

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

DEPARTEMENT DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES INSTALLATIONS
SERVICE D'ETUDES ET DE RECHERCHES SUR LES TRANSFERTS DANS L'ENVIRONNEMENT
LABORATOIRE DE RADIOECOLOGIE CONTINENTALE

SYNTHESE DES CONNAISSANCES
SUR LA RADIOECOLOGIE DU RHONE

Rapport effectué à la demande de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

par

A. Lambrechts, L. Foulquier, M. Pally

Décembre 1992



Centre de Cadarache
13108 Saint Paul-lez-Durance Cedex

G12744

CHAPITRE 1

1 RAPPELS DES NOTIONS DE BASE	3
1.1 Qu'est-ce que la radioactivité ?	3
1.2 Définition de la période :	4
1.2.1 Période physique :	4
1.2.2 Période biologique :	4
1.2.3 Période effective :	4
1.3 Caractéristiques des rayonnements ionisants:	5
1.3.1 Rayonnement γ :	5
1.3.2 Rayonnement β :	5
1.3.3 Rayonnement α :	5
1.4 Radioactivité d'une famille de radionucléides	6
1.5 Effets biologiques d'un rayonnement :	6
1.5.1 Phénomènes physico-chimiques élémentaires :	6
1.5.2 Phénomènes cellulaires :	6
1.5.3 Conséquences pathologiques	8
1.6 Mode d'exposition de l'organisme	8
1.7 Notion de dose absorbée et d'équivalent de dose	8
1.8 Normes alimentaires.	9
1.9 Caractéristiques des principaux radionucléides et rappel des unités.	11

CHAPITRE 2

2 ORIGINE DES RADIONUCLEIDES DANS LE RHONE	16
2.1 Radioactivité naturelle	16
2.2 Retombées des tirs atmosphériques	16
2.3 Retombées de l'accident de Tchernobyl	18
2.4 Effluents des installations nucléaires	18
2.4.1 Rappel sur le cycle du combustible nucléaire	18
2.4.1.1 Les déchets radioactifs	18
2.4.1.2 les effluents radioactifs	19
2.4.2 Les centrales nucléaires.	19
2.4.2.1 Creys-Malville.	20
2.4.2.2 Bugey.	20
2.4.2.3 Saint Alban-Saint Maurice l'Exil.	22
2.4.2.4 Cruas-Meysses.	23
2.4.2.5 Tricastin.	24
2.4.2.6 Effluents gazeux des centrales	24
2.4.3 Usines du cycle du combustible.	25
2.4.3.1 Usine de Romans.	25
2.4.3.2 Usine FBFC de Pierrelatte.	25
2.4.3.3 Usine Comurhex de Pierrelatte.	25
2.4.3.4 Usine COGEMA de Pierrelatte.	25
2.4.3.5 Usine Eurodif de Pierrelatte.	26
2.4.3.6 Usine de retraitement du combustible irradié de Marcoule	26

CHAPITRE 3

3 METHODOLOGIE DE PRELEVEMENT, DE PREPARATION ET DE MESURE DES ECHANTILLONS	29
3.1 Définition des zones et des stations de prélèvement	29
3.2 Prélèvement et conditionnement des échantillons.	32
3.2.1 Prélèvements d'eau	32
3.2.2 Prélèvements de sédiments	32
3.2.3 Prélèvement de végétaux	32
3.2.4 Prélèvements de poissons	34
3.2.5 Les prélèvements de dreissènes	35
3.3 Préparation des échantillons	36
3.3.1 Echantillons d'eau	36
3.3.2 Echantillons de sédiments	36
3.3.3 Echantillons de végétaux	37
3.3.4 Echantillons de poissons	37
3.4 Techniques d'analyses.	37
3.4.1 Dosage des éléments stables.	37
3.4.2 Granulométrie et minéralogie.	38
3.4.3 Analyses radioactives.	38
3.4.3.1 Méthodes non destructives.	38
3.4.3.1.1 α total et β total.	38
3.4.3.1.2 Spectrométrie γ Ge.	38
3.4.3.2 Méthodes destructives radiochimiques.	39
3.4.3.2.1 tritium	39
3.4.3.2.2 strontium 90	39
3.4.3.2.3 Uranium	39
3.4.3.2.4 Radium	39
3.4.3.2.5 Spectrométrie α	39
3.4.4 Estimation des quantités nécessaires à récolter	39
3.5 Stockage des informations, informatisation des données	41

CHAPITRE 4

4 PRESENTATION DES DONNEES CONCERNANT LA RADIOACTIVITE DES COMPARTIMENTS DE L'ECOSYSTEME RHODANIEN	42
4.1 Radioactivité de l'eau.	42
4.1.1 Radioactivité γ de l'eau du Rhône.	42
4.1.1.1 Radioactivité naturelle γ de l'eau du Rhône.	42
4.1.1.2 La radioactivité artificielle γ de l'eau du Rhône.	44
4.1.1.2.1 De l'embouchure du lac Léman à Creys-Malville.	44
4.1.1.2.2 De Creys-Malville à Marcoule.	44
4.1.1.2.3 De Marcoule à l'embouchure du Rhône.	44
4.1.2 La radioactivité alpha de l' eau du Rhône.	46
4.1.3 La radioactivité β du tritium dans les eaux.	46
4.1.4 La radioactivité β du strontium dans les eaux.	46
4.2 Radioactivité des sédiments.	47
4.2.1 Granulométrie des sédiments du Rhône.	47
4.2.2 Radioactivité γ des sédiments du Rhône.	47
4.2.2.1 Radioactivité naturelle γ des sédiments du Rhône	47
4.2.2.2 Radioactivité artificielle γ des sédiments.	49
4.2.2.2.1 De l'embouchure du lac Léman à Creys-Malville.	49
4.2.2.2.2 De Creys-Malville à Bugey.	49
4.2.2.2.3 De Bugey à St Alban.	49
4.2.2.2.4 De St Alban à Cruas.	49
4.2.2.2.5 De Cruas à Tricastin.	50
4.2.2.2.6 De Tricastin à Marcoule.	50
4.2.2.2.7 De Marcoule à l'embouchure du Rhône.	50
4.2.2.3 Radioactivité α des sédiments.	51
4.2.2.4 Radioactivité β du tritium des sédiments.	51
4.2.2.5 Radioactivité β du ^{90}Sr dans les sédiments.	52
4.2.3 Conclusion.	52
4.3 Radioactivité des poissons.	53
4.3.1 Radioactivité γ des poissons.	53
4.3.1.1 Radioactivité γ naturelle des poissons.	53
4.3.1.2 Radioactivité γ artificielle des poissons.	53
4.3.1.2.1 Lac Léman.	54
4.3.1.2.2 Du Lac Léman à Creys-Malville.	54
4.3.1.2.3 De Creys-Malville à Bugey.	54
4.3.1.2.4 De Bugey à St Alban-St Maurice l'exil.	54
4.3.1.2.5 De Saint Alban à Cruas.	55
4.3.1.2.6 De Cruas à Tricastin.	55
4.3.1.2.7 De Tricastin à Marcoule.	55
4.3.1.2.8 De Marcoule à Arles.	55
4.3.1.2.9 Le delta de Camargue.	55
4.3.2 Radioactivité β du tritium associé à la matière organique des poissons	55
4.3.3 Radioactivité β du ^{90}Sr dans les poissons.	56
4.3.4 Radioactivité α dans les poissons.	56
4.4 Radioactivité des végétaux aquatiques.	57
4.4.1 Radioactivité γ des végétaux	57
4.4.1.1 La radioactivité γ naturelle des végétaux	57
4.4.1.2 La radioactivité γ artificielle des végétaux du Rhône.	58
4.4.1.2.1 Creys Malville	59
4.4.1.2.2 Bugey	59
4.4.1.2.3 Saint Alban	60
4.4.1.2.4 Cruas	60
4.4.1.2.5 Tricastin	61
4.4.1.2.6 Marcoule	61
4.4.2 Radioactivité β du tritium lié à la matière organique des végétaux aquatiques.	61
4.4.3 Radioactivité β du ^{90}Sr des végétaux aquatiques.	62
4.4.4 Radioactivité α des végétaux aquatiques	62
4.4.5 Conclusion	62

CHAPITRE 5

5 BILAN SYNTHETIQUE DE LA RADIOACTIVITE DU RHONE	63
5.1 Impact des différents termes sources sur l'écosystème rhodanien.	63
5.1.1 Radioactivité naturelle.	63
5.1.2 Impact des retombées atmosphériques des essais nucléaires.	63
5.1.3 Impact des effluents liquides des centrales nucléaires.	65
5.1.3.1 Impact sur l'eau.	65
5.1.3.2 Impact sur le sédiment.	65
5.1.3.3 Impact sur les poissons.	66
5.1.3.4 Impact sur les végétaux aquatiques.	66
5.1.3.5 Conclusion.	67
5.1.4 Impact des effluents de l'usine de Marcoule.	67
5.1.4.1 Impact sur l'eau.	67
5.1.4.2 Impact sur les sédiments.	67
5.1.4.3 Impact sur les poissons.	68
5.1.4.4 Impact sur les végétaux.	69
5.1.4.5 Conclusion.	70
5.1.5 Impact de l'accident de Tchernobyl.	70
5.1.5.1 Mesures effectuées en mai 1986.	70
5.1.5.2 Mesures effectuées après mai 1986.	72
5.2 Influence de divers paramètres sur la radioactivité des compartiments du fleuve.	75
5.2.1 Influence du temps.	75
5.2.2 Influence de la distance à la source.	77
5.2.2.1 Cas des poissons prélevés en aval du Bugey.	77
5.2.2.2 Cas des sédiments et des végétaux en aval de Marcoule.	77
5.2.3 Influence des espèces ou des niveaux trophiques.	81
5.2.3.1 Exemple des poissons prélevés en aval du Bugey de 1977 à 1986.	81
5.2.3.2 Exemple des espèces de végétaux.	85
5.3 Etat radioécologique du Rhône.	87
5.3.1 Carte de la radioactivité des sédiments du Rhône.	87
5.3.2 Carte de la radioactivité artificielle des poissons du Rhône.	89
5.3.3 Carte de la radioactivité artificielle des phanérogames immergées du Rhône.	91
5.3.4 Carte de la radioactivité artificielle des bryophytes du Rhône.	93
5.4 Comparaison de l'état radioécologique du Rhône avec celui d'autres fleuves français.	95
5.4.1 Radioactivité des émetteurs gamma naturels	95
5.4.2 Radioactivité des émetteurs gamma artificiels	96