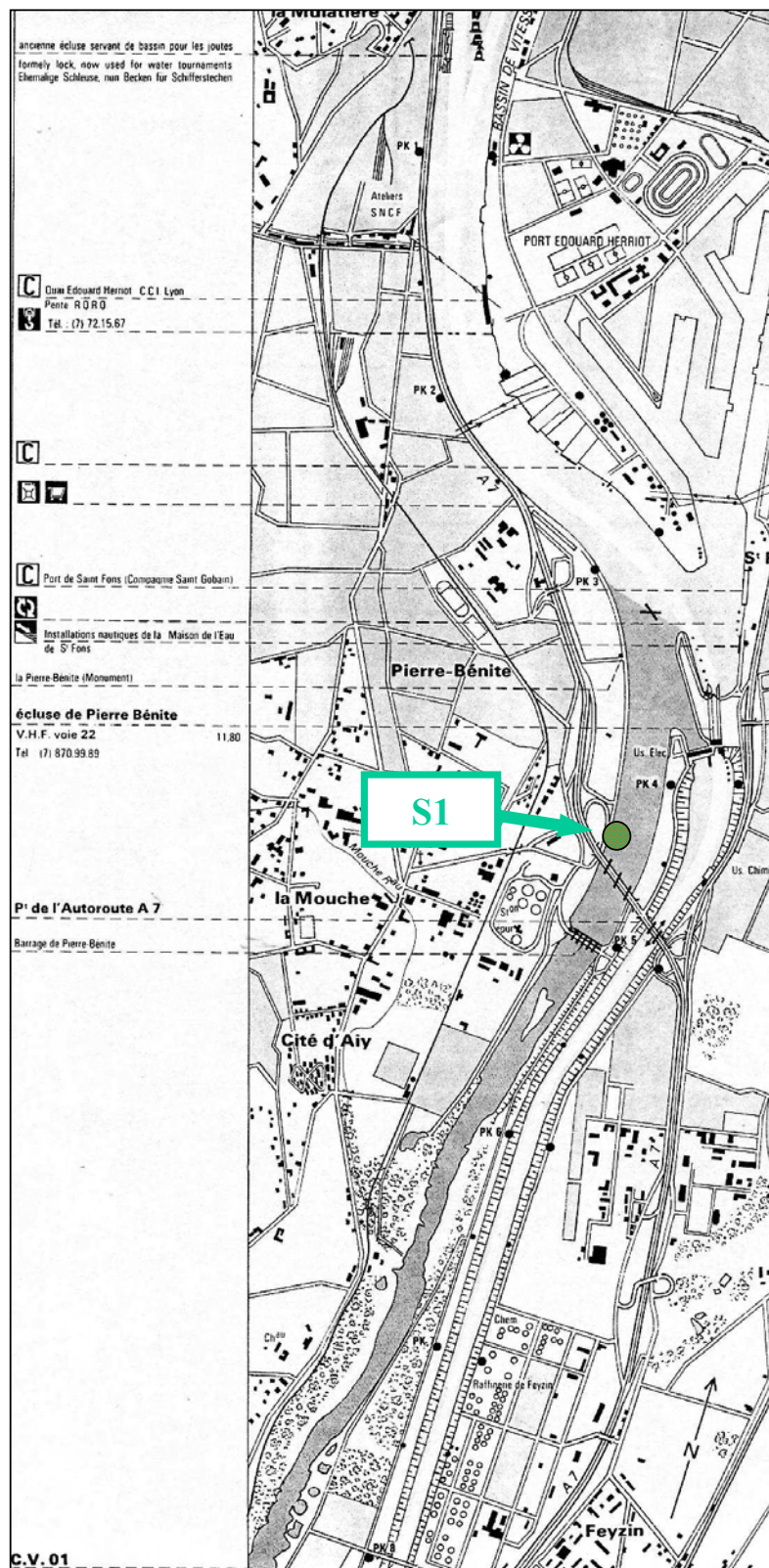
● Prélèvement de plantes
aquatiques et de sédiments

PK Point kilométrique

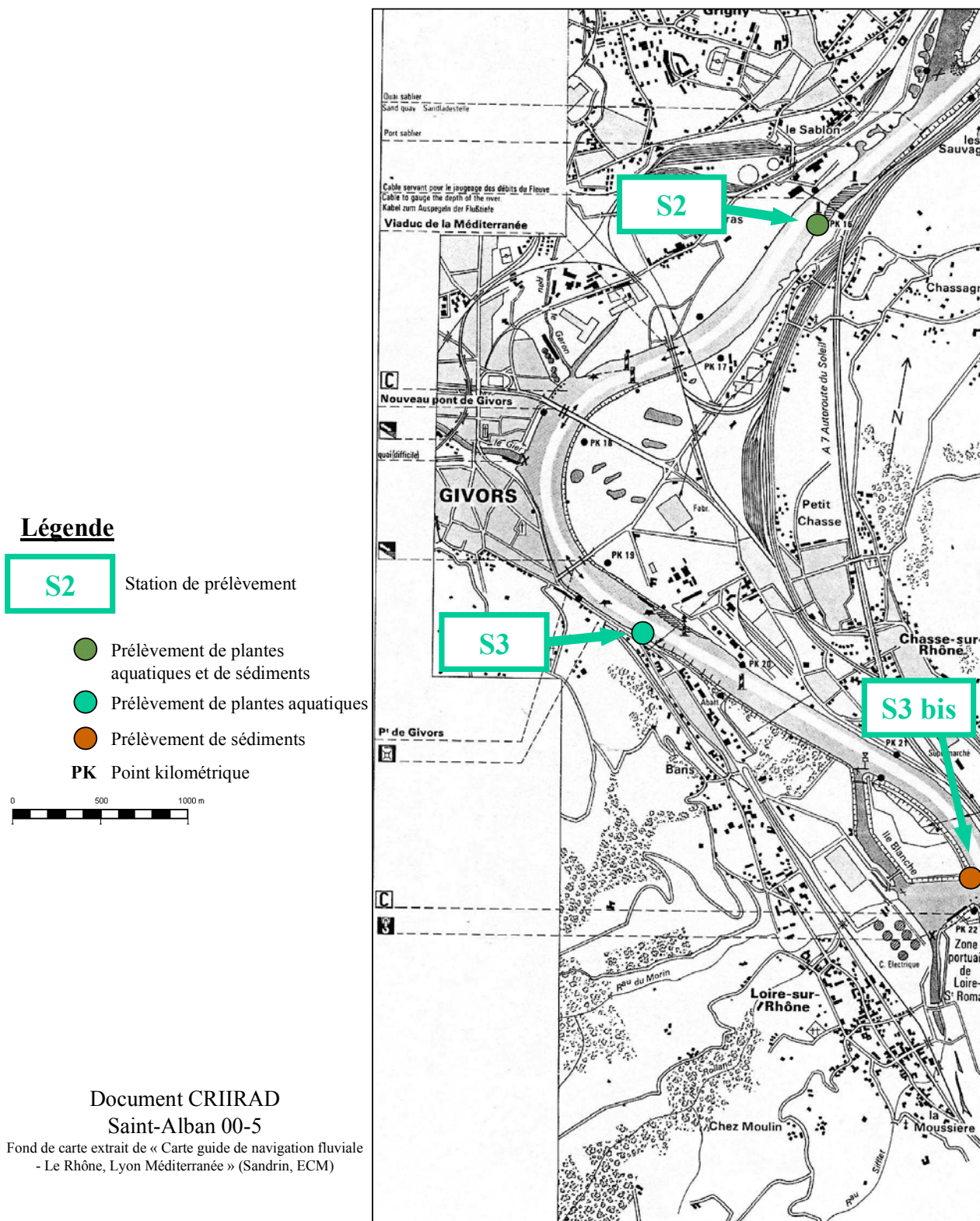


Document CRIIRAD
Saint-Alban 00-5

Fond de carte extrait de « Carte guide de navigation fluviale
- Le Rhône, Lyon Méditerranée » (Sandrin, ECM)



Suivi Saint-Alban - Détail : amont et aval de Givors Campagne de prélèvements CRIIRAD (Juillet 2000)



Document CRIIRAD
Saint-Alban 00-5

Fond de carte extrait de « Carte guide de navigation fluviale
- Le Rhône, Lyon Méditerranée » (Sandrin, ECM)

Suivi Saint-Alban - Détail : amont de Vienne Campagne de prélèvements CRIIRAD (Juillet 2000)

Légende

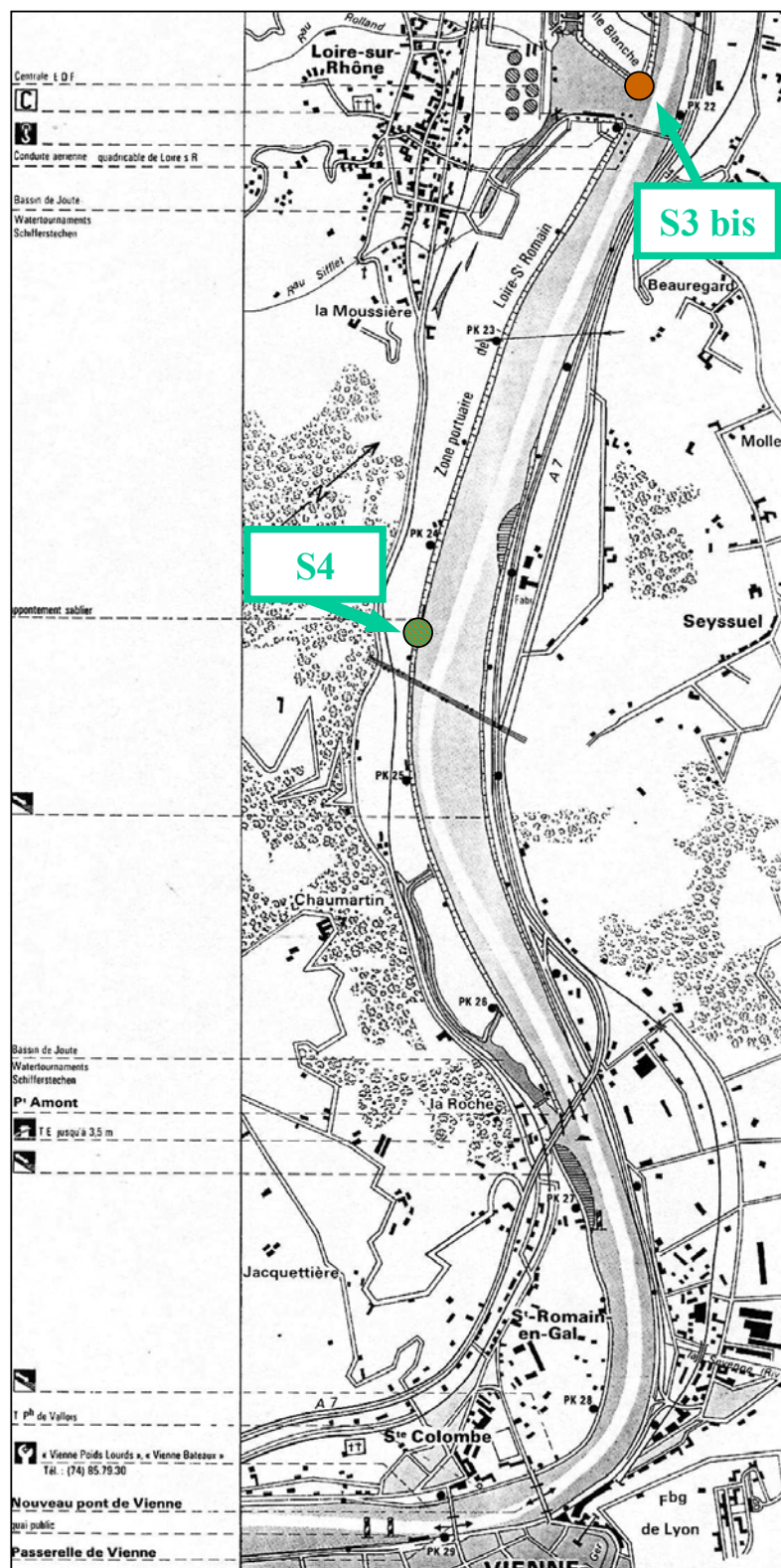
S4

Station de prélèvement

● Prélèvement de plantes
aquatiques et de sédiments

● Prélèvement de sédiments

PK Point kilométrique



Document CRIIRAD
Saint-Alban 00-5

Fond de carte extrait de « Carte guide de navigation fluviale
- Le Rhône, Lyon Méditerranée » (Sandrin, ECM)

Suivi Saint-Alban - Détail : amont et aval de Condrieu Campagne de prélèvements CRIIRAD (Juillet 2000)

Légende

S5

Station de prélèvement

● Prélèvement de plantes
aquatiques et de sédiments

PK Point kilométrique



P

Point d'échantillonnage de sol à
terre en bordure du chemin CNR



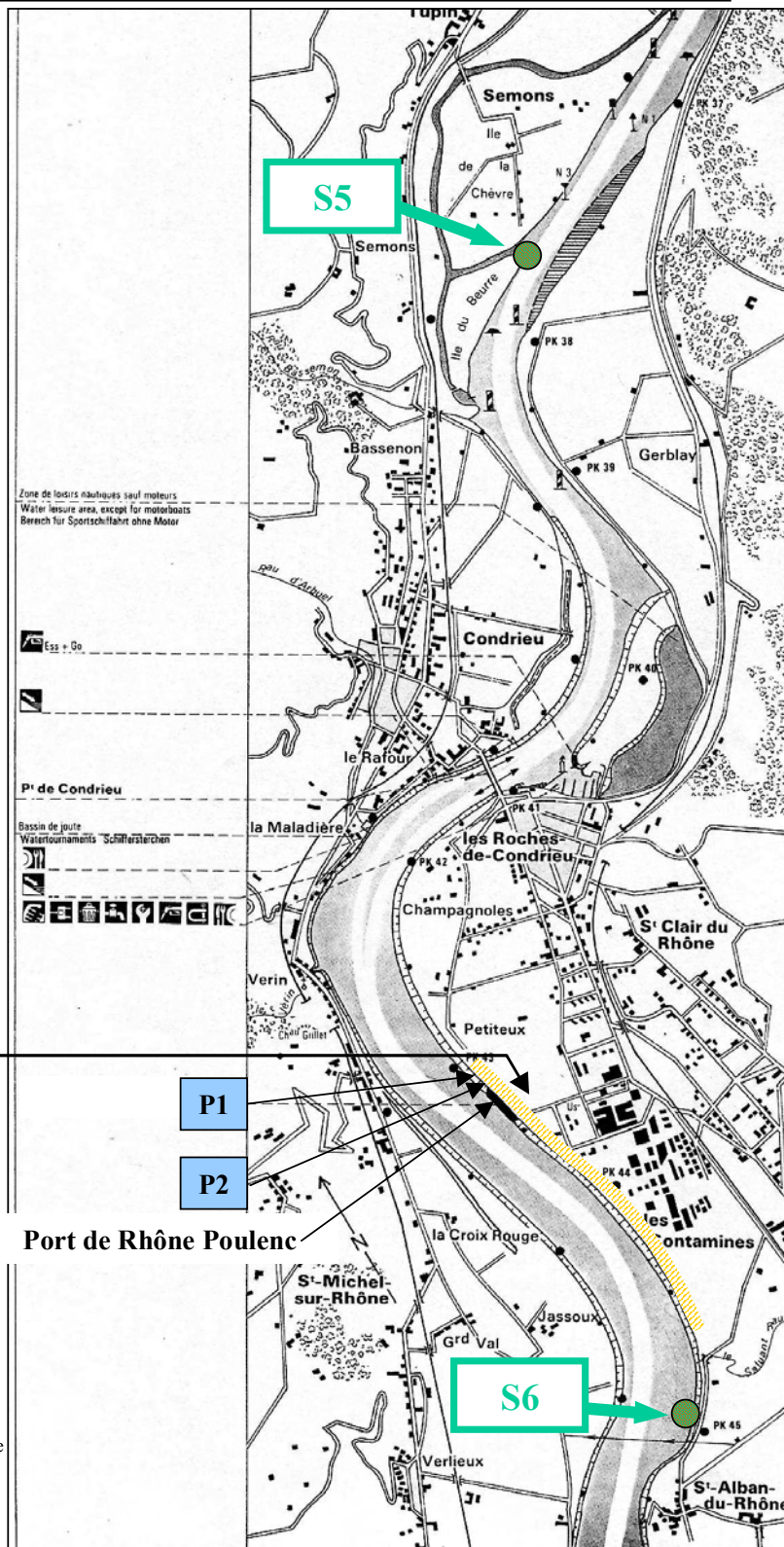
Zone ayant fait l'objet de
contrôles radiométriques à terre
en bordure du Rhône le 23/08/00

Site chimique des **Roches de Condrieu**

(Aventis Animal Nutrition,
Europhos, Rhodio Eco
Services, Avecia, etc...)

Document CRIIRAD
Saint-Alban 00-5

Fond de carte extrait de « Carte guide de navigation fluviale
- Le Rhône, Lyon Méditerranée » (Sandrin, ECM)



Suivi Saint-Alban - Détail : amont et aval du CNPE de Saint-Alban Campagne de prélèvements CRIIRAD (Juillet 2000)

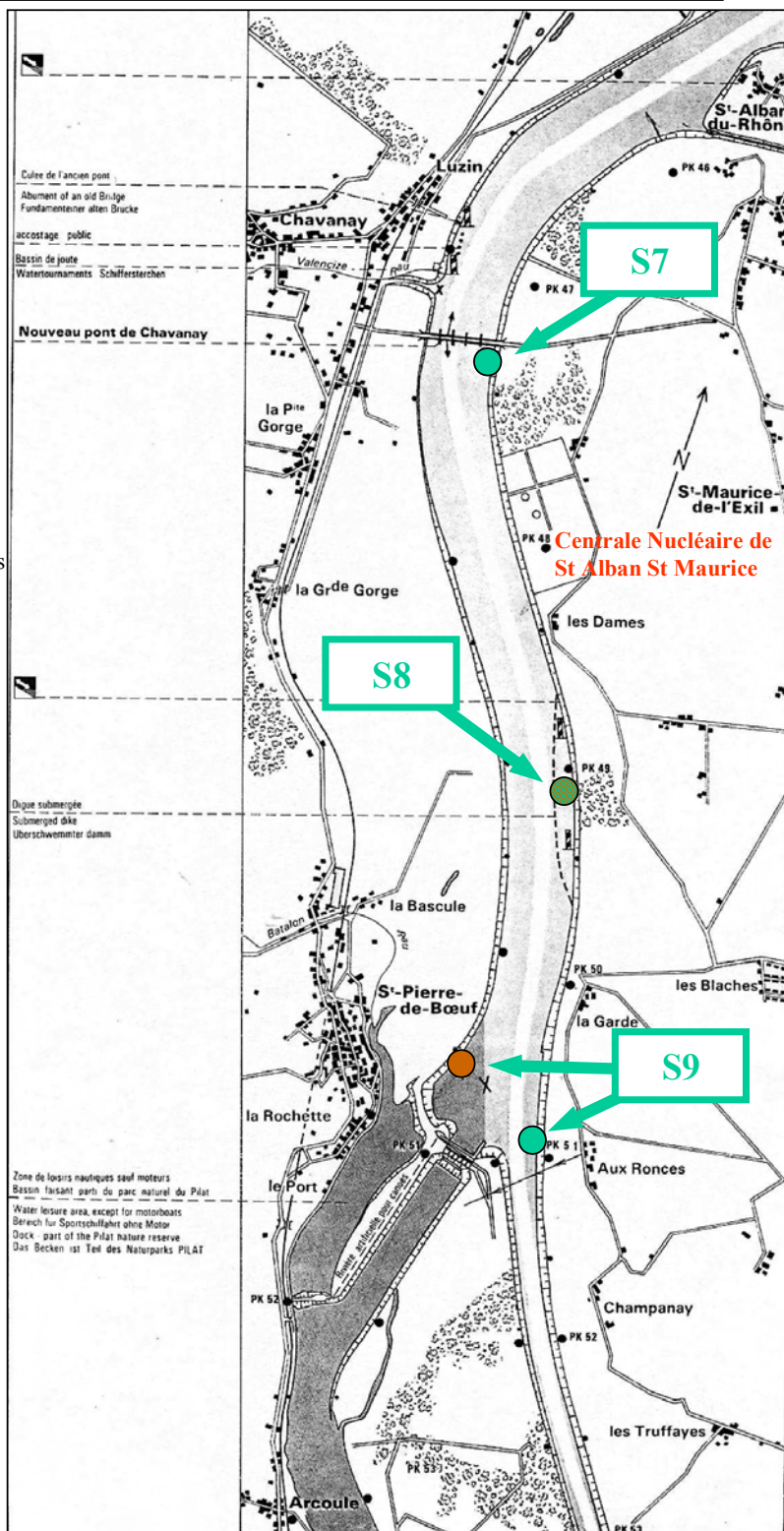
Légende

S2

Station de prélèvement

- Prélèvement de plantes aquatiques et de sédiments
- Prélèvement de plantes aquatiques
- Prélèvement de sédiments

PK Point kilométrique

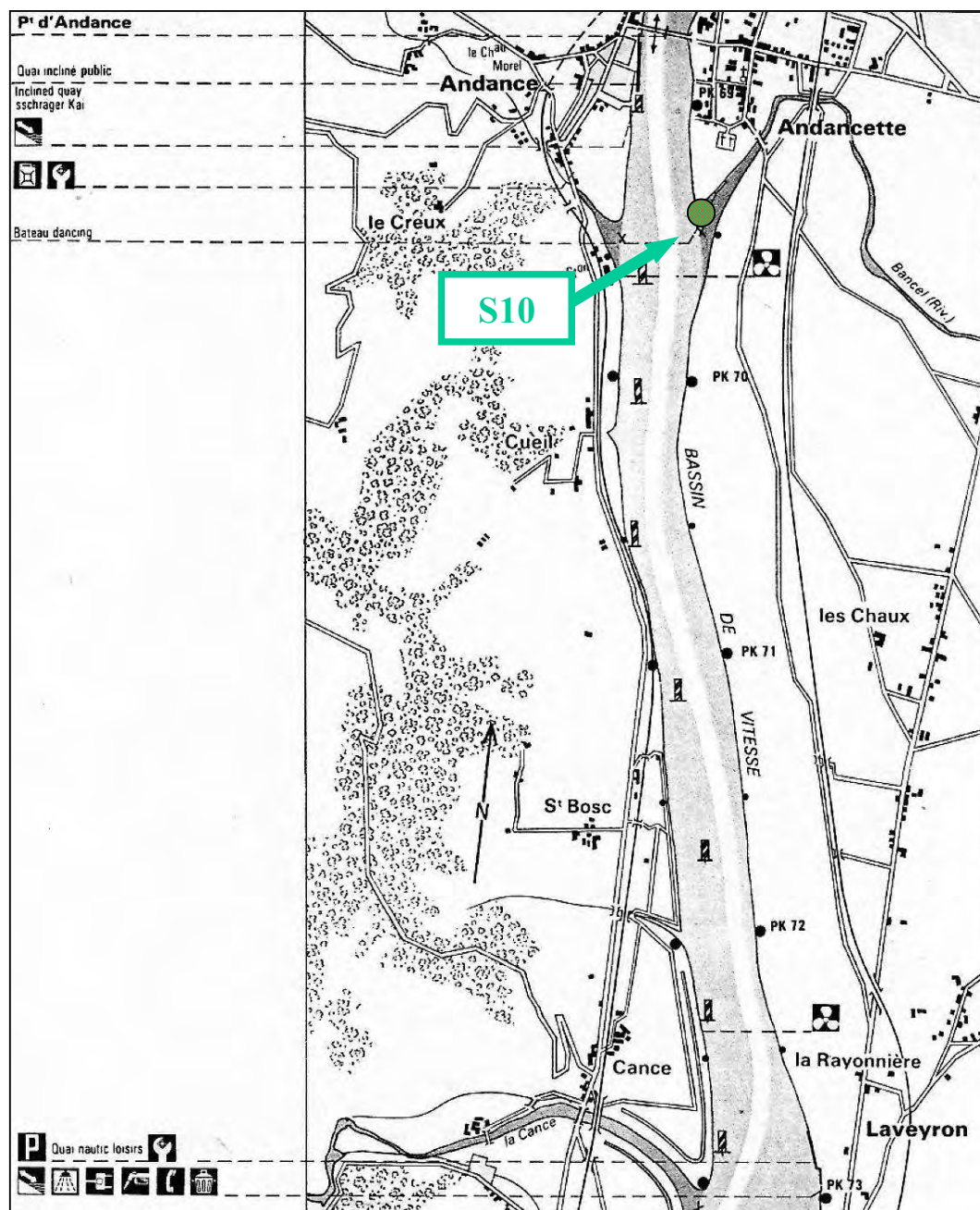


Document CRIIRAD

Saint-Alban 00-5

Fond de carte extrait de « Carte guide de navigation fluviale
- Le Rhône, Lyon Méditerranée » (Sandrin, ECM)

Suivi Saint-Alban - Détail : amont et aval de Givors Campagne de prélèvements CRIIRAD (Juillet 2000)

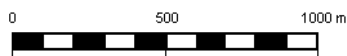


Légende

S5

Station de prélèvement

PK Point kilométrique

 Prélèvement de plantes
aquatiques et de sédiments

 Document CRIIRAD
Saint-Alban 00-5

 Fond de carte extrait de « Carte guide de navigation fluviale
- Le Rhône, Lyon Méditerranée » (Sandrin, ECM)

ANNEXE 2

PROTOCOLE D'ANALYSE PAR SPECTROMETRIE GAMMA

LABORATOIRE DE LA CRIIRAD / PROTOCOLE D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA

Caractéristiques techniques et protocole de la mesure :

- **Type de détecteur :** le laboratoire de la CRII-RAD dispose de trois chaînes de spectrométrie gamma équipées de détecteurs semi-conducteurs au germanium hyperpur (EGG/ORTEC, TYPE GMX) refroidis en permanence à l'azote liquide.

Les caractéristiques normalisées des détecteurs utilisés pour cette étude sont les suivantes :

Type	Efficacité relative	Résolution
n	22 %	1,7 keV à 1,33 MeV
n	24 %	1,7 keV à 1,33 MeV

- **Blindage :** chaque détecteur est installé dans une chambre blindée (5 centimètres de plomb), dont les parois internes sont recouvertes d'une enveloppe de cuivre afin d'abaisser encore le bruit de fond.
- **Bruit de fond :** les bruits de fond des chaînes de détection sont régulièrement contrôlés pour soustraction (dans le cas des radionucléides naturels) au signal brut.
- **Analyseur :** chaque détecteur est couplé à un analyseur 8000 canaux (carte NUCLEUS) qui permet de classer les signaux détectés par gamme d'énergie avec une excellente résolution (1,72 keV de largeur à mi-hauteur sur le pic à 1,33 MeV du cobalt 60). La gamme d'énergie couverte varie de 20 keV à 1,8 MeV. Le dépouillement des spectres se fait sur micro-ordinateur PC en mode manuel.
- **Calibration en énergie :** effectuée au moyen d'une source de pechblende.
- **Tabulation des raies d'énergie :** chaque raie du spectre est identifiée à partir de deux documents de référence :

- la table des isotopes radioactifs de Browne et Firestone (1986).
- le "catalog of gamma rays from radioactive decay" de U. Reus et W. Westmeier (1983).

Les raies d'énergie utilisées sont indiquées ci-après pour les principaux radionucléides artificiels.

- **Étalonnage en efficacité :** il est effectué avec deux sources (Baryum 133 et Europium 152), en phase liquide. Les courbes d'efficacité sont déterminées par interpolation au moyen d'une fonction polynôme d'ordre 3. Les étalonnages en phase solide sont effectués au moyen d'échantillons de résidus d'extraction d'uranium UTS 4, fournis par le CANMET du Canada.
- **Temps de comptage :** il sera de 80000 secondes au moins.
- **Géométrie de conditionnement :** cf. Préparation des échantillons.

Les activités mesurées sont systématiquement accompagnées de leur marge d'incertitude : ce chiffre, précédé du signe $\pm$ (lire plus ou moins), indique la précision de la mesure. Il est la somme de deux termes :

- L'erreur statistique du comptage, évaluée avec un intervalle de confiance de 95 %.
- La marge d'incertitude systématique liée à l'ensemble de la méthodologie (précision sur l'activité nominale des sources d'étalonnage, sur les rapports de branchement, sur la courbe d'efficacité.....) qui est estimée à ± 10 %.

Tous les radionucléides émetteurs gamma sont systématiquement recherchés dans le spectre de l'échantillon. Si leur activité n'est pas mesurable, c'est le seuil de détection de la mesure qui est mentionné (valeur précédée du symbole $<$: inférieur à).

Les raies utilisées pour évaluer les activités sont les suivantes :

Radioéléments artificiels : (liste non exhaustive)

Radioéléments	Périodes radioactives*	Energies (keV)
Iode 131	8,0 jours	364,5
Césium 134	2,1 ans	604,7
Césium 137	30,0 ans	661,7
Cobalt 60	5,3 ans	1332,5

Radioéléments d'origine naturelle : (liste non exhaustive)

Radioéléments	Périodes radioactives*	Energies (KeV) gamma
chaîne de l'Uranium 238		
Thorium 234	24 jours	63,3
Radium 226	1600 ans	186,1
Plomb 214	27 minutes	351,9
Bismuth 214	20 minutes	609,3
Plomb 210	22,3 ans	46,5
Uranium 235	7 10 ⁸ ans	163,4
chaîne du Thorium 232		
Actinium 228	6,1 heures	911,2
Plomb 212	10,6 heures	238,6
Thallium 208	3 minutes	583
Potassium 40	1,3 10 ⁹ ans	1460,8
Béryllium 7	55 jours	477,6

* période radioactive : c'est le temps nécessaire pour que l'activité d'un radioélément diminue de moitié. Ainsi après 1 période, il persistera 50 % de l'activité initiale ; 25 % après 2 périodes ; 12,5 % après 3 ; etc.

ANNEXE 3

**RESULTATS DES ANALYSES EN SPECTROMETRIE GAMMA
SUR SEDIMENTS FRAIS TAMISES A 2mm**

SEDIMENTS DU RHONE BRUTS : Analyse préliminaire sur matière fraîche (< 2 mm)
RESULTATS DES ANALYSES EFFECTUEES PAR LE LABORATOIRE DE LA CRIIRAD

Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Bq/kg sec)

NATURE	Sédiments S1	Sédiments S2	Sédiments S3 bis	Sédiments S4	Sédiments S5	Sédiments S6	Sédiments S8	Sédiments S9	Sédiments S10
Date de prélèvement	18/07/00	18/07/00	19/07/00	19/07/00	19/07/00	19/07/00	20/07/00	20/07/00	20/07/00
Lieu de prélèvement	PK 4,5 RD	PK 16 RG	PK 22 RG	PK 24,5 RD	PK 37,5 RD	PK 45 RG	PK 49 RG	PK 50,5 RD	PK 69,5 RG
N° d'analyse	C 18703	B 18705	B 18717	B 18719	C 18720	B 18721	B 18722	C 18723	B 18724
Date d'analyse	19/07/00	20/07/00	24/07/00	24/07/00	25/07/00	25/07/00	25/07/00	25/07/00	26/07/00
Temps de comptage (s)	38 920	31 610	30 880	54 470	30 000	30 000	55 220	54 840	31 070
Géométrie	Mannelli	Mannelli	Mannelli	Mannelli	Mannelli	Mannelli	Mannelli	Mannelli	Mannelli
Masse analysée (g)	822,36	1 058,32	886,40	861,60	1 030,36	811,02	812,83	795,86	975,92
Taux de matières sèches (%)	48,4%	71,0%	61,6%	60,7%	70,8%	51,3%	53,6%	47,3%	67,6%

Radioactivité naturelle

Chaîne de l' Uranium 238									
Thorium 234 ⁽¹⁾	38,1 ± 12,9	16,7 ± 6,6	28,1 ± 9,8	22,6 ± 7,0	21,3 ± 8,4	478,9 ± 65,1	36,5 ± 9,8	47,4 ± 13,1	28,3 ± 8,5
Plomb 214	41,1 ± 5,7	26,0 ± 3,5	36,6 ± 4,9	31,2 ± 4,0	29,6 ± 4,0	325,6 ± 36,3	41,0 ± 5,2	43,3 ± 5,7	31,2 ± 4,2
Bismuth 214	38,2 ± 5,5	24,4 ± 3,4	32,4 ± 4,6	29,8 ± 4,0	28,5 ± 4,0	292,2 ± 33,3	38,6 ± 5,1	40,8 ± 5,7	28,5 ± 4,0
Plomb 210 ⁽¹⁾	92,5 ± 18,2	27,7 ± 7,3	56,6 ± 12,2	54,2 ± 10,2	36,7 ± 9,3	487,7 ± 65,2	84,1 ± 14,5	94,2 ± 17,1	50,3 ± 10,5
Uranium 235									
	< 5,3	< 2,7	< 3,8	< 2,9	< 3,6	29,2 ± 12,3	< 3,4	< 4,6	< 3,2
Chaîne du Thorium 232									
Actinium 228	47,4 ± 7,6	23,3 ± 3,8	35,1 ± 5,6	34,5 ± 5,1	32,0 ± 5,2	57,9 ± 9,2	43,1 ± 6,2	38,0 ± 6,2	33,0 ± 5,1
Plomb 212	48,8 ± 6,2	28,5 ± 3,6	37,4 ± 4,8	38,7 ± 4,6	33,0 ± 4,2	62,4 ± 7,9	45,3 ± 5,4	46,1 ± 5,7	34,5 ± 4,3
Thallium 208	17,3 ± 2,6	9,4 ± 1,4	12,0 ± 1,8	12,5 ± 1,7	11,2 ± 1,7	20,8 ± 3,1	14,8 ± 2,1	15,8 ± 2,3	11,7 ± 1,7
Potassium 40	508,0 ± 69,5	343,4 ± 43,7	396,0 ± 51,7	447,8 ± 54,8	433,0 ± 58,6	382,8 ± 53,5	415,9 ± 52,5	451,2 ± 61,8	383,7 ± 49,1
Béryllium 7	< 3,0	5,1 ± 2,4	< 2,1	15,2 ± 3,8	< 2,0	< 3,8	14,0 ± 4,1	< 2,5	3,1 ± 2,6

Radioactivité artificielle

Césium 137	21,7 ± 3,1	7,6 ± 1,2	23,3 ± 3,2	11,2 ± 1,6	7,0 ± 1,2	47,5 ± 6,1	15,6 ± 2,2	21,7 ± 3,0	11,6 ± 1,7
Césium 134	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,4	< 0,2	< 0,3	< 0,2
Cobalt 58	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,4	< 0,2	< 0,3	< 0,2
Cobalt 60	< 0,4	0,5 ± 0,3	0,5 ± 0,3	0,3 ± 0,2	1,0 ± 0,4	< 0,4	0,8 ± 0,4	1,5 ± 0,6	< 0,2
Manganèse 54	< 0,4	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,5	< 0,2	< 0,3	< 0,2
Antimoine 125	< 1,0	< 0,5	< 0,7	< 0,5	< 0,7	< 1,4	< 0,6	< 0,8	< 0,6
Iode 131	< 0,4	< 0,2	< 0,4	< 0,3	< 0,4	< 0,7	< 0,4	< 0,5	< 0,3
Cérium 144	< 2,3	< 1,2	< 1,6	< 1,2	< 1,6	< 3,2	< 1,4	< 2,0	< 1,4
Argent 110m	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,4	< 0,2	< 0,3	< 0,2
Américium 241 ⁽¹⁾	< 0,7	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 1,2	< 0,5	< 0,7	< 0,4
Iode 129 ⁽¹⁾	< 0,7	< 0,3	< 0,4	< 0,3	< 0,5	< 0,9	< 0,4	< 0,6	< 0,4
Ruthénium 106	< 3,1	< 1,6	< 2,2	< 1,7	< 2,1	< 3,6	< 2,0	< 2,7	< 1,8
Iode 125 ⁽²⁾	< 0,4	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,4	< 0,2
Thallium 201 ⁽³⁾	< 0,5	< 0,3	< 0,8	< 0,7	< 1,0	< 2,2	< 0,8	< 1,2	< 0,9
Technétium 99m	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND
Indium 111 ⁽⁴⁾	< 0,4	< 0,2	< 0,7	< 0,6	< 0,8	< 1,6	< 0,7	< 0,9	< 0,7
Chrome 51	< 2,7	< 1,4	< 2,2	< 1,6	< 2,0	< 4,1	< 1,9	< 2,6	< 1,8
Fer 59	< 0,7	< 0,3	< 0,5	< 0,3	< 0,5	< 0,8	< 0,4	< 0,6	< 0,4

Légende :

± : marge d'incertitude
< : seuil de détection

- (1) : S'agissant de raies gamma à basse énergie (<100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.
(2) : L'activité de l'Iode 125 est calculée à partir de la raie à 27,4 keV.
(3) : L'activité du Thallium 201 est calculée à partir du couple de raies à 63,8 et 70,8 keV.
(4) : L'activité de l'Indium 111 est calculée à partir de la raie à 245,4 keV.

ANNEXE 4

**RESULTATS DES ANALYSES EN SPECTROMETRIE GAMMA
SUR SEDIMENTS SECS TAMISES A 63µm**

SEDIMENTS DU RHÔNE Tamisés < 63 microns

RESULTATS DES ANALYSES EN SPECTROMETRIE GAMMA EFFECTUEES PAR LE LABORATOIRE DE LA CRII-RAD

Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Eq/kg sec)

NATURE	Sédiment S1	Sédiment S2	Sédiment S3 bis	Sédiment S4	Sédiment S5	Sédiment S6	Sédiment S8	Sédiment S9	Sédiment S10
Date de prélèvement	18/07/00	18/07/00	19/07/00	19/07/00	19/07/00	19/07/00	19/07/00	19/07/00	20/07/00
Lieu de prélèvement	PK 4,5 RD	PK 16 RG	PK 22 RG	PK 24,5 RD	PK 37,5 RD	PK 45 RG	PK 49 RG	PK 50,5 RD	PK 69,5 RG
N° d'analyse	B 18813	C 18814	B 18817	B 18823	C 18830	B 18829	C 18824	B 18818	C 18816
Date d'analyse	7/09/00	7/09/00	11/09/00	14/09/00	18/09/00	18/09/00	14/09/00	12/09/00	11/09/00
Temps de comptage (s)	85 030	84 800	84 985	85 221	85 198	84 209	85 626	85 771	84 829
Géométrie	Marinelli	Marinelli	Marinelli	Marinelli	Marinelli	Marinelli	Marinelli	Marinelli	Marinelli
Masse analysée (g)	420,21	479,79	533,55	469,73	499,24	488,94	519,74	446,32	581,66
Taux de matières sèches (%)	48,4%	71,0%	61,6%	60,7%	70,8%	51,3%	53,6%	47,3%	67,6%

Radioactivité naturelle

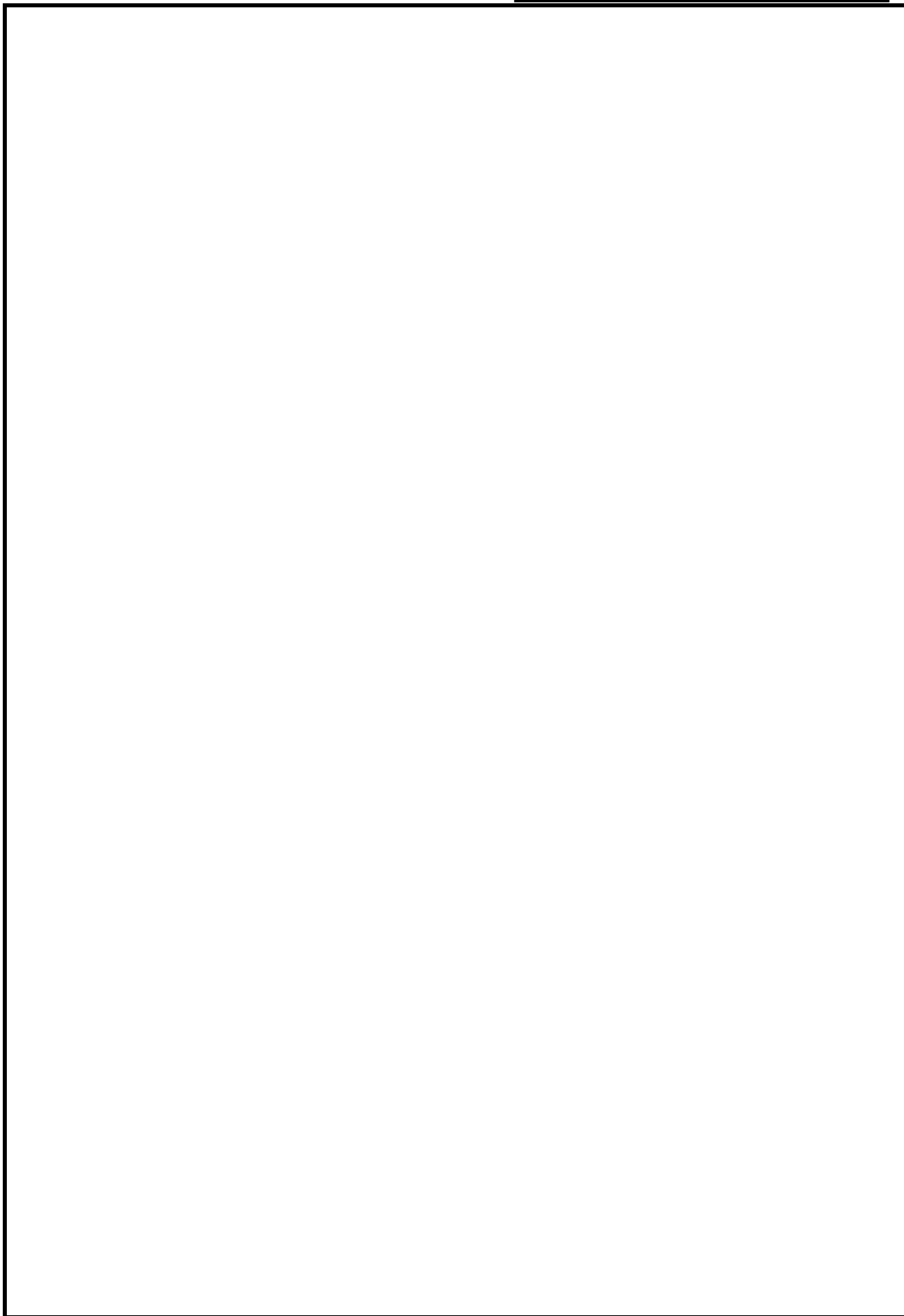
Chaîne de l' Uranium 238									
Thorium 234*	46,8 ±	53,7 ±	10,8 ±	38,3 ±	8,2 ±	46,8 ±	9,3 ±	47,6 ±	10,7 ±
Radium 226**	50,1 ±	51,5 ±	6,3 ±	48,1 ±	5,7 ±	53,5 ±	6,4 ±	50,9 ±	6,2 ±
Plomb 214	52,1 ±	53,0 ±	6,4 ±	49,6 ±	5,8 ±	55,7 ±	6,6 ±	52,2 ±	6,3 ±
Bismuth 214	48,2 ±	50,0 ±	6,2 ±	46,6 ±	5,6 ±	51,4 ±	6,2 ±	49,6 ±	6,1 ±
Plomb 210*	104,3 ±	96,1 ±	15,3 ±	73,1 ±	11,4 ±	97,9 ±	14,7 ±	81,1 ±	13,1 ±
Uranium 235	< 2,6	< 3,0	< 2,2	< 2,4	< 2,4	< 2,4	< 2,4	< 4,0	< 4,0
Chaîne du Thorium 232									
Actinium 228	52,3 ±	49,7 ±	6,8 ±	45,6 ±	6,0 ±	50,1 ±	6,6 ±	45,9 ±	6,4 ±
Plomb 212	58,2 ±	52,7 ±	6,1 ±	52,6 ±	5,9 ±	58,2 ±	6,6 ±	49,9 ±	5,7 ±
Thallium 208	18,8 ±	17,9 ±	2,3 ±	17,1 ±	2,2 ±	18,9 ±	2,4 ±	16,7 ±	2,2 ±
Potassium 40	453,9 ±	462,4 ±	58,5 ±	408,4 ±	48,7 ±	491,6 ±	58,3 ±	466,9 ±	58,5 ±
Béryllium 7	< 1,5	5,3 ±	2,7 ±	2,7 ±	2,0 ±	12,3 ±	3,5 ±	< 1,6	< 1,6

Radioactivité artificielle

Césium 137	24,1 ±	17,5 ±	2,3 ±	29,7 ±	3,5 ±	17,8 ±	2,3 ±	47,7 ±	5,6 ±	16,5 ±	2,1 ±	22,5 ±	2,8 ±	17,9 ±	2,3 ±
Césium 134	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,1	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cobalt 58	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3
Cobalt 60	< 0,2	0,5 ±	0,4 ±	0,7 ±	0,3 ±	0,7 ±	0,3 ±	2,2 ±	0,6 ±	0,9 ±	1,4 ±	1,7 ±	0,5 ±	< 0,2	< 0,2
Manganèse 54	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Antimoine 125	< 0,5	< 0,6	< 0,6	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,8	< 0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Iode 131	< 13,7	< 14,3	< 14,3	< 14,7	< 14,7	< 20,9	< 20,9	< 32,4	< 42,1	< 42,1	< 23,0	< 17,7	< 17,7	< 14,9	< 14,9
Césium 144	< 1,2	< 1,3	< 1,3	< 1,0	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,3	< 1,8	< 1,8	< 1,3	< 1,2	< 1,2	< 1,2	< 1,2
Argent 110m	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Américium 241*	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,4	< 0,6	< 0,6	< 0,4	< 0,3	< 0,3	< 0,4	< 0,4
Iode 129*	< 0,3	< 0,3	< 0,4	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Ruthénium 106	< 1,8	< 1,9	< 1,9	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,7	< 1,9	< 2,3	< 2,3	< 1,8	< 1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,7

Légende :
± : marge d'incertitude
< : seuil de détection

* : S'agissant de raies gamma à basse énergie (<100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.
** : Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants Plomb 214 et Bismuth 214 à l'équilibre.



ANNEXE 5

CHAINES DE DESINTEGRATION RADIOACTIVE DES TROIS FAMILLES DE RADIOELEMENTS NATURELS

CHAINE RADIOACTIVE

Famille de l'Uranium 238

Radioéléments	Mode de désintégration	Période de radioactivité
Uranium 238	α	4,5 10^9 ans
Thorium 234	β	24 jours
Protactinium 234	β	1,2 minutes.
Uranium 234	α	2,5 10^5 ans
Thorium 230	α	7,5 10^4 ans
Radium 226	α	1,6 10^3 ans
Radon 222	α	3,8 jours
Polonium 218	α	3 minutes
Plomb 214	β	27 minutes
Bismuth 214	β	20 minutes
Polonium 214	α	1,6 10^{-4} secondes
Plomb 210	β	22,3 ans
Bismuth 210	β	5 jours
Polonium 210	α	138,5 jours
Plomb 206		Stable
Les radioéléments en gras dans les tableaux, indiquent qu'ils sont analysés en spectrométrie gamma		

CHAINE RADIOACTIVE

Famille de l'Uranium 235

Radioéléments	Mode de désintégration	Période radioactive
Uranium 235	α	7 10⁸ ans
Thorium 231	β	25,6 heures
Protactinium 231	α	3,3 10⁴ ans.
Actinium 227	β	21,8 ans
Thorium 227	α	18,7 jours
Radium 223	α	11,4 jours
Radon 219	α	3,9 secondes
Polonium 215	α	1,8 10 ⁻³ secondes
Plomb 211	β	36 minutes
Bismuth 211	α	2,2 minutes
Thallium 207	β	4,8 minutes
Plomb 207		Stable

Les radioéléments en gras dans les tableaux, indiquent qu'ils sont analysés en spectrométrie gamma

CHAINE RADIOACTIVE

Famille du Thorium 232

Radioéléments	Mode de désintégration	Période de radioactivité
Thorium 232	α	$1,4 \cdot 10^{10}$ ans
Radium 228	β	5,8 ans
Actinium 228	β	6,1 heures
Thorium 228	α	1,9 an
Radium 224	α	3,7 jours
Radon 220	α	55,6 secondes
Polonium 216	α	0,15 secondes
Plomb 212	β	10,6 heures
Bismuth 212	$\alpha \quad \beta$	1 heure
Thallium 208	β	3 minutes
Polonium 212	α	$3 \cdot 10^{-7}$ secondes
Plomb 208		Stable

Les radioéléments en gras dans les tableaux, indiquent qu'ils sont analysés en spectrométrie gamma

ANNEXE 6

RESULTATS DES ANALYSES EN SPECTROMETRIE GAMMA SUR PLANTES AQUATIQUES DU RHONE

Plantes aquatiques du Rhône

RESULTATS DES ANALYSES EN SPECTROMETRIE GAMMA EFFECTUEES PAR LE LABORATOIRE DE LA CRII-RAD

Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Bq/kg sec)														
NATURE	Aval "Les Roches"					Amont CNPE					Aval CNPE			
	Potamoctincté S1	Potamoctincté S2	Potamoctincté S3	Potamoctincté S4	Potamoctincté S5	Potamoctincté S6	Potamoctincté S7	Potamoctincté S8	Potamoctincté S9	Potamoctincté S10	Potamoctincté S11	Potamoctincté S12	Potamoctincté S13	Potamoctincté S14
Date de prélèvement	18/07/00 13:20	18/07/00 17:15	18/07/00 18:20	19/07/00 11:30	19/07/00 17:00	19/07/00 18:00	20/07/00 10:00	20/07/00 10:10	20/07/00 13:00	20/07/00 17:30				
Lieu de prélèvement	Rhône PK 4,5 RD	Rhône PK 16 RG	Rhône PK 19,5 RD	Rhône PK 24,5 RD	Rhône PK 37,5 RD	Rhône PK 45 RG	Rhône PK 47,5 RG	Rhône PK 49 RG	Rhône PK 50,5 RG	Rhône PK 69,5 RG				
N° d'analyse	1907/00	1907/00	1907/00	2107/00	2207/00	2207/00	2207/00	2207/00	2207/00	2107/00				
Date d'analyse	26.07.02	26.07.02	26.07.02	26.07.02	26.07.02	26.07.02	26.07.02	26.07.02	26.07.02	26.07.02				
Temps de comptage (s)	406,49	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45				
Geométrie	406,49	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45				
Masse analysée (g)	406,49	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45	338,45				
Taux de matières sèches (%)	10,6%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%				

Radioactivité naturelle														
Chaîne de l' Uranium 238														
Thorium 234 ⁽¹⁾	< 60	< 43	< 28	< 60	< 56	< 40	< 50	< 55	< 30	< 36				
Plomb 214	< 13	< 12	< 8	< 13	< 19	< 8	< 11	< 20	< 12	< 8				
Bismuth 214	< 13	< 11	< 12	< 19	< 25	< 12	< 23	< 20	< 17	< 14				
Plomb 210 ⁽¹⁾	< 130	< 120	< 53	< 100	< 140	< 100	< 150	< 71	< 61	< 75				
Uranium 235														
Actinium 228	40 ± 21	< 24	< 20	57 ± 23	38 ± 20	40 ± 14	< 30	24 ± 15	27 ± 11	28 ± 12				
Plomb 212	22 ± 9	17 ± 7	24 ± 6	28 ± 10	27 ± 10	21 ± 6	18 ± 8	18 ± 6	17 ± 5	19 ± 6				
Thallium 208	13 ± 6	6 ± 3	7 ± 3	11 ± 6	8 ± 8	9 ± 4	12 ± 5	8 ± 4	6 ± 3	6 ± 3				
Potassium 40	< 1200	< 800	< 600	< 1000	< 1300	< 900	< 900	< 1200	< 600	< 700				
Beryllium 7	74 ± 36	< 38	31 ± 17	82 ± 39	< 23	34 ± 20	< 18	20 ± 19	< 12	39 ± 21				

Radioactivité artificielle														
Césium 137	< 3,5	< 2,2	< 1,5	< 3,3	< 3,1	< 1,8	< 2,6	7,6 ± 3,4	1,9 ± 1,9	6,0 ± 3,1				
Césium 134	< 2,6	< 1,8	< 1,1	< 2,7	< 2,5	< 1,5	< 2,0	4,1 ± 2,6	< 1,3	< 1,5				
Cobalt 58	< 3,1	< 1,9	< 1,1	< 2,8	< 2,7	< 1,6	< 2,2	< 1,9	< 1,4	< 1,5				
Cobalt 60	< 3,2	< 1,8	< 1,0	< 2,8	< 2,7	< 2,5	< 2,2	< 2,0	< 1,2	< 1,5				
Manganèse 54	< 2,8	< 2,0	< 1,4	< 2,4	< 2,7	< 1,6	< 2,2	< 2,0	< 1,3	< 1,6				
Antimoine 125	< 7,2	< 5,2	< 3,1	< 7,3	< 7,2	< 4,4	< 6,0	< 5,2	< 3,7	< 4,4				
Iode 131	11,1 ± 4,7	65,7 ± 11,1	38,6 ± 6,5	52,4 ± 11,5	85,5 ± 15,7	38,9 ± 9,8	37,0 ± 8,4	50,6 ± 9,1	39,1 ± 7,3	37,8 ± 6,9				
Césium 144	< 16,7	< 12,2	< 7,3	< 17,7	< 15,7	< 9,6	< 13,0	< 11,0	< 8,0	< 9,8				
Argent 110m	< 2,7	< 1,8	< 1,2	< 2,8	< 2,7	< 1,5	< 2,1	< 1,8	< 1,3	< 1,6				
Amercium 241 ⁽¹⁾	< 4,4	< 3,3	< 2,1	< 4,8	< 4,4	< 2,5	< 3,6	< 3,1	< 2,3	< 2,7				
Iode 129 ⁽¹⁾	< 7,3	< 3,7	< 2,2	< 5,0	< 4,9	< 2,8	< 3,9	< 3,8	< 2,4	< 2,8				
Ruthénium 106	< 26,2	< 16,6	< 11,0	< 23,8	< 24,8	< 13,4	< 21,7	< 17,2	< 12,0	< 14,2				
Iode 129 ⁽²⁾	< 2,9	< 2,0	< 1,3	< 3,0	< 2,9	< 1,6	< 2,3	< 2,3	< 1,4	< 1,7				
Thallium 201 ⁽³⁾	< 3,0	< 2,2	< 1,6	< 4,4	< 4,6	< 3,1	< 4,0	< 3,5	< 2,7	< 1,9				
Technétium 99m ⁽³⁾	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND	< ND				
Iodine 111 ⁽⁴⁾	< 2,9	< 2,0	< 1,4	< 3,8	< 4,2	< 2,8	< 3,6	< 3,5	< 2,6	< 1,7				
Chrome 51	< 21,4	< 15,0	< 9,7	< 24,8	< 21,9	< 12,9	< 17,4	< 15,4	< 11,6	< 12,7				
Fer 59	< 5,6	< 3,4	< 2,2	< 5,2	< 4,9	< 3,0	< 3,9	< 4,0	< 2,5	< 2,6				

Légende :

± : marge d'incertitude

< : seuil de détection

(1) : S'agissant de raies gamma à basse énergie (<100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

(2) : L'activité de l'Iode 125 est calculée à partir de la raie à 27,4 keV.

(3) : L'activité du Thallium 201 est calculée à partir du couple de raies à 68,8 et 70,8 keV.

(4) : L'activité de l'Iodine 111 est calculée à partir de la raie à 245,4 keV.

(5) : Un comptage court de l'ordre de 2000 secondes a été effectué afin de détecter le Tc 99m. Il n'a jamais été mis en évidence.

ANNEXE 7

SITE CHIMIQUE DES ROCHES DE CONDRIEU

LOCALISATION DU POINT DE REJET DES EFFLUENTS

LIQUIDES ET DE L'APPONTEMENT



ANNEXE 8
BILAN DES DEPISTAGES SEMI-QUANTITATIFS
DES METAUX EN mg/kg
PLANTES DU RHONE / CAMPAGNE CRIIRAD 2000
ANALYSES EFFECTUEES PAR LE LDA 26

ANNEXE 8 : BILAN DES DEPISTAGES SEMI-QUANTITATIFS DES METAUX EN mg/kg
PLANTES DU RHÔNE / CAMPAGNE CRIIRAD 2000
ANALYSES EFFECTUEES PAR LE LDA 26

Eléments	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	Moyenne des valeurs	Ecart type (sigma)	Sigma en %	moyenne des valeurs + 1 sigma	Valeur max	Valeur min hors 0	Max/Min (hors 0)
K	5 050	5 600	4 900	5 700	4 600	5 200	5 300	4 600	3 900	4 000	4 885,0	582,26	11,9	5 467	5 700	3900	1,5
Ca	2 800	4 300	2 050	3 500	2 500	2 300	2 600	8 200	4 600	4 500	3 735,0	1738,68	46,6	5 474	8 200	2050	4,0
Na	2 400	1 100	2 450	1 300	1 300	1 500	1 800	1 400	1 600	30	1 488,0	649,77	43,7	2 138	2 450	30	81,7
Mg	880	1 550	660	1 200	1 200	980	1 200	1 300	1 300	1 200	1 147,0	235,97	20,6	1 383	1 550	660	2,3
P	930	1 300	640	920	800	780	880	840	1 200	980	927,0	186,12	20,1	1 113	1 300	640	2,0
Fe	490	330	290	260	220	280	210	415	420	460	337,5	96,31	28,5	434	490	210	2,3
Mn	280	190	325	280	210	230	320	190	220	150	239,5	55,97	23,4	295	325	150	2,2
Al	250	155	145	110	90	110	100	190	190	270	161,0	59,78	37,1	221	270	90	3,0
B	23	115	15,5	100	99	82	85	110	99	90	81,9	32,79	40,1	115	115	15,5	7,4
Zn	9	20	11	22	15	20	18	39	53	38	24,5	13,44	54,9	38	53	9	5,9
Sr	8	12,5	8	10	9	9	9	16	12	12	10,6	2,41	22,9	13	16	8	2,0
Ti	7	4,5	4	4	4	5	4	6	8	8	5,5	1,59	29,1	7	8	4	2,0
Ba	4	4	4,5	4	4	5	5	5	5	5	4,6	0,47	10,4	5	5	4	1,3
Cu	2	2	2	2	2	2	2	7	8	5	3,4	2,24	66,0	6	8	2	4,0
Ni	2	2,5	2	4	3	2	4	2,5	4	4	3,0	0,87	28,9	4	4	2	2,0
Au	2,5	2	3	3	2	1	3	2	1	1	2,1	0,79	38,5	3	3	1	3,0

\\Spectro gamma\saint alban\plantes tableau modifié pour rapport.xlsPlantes-Toutes

Valeurs supérieures ou égales à la somme de la moyenne des valeurs significatives + 1 sigma des valeurs significatives

ANNEXE 9

BILAN DES DEPISTAGES SEMI-QUANTITATIFS DES METAUX

SEDIMENTS DU RHONE / CAMPAGNE CRIIRAD 2000

ANALYSES EFFECTUEES PAR LE LDA

ANNEXE 9 : BILAN DES DEPISTAGES SEMI-QUANTITATIFS DES METAUX
SEDIMENTS DU RHÔNE / CAMPAGNE CRIIRAD 2000
ANALYSES EFFECTUEES PAR LE LDA 26

Eléments	Unité	S1	S2	S3 bis	S4	S5	S6	S8	S9	S10	Moyenne des valeurs	Ecart type (sigma)	Sigma en %	moyenne des valeurs + 1 sigma des valeurs	Valeur max	Valeur min hors 0	Max/Min (hors 0)	Terre 24/08/00 A2
Ca	g/kg	101.0	123.0	101.0	100.0	113.0	116.0	102.0	99.3	66.8	102.3	15.2	14.9	117.5	123.0	65.8	1.9	179.0
Al	g/kg	55.9	45.7	49.8	55.9	51.6	45.5	50.9	46.3	48.0	50.2	3.6	7.2	53.8	55.9	45.5	1.2	3.0
Fe	g/kg	29.6	24.2	24.8	27.4	27.0	23.7	24.9	24.2	21.5	25.3	2.3	8.9	27.5	29.6	21.5	1.4	2.3
K	g/kg	23.1	19.3	21.6	23.3	22.6	17.7	20.3	18.8	17.0	20.4	2.2	10.9	22.6	23.3	17.0	1.4	2.5
Na	g/kg	9.9	10.8	14.3	11.4	12.1	9.5	10.6	9.7	12.7	11.2	1.5	13.2	12.7	14.3	9.5	1.5	3.2
Mg	g/kg	9.1	9.9	8.6	10.1	10.6	8.5	9.5	8.5	6.8	9.1	1.1	11.9	10.1	10.6	6.8	1.6	2.0
S	mg/kg	3 050.0	1 580.0	2 540.0	1 540.0	2 110.0	3 160.0	1 470.0	3 770.0	869.0	2 230.9	905.4	40.6	3 136.3	3 770.0	868.0	4.4	3 050.0
Ti	mg/kg	1 670.0	1 380.0	1 490.0	1 640.0	1 530.0	1 500.0	1 630.0	1 610.0	1 650.0	1 566.7	91.5	5.8	1 658.2	1 670.0	1 380.0	1.2	452.0
P	mg/kg	801.0	1 010.0	975.0	1 130.0	1 090.0	5 140.0	1 230.0	862.0	866.0	1 454.9	1 309.6	90.0	2 764.5	5 140.0	801.0	6.4	108 000.0
Mn	mg/kg	475.0	610.0	488.0	591.0	671.0	659.0	573.0	388.0	477.0	549.1	88.3	16.1	637.4	671.0	388.0	1.7	58.8
Ba	mg/kg	291.0	273.0	340.0	340.0	328.0	392.0	296.0	278.0	286.0	314.0	36.7	11.7	360.7	392.0	273.0	1.4	196.0
Sr	mg/kg	217.0	255.0	231.0	231.0	275.0	365.0	242.0	217.0	176.0	244.3	46.2	19.2	291.3	355.0	176.0	2.0	996.0
Zn	mg/kg	163.0	151.0	155.0	164.0	241.0	311.0	173.0	160.0	109.0	180.8	56.2	31.1	236.9	311.0	109.0	2.9	280.0
Li	mg/kg	177.0	73.0	68.0	159.0	137.0	136.0	150.0	145.0	110.0	126.6	35.4	27.5	163.9	177.0	68.0	2.6	10.8
Cr	mg/kg	76.0	67.0	64.0	69.0	93.0	175.0	70.0	67.7	60.5	82.5	33.9	41.1	116.4	175.0	60.5	2.9	67.0
B	mg/kg	79.0	59.0	65.5	75.0	81.9	69.3	68.0	69.6	66.6	70.4	6.7	9.5	77.1	81.9	59.0	1.4	13.9
V	mg/kg	69.0	60.0	59.4	67.0	57.2	92.8	64.8	58.5	57.2	65.1	10.6	16.3	75.7	92.8	57.2	1.6	52.9
Cu	mg/kg	51.5	55.6	52.4	50.0	86.7	84.9	63.0	57.5	34.4	59.6	15.8	26.6	75.4	86.7	34.4	2.5	37.0
Pb	mg/kg	51.6	44.0	43.0	42.0	76.7	120.0	41.0	42.9	31.5	54.7	25.9	47.3	80.6	120.0	31.5	3.8	12.0
Ce	mg/kg	13.0	37.0	44.0	42.0	35.5	147.0	52.0	44.3	51.0	51.8	36.4	68.4	87.1	147.0	13.0	11.3	15.8
Ni	mg/kg	34.0	37.0	37.0	37.0	46.1	43.4	32.0	35.8	30.3	37.0	4.8	12.9	41.7	46.1	30.3	1.5	36.2
Zr	mg/kg	42.0	26.0	36.0	31.0	26.8	43.0	32.7	35.0	30.6	33.9	5.4	15.9	39.3	43.0	26.8	1.6	1.9
Y	mg/kg	21.0	17.0	19.0	19.5	22.5	83.0	21.9	20.7	18.3	27.0	19.9	73.6	46.9	83.0	17.0	4.9	1.2
La	mg/kg	21.8	16.0	19.2	18.7	18.5	72.5	20.0	20.5	21.6	25.4	16.7	65.8	42.1	72.5	16.0	4.5	8.5
Nd	mg/kg	15.0	15.0	16.0	13.0	14.2	88.0	18.0	18.6	21.0	24.3	22.6	93.1	46.9	88.0	13.0	6.8	14.1
Th	mg/kg	26.0	20.0	21.6	24.0	23.9	23.7	24.7	21.8	23.1	23.2	1.7	7.4	24.9	26.0	20.0	1.3	3.4
As	mg/kg	17.0	13.0	15.0	14.5	17.6	19.0	14.0	14.8	10.0	15.0	2.5	16.8	17.5	19.0	10.0	1.9	6.7
Ga	mg/kg	16.0	13.0	12.7	15.0	14.0	13.5	15.6	15.1	13.4	14.3	1.1	7.9	15.4	16.0	12.7	1.3	0.0
Nb	mg/kg	16.0	13.0	12.7	15.0	13.6	16.5	13.5	14.8	12.7	14.2	1.3	9.5	16.5	16.5	12.7	1.3	11.3
Sn	mg/kg	7.0	10.4	9.4	9.4	8.0	10.5	22.0	15.9	17.6	12.2	4.8	39.0	22.0	22.0	7.0	3.1	7.4
Co	mg/kg	11.0	9.3	9.3	11.0	10.5	10.0	10.0	11.0	10.0	10.2	0.6	6.3	10.9	11.0	9.3	1.2	1.9
Gd	mg/kg	7.0	6.0	6.5	6.8	6.5	15.9	7.0	7.1	6.7	7.7	2.9	37.7	10.6	15.9	6.0	2.7	0.0
Cd	mg/kg	1.0	1.0	1.0	1.0	2.7	11.0	1.0	1.0	1.0	2.3	3.1	135.7	5.4	11.0	1.0	11.0	17.8
Mo	mg/kg	2.0	1.0	3.0	1.5	2.0	2.5	2.0	2.7	2.7	2.2	0.6	27.9	2.8	3.0	1.0	3.0	4.8
Be	mg/kg	1.7	1.0	1.4	2.0	1.5	1.9	1.5	1.5	1.3	1.5	0.3	16.7	1.8	2.0	1.0	2.0	0.0

\\Spectro gammastair alban\\sediments tableau modifié pour rapport.xls\\Sédim-Tous

Valeurs supérieures ou égales à la somme de la moyenne significative + 1 sigma des valeurs significatives

Valeurs supérieures aux autres prélèvements