



Faire avancer la sûreté nucléaire

Constat radiologique régional

Objectifs et méthode - Application au quart Nord-Est de la France

DEI/SESURE/2011-11

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
L'INTERVENTION

Service d'étude et de surveillance de la radioactivité dans
l'environnement

Demandeur	PLMT
N° action/Processus de rattachement	3.1.1.2 / R3

Constat radiologique régional Objectifs et méthode - Application au quart Nord-Est de la France

David CLAVAL

Laboratoire d'études radioécologiques en milieux continental et marin

DEI/SESURE/2011-11

	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur	Chef du SESURE	Directeur de la DEI	Directeur Général de l'IRSN *
Noms	D. CLAVAL	P. RENAUD	J-M. PERES	D. CHAMPION	J. REPUSSARD
Dates	05/05/11	5/05/2011	5/7/2011	13/07/2011	22/07/11
Signatures					

DIFFUSION : Libre Interne Limitée

p. o. Michel BRIERE
Directeur général adjoint

LISTE DES PARTICIPANTS

Sylvie ROUSSEL-DEBET	IRSN/DEI/SESURE/LERCM	Relecture
Laurent POURCELOT	IRSN/DEI/SESURE/LERCM	Sélection des radionucléides et indicateurs à proximité du site de Valduc.
Franck GINER	ONECTRA	Organisation des campagnes de prélèvements.

SOMMAIRE

1 CONTEXTE	7
2 CONCEPTS GENERAUX ET METHODE D'ETUDE	7
3 MISE EN APPLICATION DE CETTE METHODE AU QUART NORD-EST DE LA FRANCE	10
3.1 CADRAGE DE L'ETUDE	10
3.1.1 Zones et installations concernées	10
3.1.1.1 Étendue géographique de l'étude	10
3.1.1.2 Contexte nucléaire	10
3.2 CALENDRIER ET AVANCEMENT	12
3.3 PLAN DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES ENVISAGE	13
3.3.1 Radionucléides recherchés.....	14
3.3.1.1 C.N.P.E.	14
3.3.1.2 Centre de Valduc	15
3.3.1.3 Médecine nucléaire.....	15
3.3.1.4 Zone non influencé	15
3.3.2 État des données disponibles et en cours d'acquisition.....	15
3.3.3 Choix et répartition des échantillons d'origine agricole	17
3.3.3.1 Sélection des denrées.....	17
3.3.3.2 Répartition géographique et pré-localisation des prélèvements de denrées	18
3.3.4 Choix et répartition des autres échantillons.....	19
3.3.4.1 Milieu atmosphérique	19
3.3.4.2 Milieu terrestre	19
3.3.4.3 Milieu aquatique	20
3.3.5 Prélèvements et analyses planifiés.....	22
4 CONCLUSION	24
5 ANNEXES	25
6 BIBLIOGRAPHIE	68

LISTE DES TABLEAUX

Pages

Tableau 1 - Prélèvements et analyses planifiés.....	23
Tableau 2 - Importance relative de la production (en volume) de chaque département par type de production.	26
Tableau 3 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de blé. ...	27
Tableau 4 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production d'orge. ...	29
Tableau 5 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de maïs...	31
Tableau 6 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de colza. .	33
Tableau 7 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de soja. ...	35
Tableau 8 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de betterave.	37
Tableau 9 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de mirabelles.....	43
Tableau 10 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées sur la production de quetsches.	44
Tableau 11 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de lait de vache.	47
Tableau 12 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de viande de bœuf.	49
Tableau 13 - Nombre d'IGP de volaille par département.	51
Tableau 14 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de fromage.	53

LISTE DES FIGURES

Pages

Figure 1 - Description générale de la méthode envisagée.	8
Figure 2 - Schéma des zones potentiellement influencées (ZI) ou non (ZNI) par les rejets d'une installation.	9
Figure 3 - Installations retenues.	11
Figure 4 - Délimitation des zones de rémanence retenues.	12
Figure 5. Schéma récapitulatif des gammes d'activité observées pour les principaux radionucléides dans quelques denrées de l'environnement français, en 2007-2008.	16
Figure 6 -Catégories de productions agricoles dominantes pour l'ensemble des départements du territoire étudié. .	18
Figure 7 -Production de blé tendre et données disponibles.	27
Figure 8 - Pré-localisation des prélèvements de blé tendre.	28
Figure 9 - Production d'orge et données disponibles.	29
Figure 10 - Pré-localisation des prélèvements d'orge.	30
Figure 11 - Production de maïs et données disponibles.	31
Figure 12 - Pré-localisation des prélèvements de maïs dans les départements les plus productifs.	32
Figure 13 - Production de colza.	33
Figure 14 - Pré-localisation des prélèvements de colza.	34
Figure 15 - Production de soja.	35
Figure 16 - Pré-localisation des prélèvements de soja.	36
Figure 17 - Production de betterave et données disponibles.	37
Figure 18 - Pré-localisation des prélèvements de betterave industrielle.	38
Figure 19 - Pré-localisation des prélèvements de choux à choucroute.	39
Figure 20 - Production de tabac.	40
Figure 21 - Production de houblon.	41
Figure 22 - Pré-localisation des prélèvements de houblon.	42
Figure 23 - Production de mirabelles et données disponibles.	43
Figure 24 - Production de quetsches et données disponibles.	44
Figure 25 - Production de raisin et données disponibles.	45
Figure 26 - Pré-localisation des prélèvements de raisin et vin.	46
Figure 27 - Production de lait et données disponibles.	47
Figure 28 - Pré-localisation des prélèvements de lait de vache.	48
Figure 29 - Production de viande bovine et données disponibles.	49
Figure 30 - Pré-localisation des prélèvements de viande de bœuf.	50
Figure 31 - Pré-localisation des prélèvements de volaille.	52
Figure 32 - Production de fromage et données disponibles.	53
Figure 33 - Pré-localisation des prélèvements de munster.	54
Figure 34 - Pré-localisation des prélèvements de miel.	55
Figure 35 - Pré-localisation des prélèvements de myrtilles.	56
Figure 36 - Pré-localisation des prélèvements de légume-feuille.	57
Figure 37 - Résultats d'analyse de tritium disponibles sur les feuilles de chêne.	58
Figure 38 - Pré-localisation des prélèvements de feuilles de chêne.	58
Figure 39 - Pré-localisation des prélèvements d'eau de nappe autour du site de Valduc.	59
Figure 40 - Installations médicales utilisant des radionucléides, résultats d' ¹³¹ I disponibles et analyses planifiées. ...	62

1 CONTEXTE

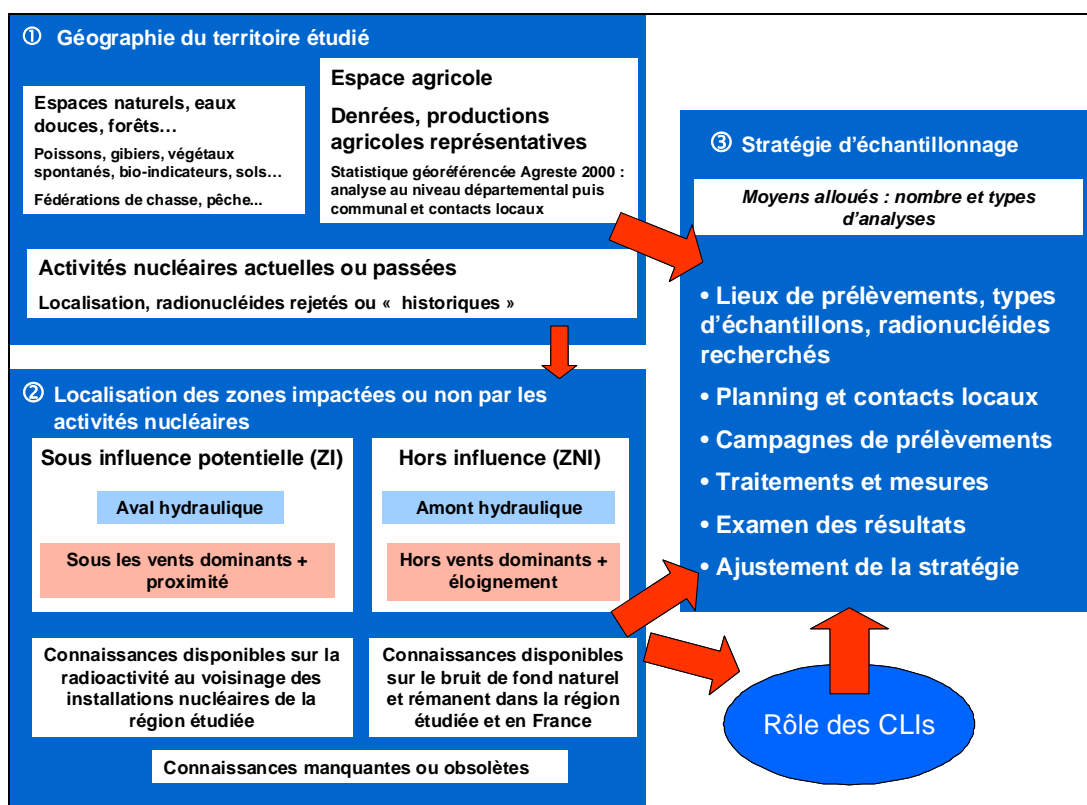
L'établissement de constats radiologiques régionaux fait désormais partie du dispositif mis en place par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) dans le cadre de sa mission de surveillance de la radioactivité de l'environnement. L'objectif est d'établir notamment des référentiels actualisés des niveaux de radioactivité dans certains compartiments de l'environnement, entre autres pour des catégories de denrées qui ne sont pas habituellement analysées. L'établissement de ces référentiels nécessite en premier lieu de synthétiser les connaissances disponibles, notamment sur les niveaux de radioactivité, puis de compléter ou d'actualiser ces données par un nombre approprié de prélèvements et d'analyses réalisés spécifiquement dans le cadre de ces constats. Le nombre de données supplémentaires à acquérir dépend du nombre et des caractéristiques des installations implantées sur la zone d'étude. Il ne s'agit pas de juxtaposer des « études de site », ni de réaliser un plan de prélèvement selon un maillage régulier et homogène du territoire mais de donner une image, plus ou moins détaillée localement, de la radioactivité qui s'y trouve. Ainsi, sur des zones sur lesquelles la contamination peut être considérée comme résultant du bruit de fond, le nombre d'analyses sera réduit. En effet, leur intérêt n'est que de vérifier des niveaux déjà connus et non susceptibles d'évoluer significativement ; de même, les environs des installations déjà bien caractérisés par d'autres études ne nécessiteront pas un grand nombre de prélèvements et analyses complémentaires. En revanche quelques zones feront l'objet d'investigations plus fines et plus nombreuses, eu égard à certains radionucléides rejetés ou à l'obsolescence des données disponibles.

Ce rapport présente dans une première partie les grandes lignes de la stratégie générale envisagée pour ces constats. La deuxième partie présente la déclinaison particulière de cette stratégie générale au quart Nord-Est de la France. La méthode de déclinaison locale exploitée ici est issue du retour d'expérience du constat prototype « Val de Loire » [1] mais surtout de la méthodologie développée pour le constat « Vallée du Rhône » en cours de réalisation [2].

2 CONCEPTS GENERAUX ET METHODE D'ETUDE

Même si une grande partie des résultats de mesures de radioactivité utilisés dans ce constat sont déjà en possession de l'IRSN, le travail se trouvera essentiellement dans la phase de collecte de résultats complémentaires ou actualisés. Aussi, est-il primordial d'optimiser la stratégie d'échantillonnage et d'analyse en fonction des moyens alloués.

La figure 1 est un synoptique de la méthode envisagée et comporte une phase de synthèse des données (volets ① et ②) permettant de définir la stratégie d'échantillonnage (③). L'importance de chacune de ces étapes doit évidemment être modulée en fonction des spécificités du territoire étudié.



Source : [2]

Figure 1 - Description générale de la méthode envisagée.

La partie ① sera destinée à répertorier les paramètres intéressant la radioécologie et comportera :

- la caractérisation des produits agricoles représentatifs du territoire, notamment à partir des données de la statistique agricole nationale (AGRESTE). Un examen à petite échelle des productions¹ territoriales majeures ou particulièrement significatives permettra de proposer un choix d'échantillons représentatifs pour déterminer le bruit de fond radiologique régional dans les produits. On utilisera notamment les statistiques agricoles, au niveau départemental, puis communal afin de présélectionner des produits et la localisation de leur zones de production la plus probable ;
- la localisation et l'identification d'espaces naturels où peuvent se trouver des bio-indicateurs, notamment pour y détecter des radionucléides spécifiques, ainsi que le recensement d'interlocuteurs potentiels susceptibles de fournir des échantillons (associations ou fédérations de pêche, de chasse, de mycologie...) ;
- l'identification des radionucléides émis (ou ayant été émis) par les installations prises en compte dans l'étude.

Le territoire de l'étude ② est partagé suivant trois zones théoriques :

- les zones potentiellement influencées (ZI) situées, pour le milieu terrestre, à moins de 4 km et sous les vents dominants de chacune des installations sélectionnées et pour le milieu aquatique à l'aval du dispositif de rejet des effluents liquides de celles-ci (figure 2) ;
- les zones non influencées (ZNI), en milieu terrestre situées à plus de 20 km des installations nucléaires majeures ; en milieu aquatique situées à l'amont des installations ;

¹ Le terme « productions » est ici utilisé dans un sens très large, incluant les produits de l'agriculture et les denrées et, le cas échéant, des productions aquacoles.

- au sein des zones non influencées, les zones de rémanence² (REM) retenues sont des zones où la persistance des dépôts issus des retombées des essais aériens d'armes nucléaires puis de l'accident de Tchernobyl est plus élevée que sur le reste du territoire.

Ces étapes (① et ②) comporteront une phase essentielle de collecte et d'analyse des informations les plus récentes sur la radioactivité environnementale du territoire étudié. Seront notamment utilisées les données acquises par l'IRSN dans le cadre de sa propre mission de surveillance ainsi que celles figurant dans les études régulièrement effectuées par l'IRSN au voisinage des sites nucléaires, ou lors d'études particulières, voire des résultats d'autres organismes, lorsqu'ils sont disponibles. Cette phase de collecte des données bénéficiera également des connaissances plus générales acquises par l'IRSN sur le bruit de fond naturel et rémanent en France, ainsi que sur le comportement des radionucléides dans l'environnement. Elle permettra de juger, a priori, du niveau de contamination des secteurs étudiés et de prévoir les prélèvements et analyses jugés les plus pertinents pour vérifier ou compléter ces données. En particulier les points qui témoignaient d'un marquage significatif dans le passé seront échantillonnés à nouveau pour connaître leur évolution récente, en sélectionnant les matrices (types d'échantillons) dans lesquelles les isotopes recherchés seront potentiellement les plus abondants.

Enfin, à partir de ces informations, sera établie une stratégie d'échantillonnage (③) qui tiendra compte des connaissances et lacunes identifiées et bénéficiera des échanges avec le public lors d'une rencontre avec les commissions locales d'information (CLI). La stratégie sera précisée par l'identification des types et lieux de prélèvements, l'établissement pratique du planning de prélèvement, incluant les contacts locaux. Ensuite seront effectués les campagnes de prélèvement, le traitement des échantillons et leur mesure.

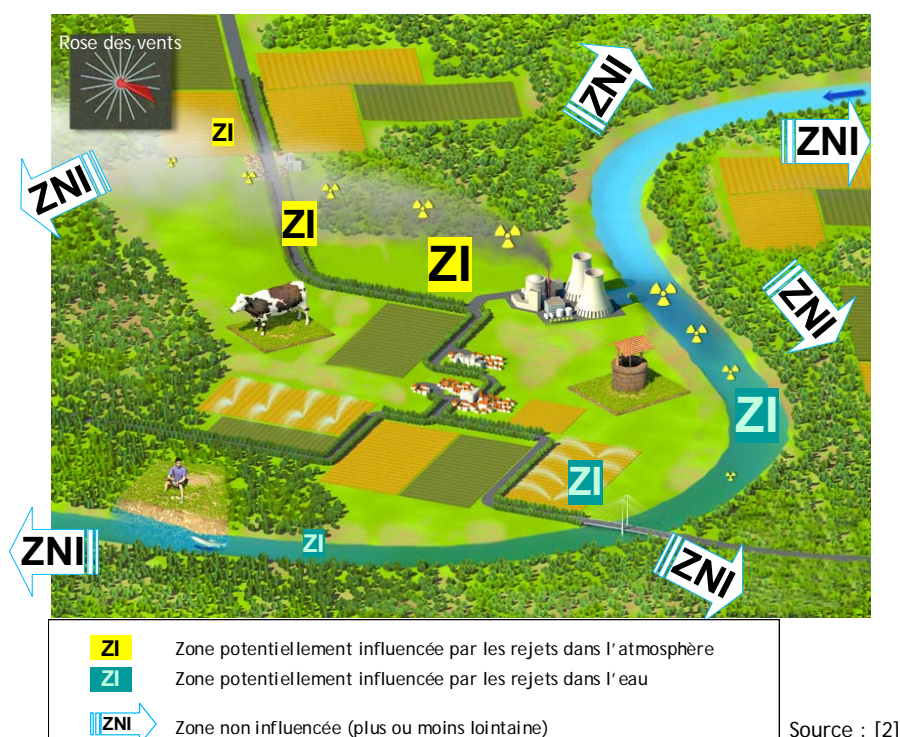


Figure 2 - Schéma des zones potentiellement influencées (ZI) ou non (ZNI) par les rejets d'une installation.

² Persistance d'un radionucléide qui reste mesurable dans l'environnement.

3 MISE EN APPLICATION DE CETTE METHODE AU QUART NORD-EST DE LA FRANCE

3.1 CADRAGE DE L'ETUDE

L'objectif est d'établir dans le quart Nord-Est de la France un état du niveau actuel de concentration des radionucléides dans différentes matrices des milieux atmosphérique, terrestre et aquatique, qui rende compte de la rémanence des retombées anciennes et des hétérogénéités imputables aux rejets actuels ou historiques des installations nucléaires. Ce bilan doit ainsi permettre de disposer d'un état de référence régional récent, utile en cas d'anomalie ou de retombées radioactives accidentelles futures.

3.1.1 ZONES ET INSTALLATIONS CONCERNEES

3.1.1.1 Étendue géographique de l'étude

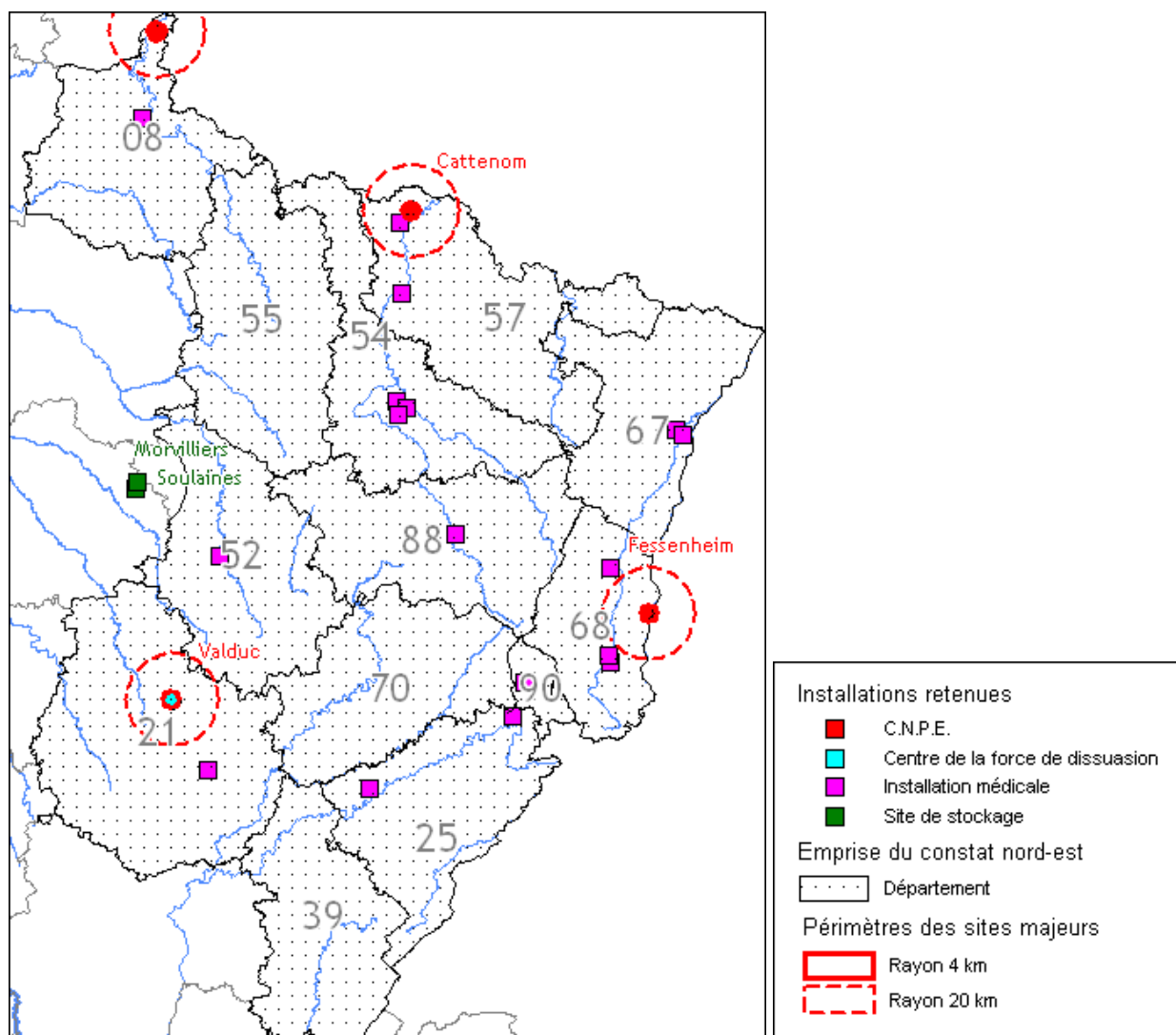
Le constat Nord-Est concerne les 13 départements suivants : Ardennes (08), Côte-d'Or (21), Doubs (25), Jura (39), Haute-Marne (52), Meurthe-et-Moselle (54), Meuse (55), Moselle (57), Bas-Rhin (67), Haut-Rhin (68), Haute-Saône (70), Vosges (88) et Territoire-de-Belfort (90).

3.1.1.2 Contexte nucléaire

3.1.1.2.1 Sites ou installations contenant des radionucléides

Dans le quart Nord-Est, se trouvent trois zones de prospections minières et trois centres nationaux de production d'électricité (C.N.P.E.) d'EDF. S'y ajoutent des établissements de la défense nationale, des établissements de recherche, des établissements médicaux ainsi que des sites supports, une décharge de déchets industriels spéciaux [3], des sites stockant des matériaux présentant une « radioactivité naturelle techniquement renforcée » (traitements de minerais d'étain, d'aluminium, de cuivre, de titane, de niobium, de bismuth et de thorium, traitement des eaux minérales et thermales, combustion de charbon et biomasse, etc.) [4] et des sites horlogers qui ont utilisé du tritium (^3H) et du radium (^{226}Ra).

Quatre sites nucléaires majeurs sont retenus pour cette étude, il s'agit de trois C.N.P.E. (Chooz (08), Cattenom (57) et Fessenheim (68)) ainsi que du centre du Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) de Valduc (21) (figure 3). Outre ces installations majeures, un intérêt particulier sera porté aux cours d'eau en aval des établissements de médecine nucléaire.



Source [3]

Figure 3 -Installations détenant des radionucléides retenues dans l'emprise de l'étude.

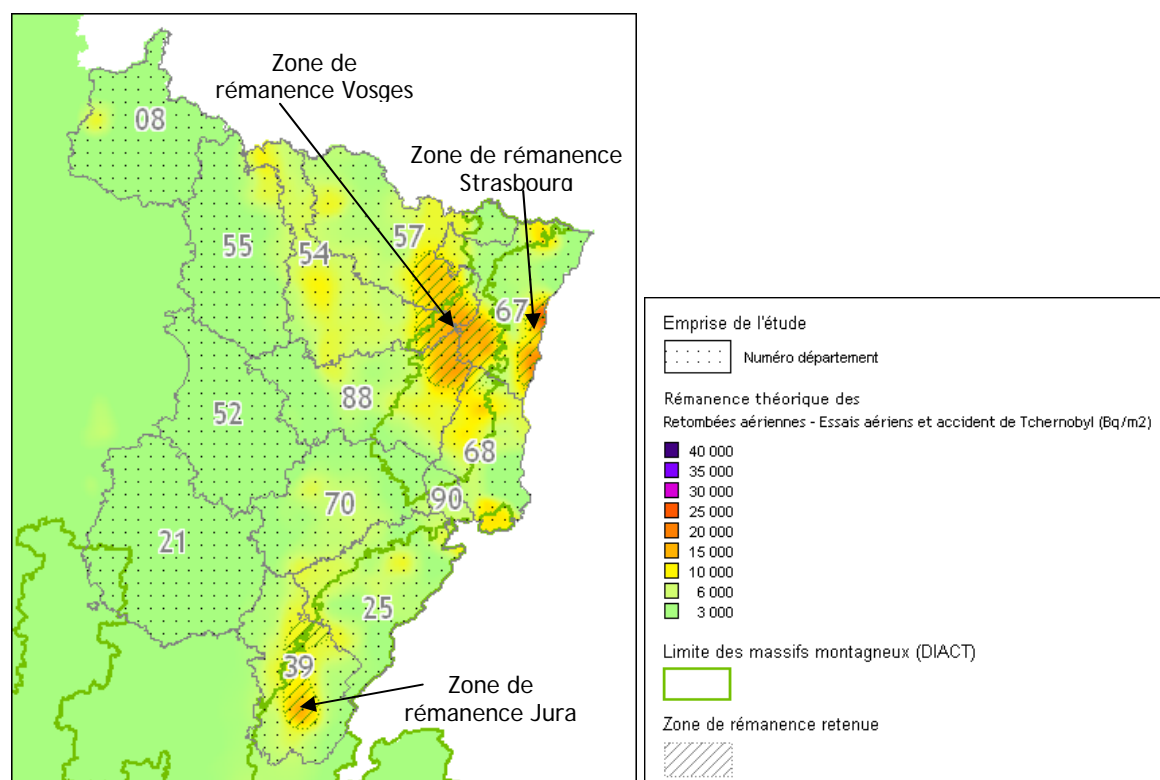
La localisation des quatre sites majeurs, leurs zones potentiellement influencées (théoriquement situées dans les 4 km autour de chaque site) et les 17 centres hospitaliers retenus est présentée dans la figure ci-dessus.

Le site du projet de centre de stockage réversible profond de l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) entre les départements de la Haute-Marne (52) et de la Meuse (55) ne contient pas de radionucléides, les résultats des états radioécologiques en cours seront cependant exploités dans le constat radiologique du quart nord-est de la France. Les sites de stockage de déchets de Soulaines et de Morvilliers de l'ANDRA sortent de l'emprise de ce constat. Les périmètres de 20 km qui les entoure chevauchent le département de la Haute-Marne (52) ; aussi cette surface, potentiellement influencée par les rejets gazeux de ces installations est-elle soustraite à l'emprise de ce constat.

3.1.1.2.2 Rémanences des retombées atmosphériques

Les essais atmosphériques d'armes nucléaires ainsi que l'accident de Tchernobyl ont introduit des radionucléides dans l'atmosphère. Certains de ces radionucléides sont encore mesurables aujourd'hui, parmi lesquels les isotopes 238, 239, 240 du plutonium (Pu), l'américium 241 (^{241}Am), le strontium 90 (^{90}Sr), le tritium (^3H), le carbone 14 (^{14}C) ainsi que le césium 137 (^{137}Cs).

Les dépôts de ces radionucléides ont été géographiquement hétérogènes en fonction de leur dispersion initiale et de conditions locales, en particulier la pluviométrie mais également le type de couverture végétale [5, 6]. Cette étude cherchera à synthétiser et si besoin compléter les données disponibles sur les zones où la rémanence de ces retombées est la plus forte. Le massif des Vosges ainsi que le sud-ouest du massif du Jura représentent les zones où les activités radioactives mesurables (en césium 137 essentiellement) seraient les plus élevées de la zone d'étude (figure 4). Une troisième zone, beaucoup plus restreinte persisterait à la frontière allemande au sud-est du département du Bas-Rhin.



Source : [5]

Figure 4 - Délimitation des zones de rémanence retenues de dépôts en césium 137 (Bq/m²).

3.1.1.2.3 Zones de prospection minières

Dans l'emprise de ce constat, aucune mine d'extraction d'uranium n'est recensée, cependant trois zones ont fait l'objet de prospection dans le département du Haut-Rhin (Kruth, Schaentzel et Teufelsloch, [7]). Les sites miniers français, dont ceux d'Alsace, font l'objet d'études par l'IRSN en parallèle de ce constat radiologique [8].

3.2 CALENDRIER ET AVANCEMENT

Le déroulement général de l'étude est le suivant :

- année 2010 : cadrage général et démarrage de l'étude ;
 - o identification des installations et des contextes radiologiques à intégrer au constat ;

- identification des radionucléides potentiellement émis et de ceux méritant une surveillance ;
- rassemblement des données disponibles dans l'emprise de l'étude pour déterminer des niveaux d'activités régionaux ;
- identification des résultats de mesure à compléter ou à actualiser ;
- pré-localisation des communes nécessitant des analyses radioactives complémentaires ;
- début de la campagne de prélèvements et de mesures.
- année 2011 : cœur de l'étude ;
 - mise en œuvre de la stratégie générale des constats régionaux, selon le contexte de la zone d'étude ;
 - communication au public et prise en compte des attentes des parties prenantes ;
 - poursuite de la campagne de prélèvements et de mesures.
- année 2012 : fin de l'acquisition des données
 - fin de la campagne prélèvements et de mesures;
- année 2013 : finalisation
 - rapport final ;
 - communication au public.

3.3 PLAN DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES ENVISAGE

Pour déterminer le plan préliminaire de prélèvement et d'analyse, il convient de sélectionner quels types d'échantillons il est envisagé de prélever et, pour chacun d'entre eux, quels radionucléides vont être recherchés. Ceci s'accompagne d'une pré-localisation grossière des lieux de prélèvement. Bien évidemment, ce plan préliminaire est amendé lors des prises de renseignements au niveau local puis lors des missions de terrain. En effet, en particulier lorsque l'on utilise des données statistiques (cas des productions agricoles), il n'est pas rare de constater l'obsolescence rapide de ces données, avec, par exemple, la disparition ou l'apparition d'un type de culture. En outre, les aléas pratiques sont nombreux. Par exemple, certains prélèvements, tels que les champignons, sont soumis aux conditions climatiques (la récolte peut être impossible ou compromise en raison d'une période de sécheresse ou de froid), certains lieux de prélèvement, idéalement placés « sur la carte » peuvent se révéler inaccessibles et enfin, l'obtention de certains échantillons dépend aussi de la plus ou moins bonne volonté des exploitants agricoles ou des associations de chasseurs ou de pêcheurs à collaborer avec les préleveurs. Par ailleurs, certains produits peuvent n'être disponibles que durant une courte période, ce qui implique parfois de substituer aux échantillons prévus d'autres échantillons, considérés comme aussi pertinents. De plus, lorsque les résultats des nouvelles mesures sont connus, il est parfois nécessaire de procéder à des investigations complémentaires.

Le plan de prélèvement va comporter des échantillons de plusieurs catégories, un même échantillon pouvant être rattaché à plusieurs catégories et comportera :

- des productions agricoles dominantes ou spécifiques au territoire considéré ;
- des échantillons (qui ne font pas forcément partie des productions agricoles dominantes) du même type que ceux prélevés systématiquement lors de la surveillance régulièrement réalisée par l'IRSN dans le cadre de sa mission (salade ou lait par exemple). Ils permettront une comparaison des niveaux de radioactivité du territoire étudié avec ceux d'autres régions françaises ;

- des matrices naturelles utilisées plus spécifiquement en radioécologie :
 - quelques produits végétaux ou animaux caractéristiques des écosystèmes naturels : gibiers, baies sauvages, etc. ;
 - des indicateurs spécifiques de certains radionucléides. Par exemple, pour le carbone 14 et le tritium, des échantillons de feuilles d'arbres suffisent à connaître l'activité des produits végétaux et animaux terrestres ; les transuraniens (plutonium, américium...) sont recherchés en priorité dans les sols ou les bryophytes (mousses), étant donné leur niveau d'activité très bas et leur faible propension à être transférés dans les végétaux et les animaux ; les poissons et certains végétaux aquatiques permettent, quant à eux, de caractériser l'état radiologique des cours d'eau.

Ce sont essentiellement sur les zones influencées ou de rémanence que des matrices à visée radioécologique seront prélevées. En effet, leur rôle n'est pas, comme pour les denrées, d'obtenir une estimation régionale des niveaux d'activité mais de mettre éventuellement en évidence un apport local de radionucléides inhabituels ou un renforcement du niveau de la radioactivité de l'environnement.

3.3.1 RADIONUCLEIDES RECHERCHES

3.3.1.1 C.N.P.E.

Les C.N.P.E. exploités par EDF génèrent une large variété de radionucléides. Ces produits radioactifs sont rejetés sous forme gazeuse ou liquide, en fonctionnement normal, dans le respect des limites réglementaires [9].

Majoritairement ce sont le tritium et le ^{14}C qui sont rejetés dans l'atmosphère par les C.N.P.E. Ils sont accompagnés de gaz rares, iodes et produits d'activation ou de fission tels que les cobalts 58 et 60 (^{58}Co et ^{60}Co) ou les césiums 134 ou 137 (^{134}Cs et ^{137}Cs) [10]. De la même manière, le ^3H et le ^{14}C sont majoritairement rejetés par voie liquide, associés à des produits d'activation tels que le ^{58}Co , le ^{60}Co , le nickel 63 (^{63}Ni), l'argent 110m ($^{110\text{m}}\text{Ag}$), le manganèse 54 (^{54}Mn) et l'antimoine 124 (^{124}Sb) ainsi que des produits de fission tels que le tellure 123m ($^{123\text{m}}\text{Te}$), l'iode 131 (^{131}I) et les césiums 134 et 137 [10].

Les opérations de démantèlement de Chooz A produisent des effluents liquides contenant des radionucléides artificiels [9] (tritium et produits d'activation : ^{63}Ni , ^{60}Co , Fer 55, etc.). Si des émetteurs alpha (uranium, transuraniens...) sont susceptibles d'être présents dans les installations, ils ne sont pas rejetés dans le cadre d'un fonctionnement normal.

Sur le site de Cattenom en avril 2003, du ^3H a été détecté dans la nappe, dans l'enceinte du site [9]. En février 2004, il s'y est produit un rejet non contrôlé d'effluents radioactifs liquides. EDF indique qu'aucune pollution de nappes ou de sols n'a été détectée ces cinq dernières années sur le site de Fessenheim [9]. Aucun événement n'a été déclaré ayant marqué les sols ou la nappe autour du site de Chooz depuis 2003 [9]. Aucun rejet non contrôlé récent n'a marqué l'environnement pour aucun des trois C.N.P.E, aussi l'exploitation des résultats sera menée en se basant essentiellement sur des conditions de rejets autorisées.

Concernant les C.N.P.E., en zone potentiellement influencée, l'IRSN exploitera des résultats d'analyses de ^3H et ^{14}C dans des bioindicateurs ainsi que des principaux émetteurs gamma rejetés par les installations (césium, cobalt, argent, manganèse, iode) dans des bioindicateurs et dans les denrées retenues pour cette étude. Tous ces radionucléides seront recherchés avec des méthodes très bas bruit de fond pour parvenir, parfois, à les mesurer au-dessus du seuil de détection. À proximité immédiate des sites, même si ces radionucléides ne sont pas rejetés

en fonctionnement normal, des analyses d'uranium et de transuraniens seront menées sur des indicateurs aquatiques prélevés sur des zones de communications préférentielles entre l'enceinte et l'environnement (exutoire des eaux de surface, canaux traversant le site, etc.).

3.3.1.2 Centre de Valduc

L'installation de Valduc dispose d'une autorisation de rejet atmosphérique (^3H , halogènes gazeux et aérosols, émetteurs alpha). De plus, parmi les radionucléides stockés sur le site (tritium, plutonium, uranium, ^{241}Am , ^{226}Ra et ^{131}I ...), certains ont pu être relâchés dans l'environnement terrestre au cours des incidents ayant eu lieu. C'est le cas du tritium qui jusqu'en 2006 a fait l'objet de plusieurs rejets non contrôlés [3, 9].

En milieu terrestre, il est prévu d'une part, de faire des mesures sur un large spectre de radionucléides (^{131}I , Pu, isotopes de l'uranium, émetteurs gamma recherchés avec une détection très bas bruit de fond) sur un échantillon de mousses terricoles prélevé dans la zone potentiellement influencée. D'autre part, il s'agira de mettre à jour les données disponibles en ^3H dans l'environnement proche et lointain du site. On acquerra aussi de nouveaux résultats d'analyses gamma (recherche du césium, cobalt, argent et manganèse) dans les denrées retenues.

L'installation ne possède aujourd'hui plus d'autorisation de rejet liquide — ceux-ci sont maintenant envoyés vers les sites d'entreposage de l'ANDRA — alors que jusqu'en 1994 les effluents radioactifs liquides étaient rejetés dans un vallon au sud du site. En ce qui concerne l'environnement aquatique, le tritium et les isotopes de l'uranium sont les plus susceptibles d'être détectables. Aussi, des mesures de ces radionucléides dans des bioindicateurs (sédiments, végétaux et poissons) seront intégrées à cette étude. Le plutonium ainsi que l'uranium, le ^{90}Sr et les émetteurs gamma (césium, cobalt, manganèse, argent, etc.) seront également recherchés dans des bioindicateurs en aval immédiat de l'ancien point de rejet des effluents liquides.

Tous ces radionucléides seront mesurés avec des méthodes très bas bruit de fond pour obtenir des valeurs significatives aussi souvent que c'est techniquement possible.

3.3.1.3 Médecine nucléaire

Parmi les radionucléides utilisés en diagnostic in vivo ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I , ^{123}I , ^{67}Ga , etc. [3, 11, 12]) l'isotope radioactif ^{131}I de l'iode, le plus susceptible d'être détecté en raison de sa période sensiblement plus élevée que celle des autres radionucléides imputables à la médecine nucléaire, fera l'objet de mesures dans des bioindicateurs aquatiques en aval des points de rejets utilisés par les centres hospitaliers.

3.3.1.4 Zone non influencée

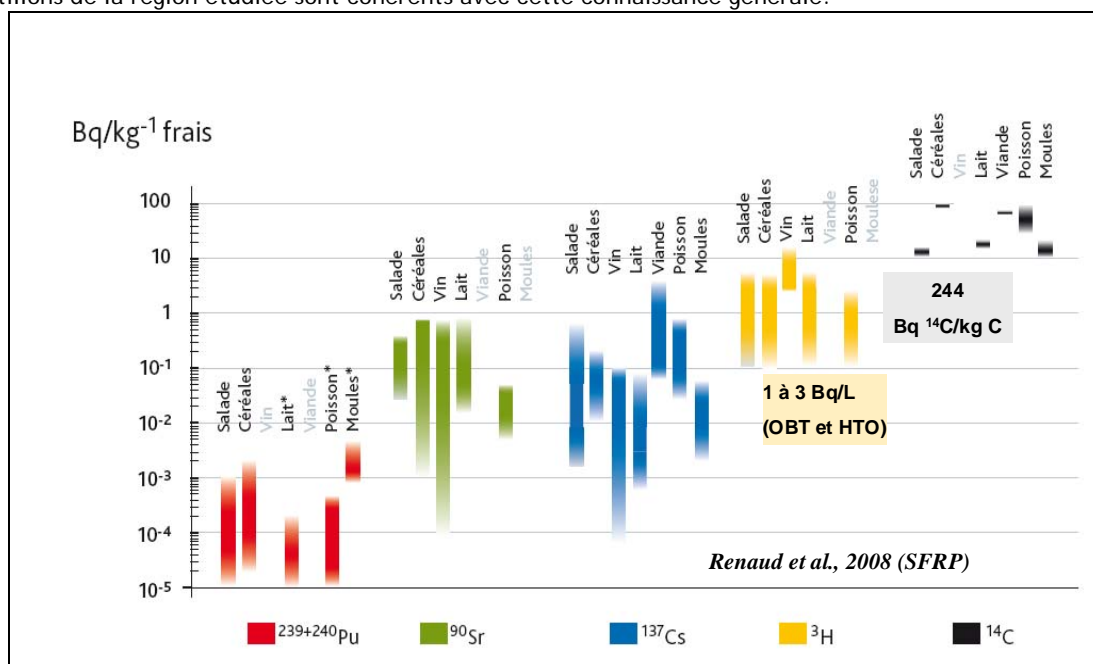
En zone non influencée, seules les retombées des essais aériens d'armes nucléaires et l'accident de Tchernobyl marquent encore l'environnement en ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am . Ces radionucléides seront préférentiellement recherchés dans des indicateurs pertinents (feuilles d'arbres, gibiers, champignons, sols, etc.) et sur des zones où la rémanence de ces retombées est la plus forte. Par ailleurs, des denrées prélevées en ZNI, dans les zones de rémanence ou hors de celles-ci, seront mesurées par spectrométrie gamma.

3.3.2 ÉTAT DES DONNEES DISPONIBLES ET EN COURS D'ACQUISITION

La réalisation de cette étude passe par la synthèse des données existantes et par l'acquisition de nouvelles mesures pour compléter ou actualiser les résultats déjà acquis.

On connaît a priori le niveau de radioactivité d'un certain nombre de denrées (en général infime voire non détectable, à l'exception du ^3H et du ^{14}C , y compris en zone influencée, cf. figure 5). Par analogie (par exemple :

« feuilles d'épinard » assimilé à « feuilles de salade ») et par expérience, on considère que les niveaux attendus dans la plupart des productions (exemple : blé) sont similaires à ceux détectés dans les grandes catégories de végétaux qui leur correspondent (exemple : céréales). Il s'agit ici de vérifier que les niveaux d'activité des échantillons de la région étudiée sont cohérents avec cette connaissance générale.



Source : [13]

Cf. note infra ³

Figure 5. Schéma récapitulatif des gammes d'activité observées pour les principaux radionucléides dans quelques denrées de l'environnement français, en 2007-2008.

Les données acquises durant les 6 dernières années (2004-2010) pourront servir de base pour estimer les niveaux d'activités régionaux du quart Nord-Est. En effet, les chroniques de résultats des 10 dernières années montrent que la diminution de la contamination de l'environnement est lente et faible [14], ce qui fait, qu'en général, un résultat de mesure acquis il y a cinq à sept ans reste encore très similaire à celui observé aujourd'hui.

Sur la zone d'emprise de l'étude, plusieurs dizaines de milliers de résultats d'analyses de radioactivité récentes sont disponibles. La surveillance régulière exercée par l'IRSN en fournit la majorité et les données sont publiées chaque année dans les rapports « Bilan de l'état radiologique de l'environnement français » [15, 16]. Dans ce cadre, l'IRSN collabore avec la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) et la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) pour l'analyse régulière de matrices standardisées (salade, blé, lait, viande, etc.). L'ensemble des résultats de mesure de l'IRSN et d'autres organismes sont publiés sur le site internet du réseau national de mesure (RNM, www.mesure-radioactivite.fr). De plus, des études radioécologiques comportant des analyses très bas bruit de fond sont menées depuis 1992 par

³ L'activité du carbone 14 est habituellement exprimée en activité spécifique (Bq ¹⁴C/kg C) et, dans cette unité, et pour une période donnée, sa valeur est similaire dans tous les compartiments biologiques de l'environnement. Le tritium est habituellement exprimé en activité volumique, Bq/L d'eau de distillation (tritium dit « libre », HTO) ou de combustion (tritium dit « lié » ou « organique », TOL), valeurs également en équilibre dans les compartiments biologiques. La transformation en Bq/kg frais fait intervenir la teneur en eau et/ou en carbone, et introduit une variabilité apparente des concentrations entre matrices différentes.

Par ailleurs, en ce qui concerne le lait et le vin, dont les densités sont très proches de 1, l'unité Bq/kg frais est équivalente à Bq/L à l'échelle de cette figure.

Ce schéma présente une sélection des produits les plus fréquemment mesurés mais ne rend pas compte de la variété des denrées mesurées de façon plus sporadique.

l'IRSN, à l'occasion des suivis radioécologiques annuels et des bilans décennaux réalisés pour le compte d'EDF autour des trois C.N.P.E. [14, 17, 18]. Par ailleurs une thèse qui a été réalisée de 2006 à 2009 décrit de façon détaillée le comportement du césium et du strontium dans le chaîne sol-herbe-lait -fromage sur des échantillons prélevés dans les départements du Jura (39), du Doubs (25) et des Vosges (88) [19, 20] ; elle sera mise à profit pour mettre en perspective les résultats obtenus sur ces radionucléides.

Enfin, d'autres études radioécologiques sont en cours sur le territoire concerné par ce constat, par exemple dans le cadre de l'Observatoire Permanent de l'Environnement (OPE) de l'ANDRA à Bure, entre les départements de la Haute-Marne (52) et de la Meuse (55), sur les sites miniers d'Alsace ou sur l'industrie horlogère du massif du Jura. Ces études viendront ultérieurement compléter le présent constat.

L'utilisation des bases de données de l'IRSN associées à un système d'information géographique permet d'identifier les données à compléter ou à actualiser au regard des exigences de représentativité géographique de cette étude.

3.3.3 CHOIX ET REPARTITION DES ECHANTILLONS D'ORIGINE AGRICOLE

Il s'agit pour ce volet de rechercher les productions agricoles qui présentent une importance ou une spécificité sur le territoire étudié et de déterminer à grande échelle leurs points de prélèvements.

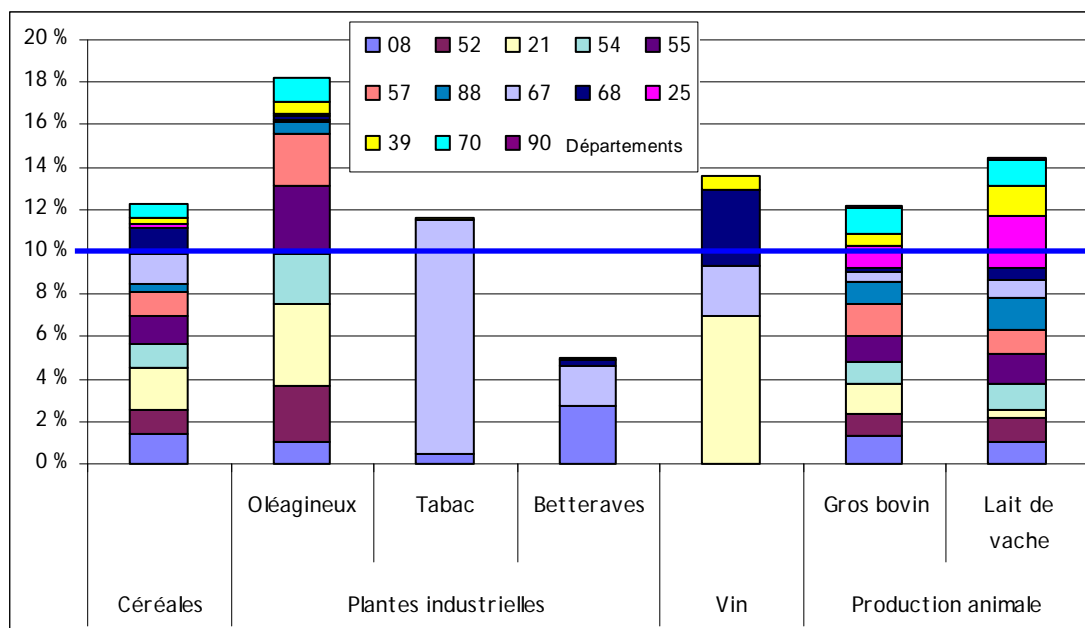
3.3.3.1 Sélection des denrées

Le choix des productions agricoles est basé sur les données de la statistique agricole la plus récente au début de l'étude [21]. Sont utilisées, en premier lieu, des données agrégées, sachant qu'il s'agit d'une présélection qui sera ensuite affinée au vu des données locales et de la réalité du terrain.

Une première étape consiste à recenser à l'échelle régionale les grandes productions destinées directement à l'alimentation humaine et à sélectionner celles qui sont les plus importantes d'un point de vue économique.

Pour les 13 départements étudiés, les céréales, les plantes industrielles (oléagineux, tabac, betterave, ...), le vin, la viande de bœuf et le lait de vache représentent de 12 à 14 % de la valeur de la production métropolitaine (Figure 6, [21]). Parmi les céréales, la production de blé tendre, de maïs et d'orge du territoire étudié dépassent pour chacune d'elles 10 % de la valeur de la production française. Parmi les plantes industrielles, les oléagineux atteignent 18 % et le tabac 12 % de la valeur de la production métropolitaine. Même si la betterave sucrière n'est pas recensée comme étant d'un poids économique important dans l'emprise de l'étude, elle sera intégrée à cette étude car la France est le premier producteur mondial de betterave [22].

Par ailleurs, les choux à choucroute et le houblon d'Alsace, le sanglier des Ardennes, les volailles de Bourgogne, les fromages, poissons et miels des Vosges, les mirabelles et les quetsches de Lorraine sont des productions emblématiques du Nord-Est de la France. À ce titre, elles feront l'objet d'une détermination de leur niveau d'activité dans le cadre de ce constat.



Source : [21]. Pourcentage de la valeur de la production (en euros au prix de 2008) de la France métropolitaine en 2009, de la production du quart Nord-Est. Les couleurs représentent les contributions de chacun des départements.

Figure 6 -Catégories de productions agricoles dominantes pour l'ensemble des départements du territoire étudié.

3.3.3.2 Répartition géographique et pré-localisation des prélèvements de denrées

Cette étape consiste à géo-positionner les résultats des mesures déjà acquises et les prélèvements complémentaires afin que ceux-ci soient répartis spatialement au mieux dans le quart Nord-Est pour obtenir une estimation homogène des niveaux d'activités de la région. Ensuite, une pré-localisation, à plus petite échelle est réalisée.

L'IRSN souhaite pouvoir disposer au moins des résultats d'une spectrométrie gamma très bas bruit de fond, pour chaque denrée agricole retenue, sur chacun des départements dont la production dépasse 1 % du volume de la production française (Annexe 1), en distinguant les zones prédéfinies (ZNI, ZI et REM). La méthode, identique pour toutes les productions, est illustrée pas-à-pas, par le cas du blé tendre (Annexe 2) : elle consiste à sélectionner les départements les plus producteurs, puis à recenser les données existantes ou en cours d'acquisition et enfin d'en déduire quels sont les prélèvements à effectuer et dans quelles zones. Le choix des prélèvements associés aux départements ainsi retenus est, pour chaque denrée, détaillé en annexes (Annexes 2 à 19).

La pré-localisation des prélèvements de denrées agricoles en zone non influencée vise à orienter la prospection vers les lieux les plus susceptibles de fournir les types d'échantillons recherchés, au sein des départements qui ont été préalablement retenus. Les données statistiques AGRESTE sont exploitées à l'échelle communale [23] : pour chacune des denrées recherchées, les communes sont retenues parmi celles dont la production communale (ha, tonne ou nombre de têtes de bétail, etc.) dépasse le 3^{ème} quartile⁴ de la production totale des communes du quart Nord-Est. Le choix de la commune où commencera effectivement la prospection de terrain est affiné parmi les communes précédemment retenues afin d'obtenir une répartition harmonieuse des résultats sur le territoire

⁴ Lorsque les données statistiques sont rangées par ordre croissant, 75 % des valeurs sont inférieures au troisième quartile.

étudié. La règle qui a été arbitrairement édictée est qu'une commune doit être retenue par zone (influencée, non influencée avec ou sans rémanence) et par département.

Pour les échantillons prévus en zone influencée, la localisation des points de prélèvements doit être particulièrement précise. Aussi, la pré-localisation se borne à définir les secteurs sous les vents dominants en milieu terrestre et, en milieu aquatique, en aval, les exutoires ou les cours d'eau à prospector. Aussi, munies de ces informations, les équipes de terrains, grâce à leur expérience et leur compétence, sélectionneront sur place le point de prélèvement susceptible de fournir la meilleure matrice au meilleur endroit, selon les caractéristiques et conditions de rejets des radionucléides recherchés.

Dans le cas de certaines productions, il n'existe pas de statistiques agricole ou bien celles-ci sont agrégées à grande échelle ; dans ce cas sont utilisés au mieux les données existantes par ailleurs (associations interprofessionnelles, délimitation des labels de type AOC...).

3.3.4 CHOIX ET REPARTITION DES AUTRES ECHANTILLONS

3.3.4.1 Milieu atmosphérique

La connaissance des niveaux d'activités dans l'atmosphère est une donnée qui permet d'apprécier l'impact lié au fonctionnement d'une installation nucléaire, la rémanence due à d'anciens dépôts et de resituer les niveaux des radionucléides artificiels par rapport à ceux des radionucléides naturels.

Des données récentes sur les aérosols sont disponibles en zone non influencée grâce aux stations d'aspiration du réseau OPERA⁵ de Charleville (08), Dijon (21) et Bure (55 en projet). Des analyses complémentaires seront réalisées sous l'influence d'un site majeur, qui reste à déterminer.

3.3.4.2 Milieu terrestre

3.3.4.2.1 Salades

La salade représente la catégorie des légumes à feuilles, denrées parmi les plus sensibles aux contaminations atmosphériques.

Quelques prélèvements de salades viseront à compléter les résultats acquis très régulièrement dans le cadre de la surveillance métropolitaine [24] et les études de sites [14, 17, 18]. Ces prélèvements seront recherchés en zone de rémanence dans le Jura et la Moselle, hors zone de rémanence en Côte-d'Or et dans les Vosges ainsi que sous les vents dominants des installations de Valduc et de Chooz (Annexe 20).

3.3.4.2.2 Sols, herbes et laits

Afin de rendre compte des transferts trophiques, l'herbe de prairie prélevée est associée au lait et au sol correspondant. Les prairies naturelles, non cultivées, sont privilégiées pour donner accès à des sols non remaniés

⁵ Observatoire permanent de la radioactivité dans l'environnement

depuis plusieurs décennies. Comme pour les sols forestiers, ces sols sont des intégrateurs pluriannuels des retombées atmosphériques.

Les données sont abondantes. Un complément est planifié sur les zones de rémanences, en cherchant à réaliser sur la même station des prélèvements de sol, d'herbe, de lait et de fromage. Des analyses spécifiques de sol forestier et de prairie seront faites sur la zone potentiellement influencée autour du site de Valduc.

3.3.4.2.3 Mousses terricoles

Les bryophytes terrestres constituent d'excellents indicateurs des apports atmosphériques. En effet, ne disposant pas d'organes absorbants qui pénètrent dans le sol, leur principale voie d'absorption est aérienne. Des processus actifs de conduction d'eau par capillarité et d'échanges d'ions par voie extracellulaire permettent aux mousses de piéger les éléments nécessaires à leur croissance. En plus de ce mode d'intégration actif, les phénomènes passifs d'accumulation des poussières atmosphériques par piégeage mécanique se révèlent très importants. Leur cycle de vie pluriannuel en font des indicateurs pertinents pour l'observation des apports atmosphériques sur du long terme.

De nombreuses données relatives aux mousses terricoles sont disponibles autour des sites EDF, seul le site de Valduc fera l'objet d'un prélèvement complémentaire en zone potentiellement influencée. Des prélèvements en cours dans le cadre d'autres études autour du projet de site de Bure permettront de compléter les données de ce constat par des résultats en zone non influencée.

3.3.4.2.4 Feuilles de chênes

Les feuilles de chênes constituent d'excellents témoins de l'incorporation du carbone atmosphérique lors de la photosynthèse. Cet indicateur a souvent été sélectionné par l'IRSN comme élément référentiel témoin pour l'expertise du ^{14}C et du tritium dans l'environnement.

Des données récentes sont disponibles autour des C.N.P.E. Des échantillons seront prélevés pour réactualiser les données que l'IRSN possède sur le tritium autour du site de Valduc (Annexe 21).

3.3.4.3 Milieu aquatique

3.3.4.3.1 Eaux de nappe

Les captages d'alimentation en eau potable en aval des C.N.P.E. du Nord-Est de la France ont fait l'objet d'analyses au cours des derniers bilans radioécologiques décennaux. Aucune donnée complémentaire n'est nécessaire.

Les sources et fontaines à proximité du site de Valduc font l'objet d'une surveillance régulière. Quelques prélèvements sont tout de même planifiés dans des sources, ils permettront d'élargir le panel des radionucléides mesurés (Annexe 22).

En zone non influencée, de nombreuses analyses d'eau minérales et potables sont réalisées pour des clients extérieurs par l'IRSN [25, 26].

3.3.4.3.2 Sédiments et végétaux aquatiques

L'épaisseur la plus superficielle des sédiments fins intègre les dernières phases de dépôt du système aquatique. Les résultats obtenus donnent une image plus ancienne que les matières en suspension mais surtout moyennée, de la phase particulaire des eaux du système aquatique. Les radionucléides présents dans la phase dissoute assimilable par les végétaux sont mesurables par des prélèvements de phanérogames aquatiques totalement immergées.

Les sédiments et végétaux aquatiques font l'objet de nombreuses analyses depuis une vingtaine d'années dans les cours d'eau majeurs (Meuse, Meurthe, Moselle et Rhin) en amont et en aval des C.N.P.E. d'EDF. Le site de Valduc n'est pas autorisé à rejeter des radionucléides par voie liquide, une surveillance systématique des sédiments et végétaux des cours d'eau n'y a donc pas été mise en œuvre. Pour Valduc comme pour les sites EDF, il est prévu de rechercher à proximité immédiate des sites, des zones restreintes, peut-être moins représentatives de l'environnement (petits canaux, étangs, zones de ruissellement), susceptibles de révéler une influence des sites en relation notamment avec les eaux pluviales (Annexe 23).

Les centres hospitaliers de radiothérapie et de radiodiagnostic sont autorisés à rejeter des radionucléides, en particulier de ^{131}I [3]. Les rejets hospitaliers passent, en général, par les mêmes réseaux que les eaux usées des agglomérations sur lesquelles les hôpitaux sont situés [27]. Les cours d'eau majeurs à l'amont et à l'aval des installations EDF ont déjà fait l'objet de nombreuses analyses d' ^{131}I [14]. Les complexes hospitaliers qui rejettent leurs effluents en dehors des cours d'eau sur lesquels sont situés ces C.N.P.E. feront l'objet de prélèvements et d'analyses au cours de cette étude (Annexe 24).

3.3.4.3.3 Poissons

Ce sont les muscles qui sont exploités dans les prélèvements de poissons. En effet, c'est la partie qui est consommée mais c'est aussi une fraction sans contact direct avec l'environnement extérieur.

Des poissons font l'objet de mesures de radioactivité depuis le début des années 90, en amont et en aval des C.N.P.E. de Chooz, Cattenom et Fessenheim. Si des zones de pêche, amateur ou professionnelle, semblent potentiellement plus influencées que les zones où les poissons sont habituellement collectés lors des études radioécologiques⁶, un prélèvement de poissons y sera réalisé.

⁶ Ces études s'appuient sur des prélèvements de poissons pêchés en aval du site dans la zone où les rejets du site sont réputés correctement mélangés avec l'eau du milieu récepteur (« zone de bon mélange »).

Sur le site de Valduc, 2 lots de poissons seront recherchés. Le prélèvement en aval serait souhaitable sur une zone de pêche la plus proche possible de l'exutoire du site.

Hors de l'influence des sites majeurs, l'IRSN ne dispose d'aucune donnée. Les lacs et rivières des Vosges étant connus pour être propices à la pêche de loisir, un prélèvement fera l'objet d'analyse. Des analyses seront aussi menées sur des individus issus de piscicultures.

3.3.5 PRELEVEMENTS ET ANALYSES PLANIFIES

Le nombre total d'échantillons à prélever est proche de 170 ; plus de 300 analyses seront menées, elles permettront d'acquérir près de 3000 nouveaux résultats ; le détail des analyses est présenté dans le tableau ci-après.

Tableau 1 - Prélèvements et analyses planifiés

Zone influencée	Prélèvements (PRL) et Analyses	PRL	Gamma 20 Rn	³ H HTO	³ H OBT	¹⁴ C	Pu/Am alpha	⁹⁰ Sr	Isotopes U	Complément d'information sur la zone de prélèvement (ZI Site)			
CNPE EDF	Bioindicateur végétal aquatique	3	3		3	3			3	Proche Chooz, Cattenom et Fessenheim			
	Sédiment zone proche	3	3		3	3			3	Proche Chooz, Cattenom et Fessenheim			
	Poisson consommé influencé	2	2		2	2			2	Chooz et Cattenom			
	Legume feuille	1					1	1		Chooz			
	Quetsche	2	2							Cattenom et Fessenheim			
	Colza hiver et navette	2	2							Chooz et Cattenom			
	Orge ou escourgeon	2	2							Chooz et Cattenom			
	Choux	1	1				1	1		Fessenheim			
	Viande de bœuf	2	2							Chooz et Cattenom			
	Gibier	1	1							Chooz			
	Munster	1	1					1		Cattenom			
	Total CNPE	20	19		5	8	8	5	3	8			
	Zone influencée	Prélèvements (PRL) et Analyses	PRL	Gamma 20 Rn	Gamma ¹³¹ I	³ H HTO	³ H OBT	¹⁴ C	Pu/Am ICP MS	⁹⁰ Sr	Isotopes U	²²⁶ Ra	Complément d'information sur le prélèvement
Valduc	Bioindicateur végétal aquatique	3	3		3	3				3		2 Ignon, 1 La Tille	
	Bioindicateur végétal aquatique	3	3	3	3	3				3		Proche	
	Sédiment/sol zone proche	4	4		4	4	4	4	4	4		Dont Combe du Tilleul et la Tille	
	Poisson amont	1	1		1	1	1	1	1	1			
	Poisson aval consommé	1	1		1	1	1	1	1	1			
	Sol non remanié	2	2					2	1			Container 60ml avec U/Th	
	Herbe	1	1						1				
	Feuille chêne	6			6	6	6						
	Feuille de résineux	1						1		1			Très proche du site
	Mousse terricole	1	1	1									
	Lait	1	1		1	1	1		1		1		
	Légume feuille	1	1		1	1	1	1	1	1			
	Eau de nappe	4			4					4	4		
	Raisin pour vin rouge	1	1										
	Soja	1	1										
	Colza hiver et navette	1	1										
	Blé tendre	1	1										
	Orge ou escourgeon	1	1										
	Volaille chair	1	1										
	Total Valduc	36	25	4	25	20	18	10	8	18	5		
Zone influencée	Prélèvements (PRL) et Analyses	PRL	¹³¹ I	Complément d'information sur le prélèvement (Rivière)									
Contexte hospitalier	Bioindicateur végétal aquatique	9	9									Marne, Doubs, Ill	
	Total hospitalier	9	9										
Zone influencée	Prélèvements (PRL) et Analyses	PRL	Gamma 20 Rn	Complément d'information sur le prélèvement									
Site à définir	Aérosols	18	18									Sous les vents à moins de 4 km d'un site majeur	
	Total Aérosols	18	18										
Zone non influencée	Prélèvements (PRL) et Analyses	PRL	Gamma 20 Rn	³ H HTO	³ H OBT	¹⁴ C	Pu/Am alpha	⁹⁰ Sr	Isotopes U	²²⁶ Ra	Complément d'information sur la zone de prélèvement (DEPT.)		
Hors zone de rémanence	Poisson consommé pisciculture	2	2										
	Poisson consommé sauvage	1	1										
	Feuille chêne	1			1	1	1						
	Lait	5	5								5 88 70 54 08 57		
	Légume feuille	2	2					1	2		21 (* ⁹⁰ Sr) 88		
	Miel	1	1										
	Mirabelle	3	3								54 67 68		
	Quetsches	6	6								67 55 54 68 88 57		
	Raisin pour vin rouge	2	2								67 21		
	Betterave industrielle	3	3								08 52 55		
	Soja	4	4								21 68 70 39		
	Colza hiver et navette	7	7								21 55 52 54 70 08 57		
	Blé tendre	3	3								21 54 08		
	Orge ou escourgeon	5	5								21 55 52 54 08		
	Maïs	1	1								67		
	Tabac	1	1								67		
	Oignon	2	2								21 08		
	Choux	2	2					2			67 68		
	Houblon	1	1								67		
	Volaille chair	2	2								21 52		
	Viande de bœuf	5	5								67 88 08 54 70		
	Munster	2	2						2		88 57		
	Total	61	60		1	1	1	2	3	2	5		
	Zone non influencée	Prélèvements (PRL) et Analyses	PRL	Gamma 20 Rn	¹⁴ C	Pu/Am alpha	⁹⁰ Sr	Isotopes U	²²⁶ Ra	Complément d'information et précision sur la zone de prélèvement (DEPT.)			
	Zone de rémanence	Sol non remanié	3	3				2				Container 60ml avec U/Th	
		Herbe de prairie	2	2				2				Associée sol, lait et munster	
Myrtille		2	2					2			1 sauvage 1 production		
Lait		2	2					2	2		57 Dont 1 associé sol, herbe et Munster		
Legume feuille		2	2				2	2			39 57		
Miel		1	1								57		
Mirabelle		2	2								54 88		
Quetsches		1	1								57		
Soja		1	1								39		
Colza hiver et navette		1	1								57		
Blé tendre		1	1								57		
Orge ou escourgeon		1	1								57		
Maïs		1	1								67		
Tabac		1	1								67		
Choux		1	1					1			67		
Houblon		1	1								67		
Munster		1	1					1			Associé sol, herbe et lait		
Total zone de rémanence		24	24		0	5	7	4	2				
Analyses		Gamma 20 Rn	¹³¹ I	³ H HTO	³ H OBT	¹⁴ C	Alpha	⁹⁰ Sr	Isotopes U	²²⁶ Ra			
Nombre total d'analyses		146	13	31	29	27	22	21	32	12			
Nombre total de résultats		2920	13	31	29	27	66	21	128	12			

4 CONCLUSION

La stratégie mise en œuvre pour le constat radiologique du quart Nord-Est de la France suit les orientations d'évolutions de la surveillance IRSN émises en 2009 [28] tout en s'appuyant sur le retour d'expérience des constats réalisés sur la Loire et en cours sur le Rhône [1, 2].

Pour réaliser un bilan des niveaux de radioactivité des 13 départements concernés du quart Nord-Est de la France, la déclinaison régionale de la stratégie générale tient compte des spécificités majeures de la production agricole locale ainsi que des caractéristiques des rejets des installations nucléaires pouvant marquer l'environnement (sites CEA de Valduc, C.N.P.E. EDF de Chooz, Cattenom et Fessenheim et 17 installations hospitalières). En plus des denrées alimentaires, quelques prélèvements (aérosols et indicateurs biologiques) seront utilisés ponctuellement pour préciser l'état de l'environnement, principalement à proximité des installations du CEA et d'EDF.

Essentiellement basé sur plusieurs dizaines de milliers de données préexistantes de la surveillance ou des études particulières, antérieures ou concomitantes, menées par l'IRSN, ce constat nécessitera un complément de 170 prélèvements et environ 300 analyses complémentaires pour venir étoffer la synthèse globale qui sera réalisée.

5 ANNEXES

	Pages
Annexe 1 - Sélection des départements retenus, par type de production.....	26
Annexe 2 - Détail de la pré-localisation des zones de prélèvement : exemple du blé	27
Annexe 3 - Pré-localisation des prélèvements d'orge ou escourgeon	29
Annexe 4 - Pré-localisation des prélèvements de maïs	31
Annexe 5 - Pré-localisation des prélèvements de colza hiver et navette.....	33
Annexe 6 - Pré-localisation des prélèvements de soja	35
Annexe 7 - Pré-localisation des prélèvements de betteraves industrielles.....	37
Annexe 8 -Pré-localisation des prélèvements de choux à choucroute	39
Annexe 9 - Pré-localisation des prélèvements de tabac.....	40
Annexe 10 - Pré-localisation des prélèvements de houblon	41
Annexe 11 - Pré-localisation des prélèvements de mirabelle	43
Annexe 12 - Pré-localisation des prélèvements de quetsches	44
Annexe 13 - Pré-localisation des prélèvements de raisin	45
Annexe 14 - Pré-localisation des prélèvements de lait de vache	47
Annexe 15 - Pré-localisation des prélèvements de viande de bœuf.....	49
Annexe 16 - Pré-localisation des prélèvements de volaille (chair)	51
Annexe 17 - Pré-localisation des prélèvements de munster	53
Annexe 18 - Pré-localisation des prélèvements de miel.....	55
Annexe 19 - Pré-localisation des prélèvements de myrtilles	56
Annexe 20 - Pré-localisation des prélèvements de légume-feuille	57
Annexe 21 - Pré-localisation des prélèvements de feuilles de chêne	58
Annexe 22 - Pré-localisation des prélèvements d'eau de nappe (Valduc)	59
Annexe 23 - Pré-localisation des prélèvements des sédiments et végétaux aquatiques (Valduc et C.N.P.E.).....	60
Annexe 24 - Pré-localisation des prélèvements de végétaux aquatiques (bioindicateurs des rejets d'hôpitaux)	62

Annexe 1 - Sélection des départements retenus, par type de production

Tableau 2 - Importance relative de la production de chaque département (% métropolitain) par type de production.

Denrée \ Départements	08	21	25	39	52	54	55	57	67	68	70	88	90
Céréales													
Blé	1,3	2,0	<1	<1	1,2	1,2	1,6	1,3	<1	<1	<1	<1	<1
Mais	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5,3	4,6	<1	<1	<1
Orge	2,0	3,9	<1	<1	2,5	2,1	3,3	2,0	<1	<1	<1	<1	<1
Oléagineux													
Colza d'hiver	1,3	3,6	<1	<1	2,9	2,5	3,5	2,8	<1	<1	1,2	<1	<1
Soja	-	4,5	<1	4,5	-	-	-	-	<1	2,9	1,4	-	-
Productions industrielles													
Betterave	3,2	1,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,3	<1	<1	<1	<1
Tabac	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	16,1	<1	<1	<1	<1
Houblon	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	96,6	<1	<1	<1	<1
Fruits													
Mirabelle	-	-	-	-	-	34,2	28,6	2,9	7,9	3,2	-	6,2	-
Quetsches	-	-	-	-	-	11,4	18,5	5,2	34,3	8,7	-	6,4	-
Légumes													
Choux à choucroute	-	-	-	-	-	-	-	-	63,3	2,5	-	-	-
Productions animales													
Lait de vache	1,0	<1	2,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2	<1	<1	1,2	1,5	<1
Viande de bœuf	1,9	<1	<1	<1	1,2	1,6	1,7	2,0	<1	<1	1,1	1,8	<1
Volaille	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : [29]

Valeur de la production (en volume) .

En rouge : département retenu.

- : absence de données statistiques départementales.

Annexe 2 - Détail de la pré-localisation des zones de prélèvement : exemple du blé

a) départements concernés par la production

Six départements du territoire étudié (21, 55, 08, 57, 52 et 54) produisent chacun plus de 1 % du blé tendre français (Figure 7 d'après [21]). L'IRSN souhaite disposer d'au moins 6 résultats de mesures gamma de blé tendre dans la zone non influencée de ces départements et 1 résultat sur la zone de rémanence identifiée en Moselle (57). Des résultats analogues sont souhaités dans les zones potentiellement influencées de ces mêmes départements, soit à proximité des sites de Valduc (21), Chooz (08) et Cattenom (57).

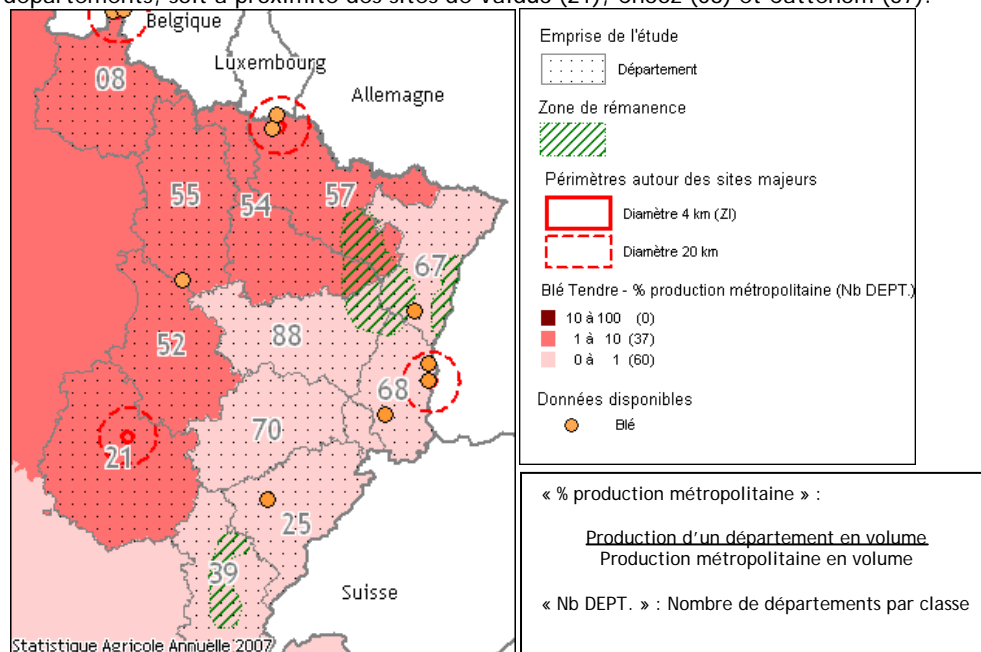


Figure 7 -Production de blé tendre et données disponibles.

b) données existantes ou en cours d'acquisition

Dans le cadre de la surveillance du territoire, le blé fait l'objet d'un longue chronique régionale (SCPRI puis OPRI puis IRSN) jusqu'à récemment. Les limites de détection des résultats sont trop élevées par rapport à l'objectif de cette étude. Les départements 52 et 54 feront l'objet d'analyses bas bruit de fond par l'IRSN au cours des années 2010-2011 dans le cadre d'une autre étude. Les ZI de Chooz et Cattenom ont déjà fait l'objet de prélèvements et d'analyses bas bruit de fond aux cours des dernières années.

c) prélèvements spécifiques à la présente étude

Cinq prélèvements complémentaires sont envisagés dans le cadre de ce constat radiologique (identifié par « CNE » dans le tableau 3 ci-dessous).

Tableau 3 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de blé.

	Départements retenus					
	21	55	08	57	52	54
ZNI	CNE	IRSN	CNE	CNE	IRSN	IRSN
ZI	CNE	/	IRSN	IRSN	/	/
REM	/	/	/	CNE	/	non ⁷

CNE : prélèvement pour cette étude ;
 IRSN : résultat disponible ou en cours d'acquisition ;
 / : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département

⁷ La zone de rémanence pouvant produire du blé est trop étroite dans le département de la Meurthe-et-Moselle (54) pour permettre une analyse représentative.

d) pré-localisation des communes à prospector (cf. figure 8)

Dans chaque département sélectionné (21, 55, 08, 57, 52 et 54), une commune est sélectionnée parmi celle dont le pourcentage de Surface Agricole Utile planté en blé (% SAU) est le plus élevé : sont % SAU doit être supérieur au troisième quartile du % SAU des communes de l'emprise de l'étude (classe supérieure à 26 % SAU en rouge sur la figure 8). Ainsi, un producteur de blé tendre sera recherché dans les communes ci-dessous :

Zone non influencée :

- Herpy-L'Arlesienne (08) ;
- Luppy (57) ;
- Saulon-La-Chapelle (21) ;
- Viviers-sur-Chiers (54).

Zone de rémanence :

- Rhodes (57), même si la surface utilisée pour le blé est inférieure au 3^{ème} quartile car située au centre de la zone de rémanence.

Zone influencée :

- Échalot (21).

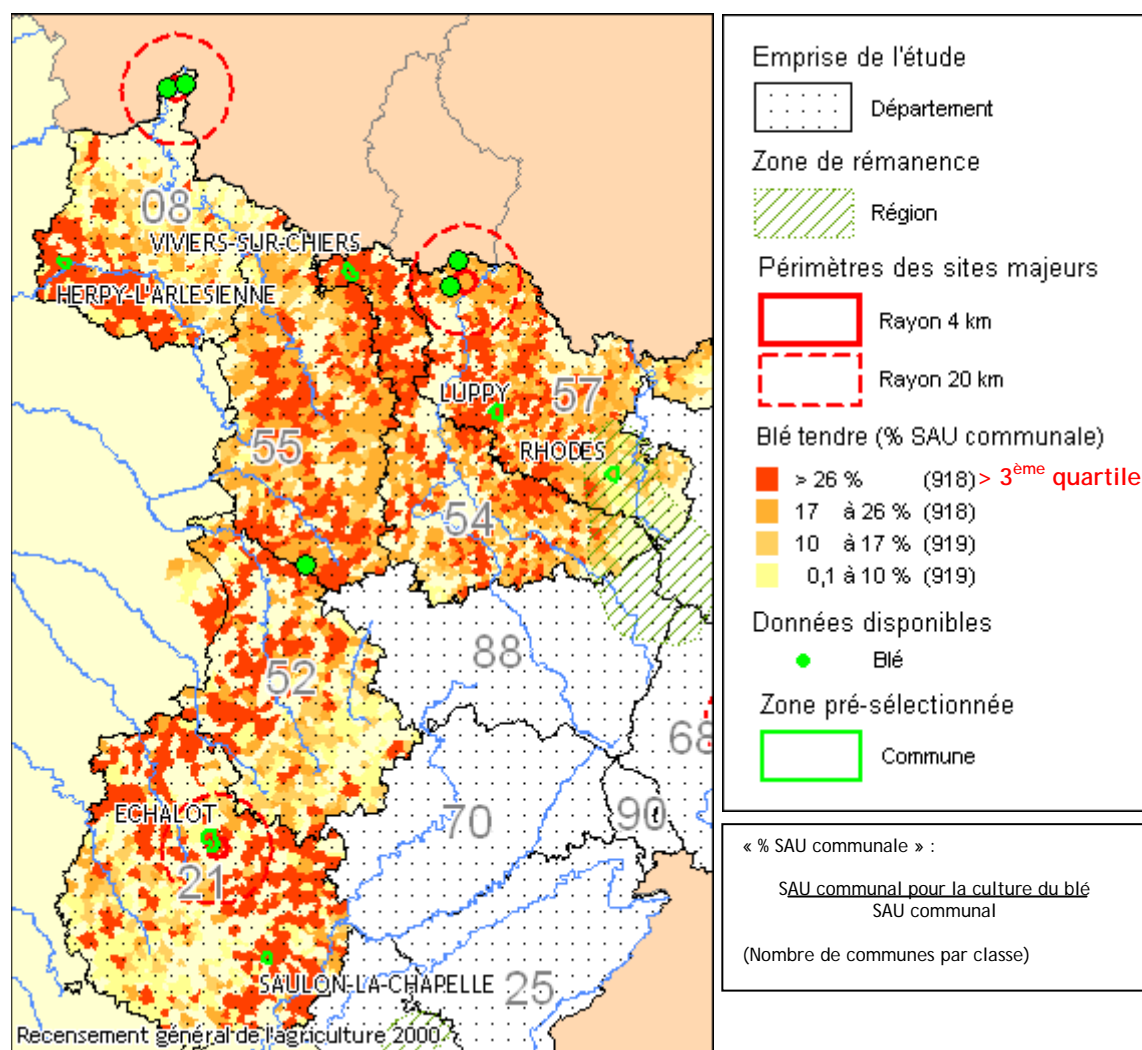


Figure 8 - Pré-localisation des prélèvements de blé tendre.

Annexe 3 - Pré-localisation des prélèvements d'orge ou escourgeon

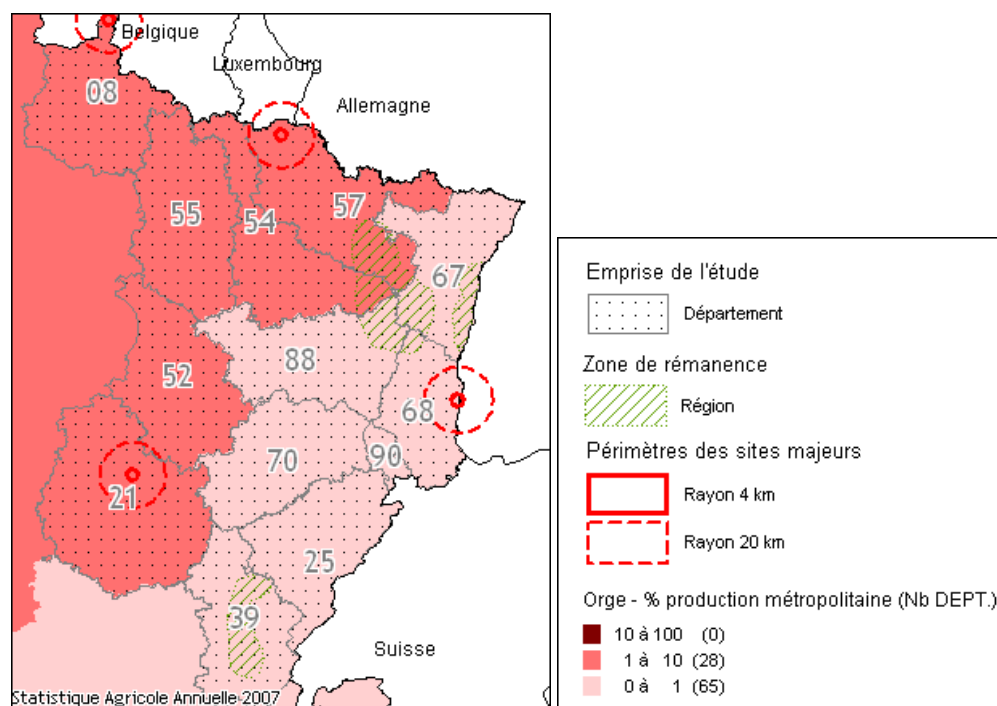


Figure 9 - Production d'orge et données disponibles.

L'IRSN acquiert régulièrement des données sur les céréales mais aucune spécifiquement l'orge. Ainsi dix prélèvements seront recherchés dans le cadre de ce constat radiologique (identifié par « CNE » dans le tableau ci-dessous).

Tableau 4 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production d'orge.

	Départements retenus					
	21	55	52	54	08	57
ZNI	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE
ZI	CNE	/	/	/	CNE	CNE
REM	/	/	/	non ⁸	/	CNE

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
/ : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département.

Un producteur d'orge sera recherché en zone non-influencée et en zone influencée dans les communes ci-dessous.

En zone non-influencée :

- Ouges (21) ;
- Ambly-sur-Meuse (55) ;
- Vaudremont (52) ;
- Limay-Remenauville (54) ;
- Saint-Pierre-à-Arnes (08) ;
- Meclèves (57).

⁸ La production en zone de rémanence ne sera pas recherchée, en effet, les zones sont montagneuses et ne permettraient pas un prélèvement représentatif de cette culture.

En zone influencée :

- Cattenom (57) ;
- Salives (21).
- Chooz (08). Les producteurs d'orge y sont identifiés suite à des études IRSN [30].

Bebing (57) en zone de rémanence.

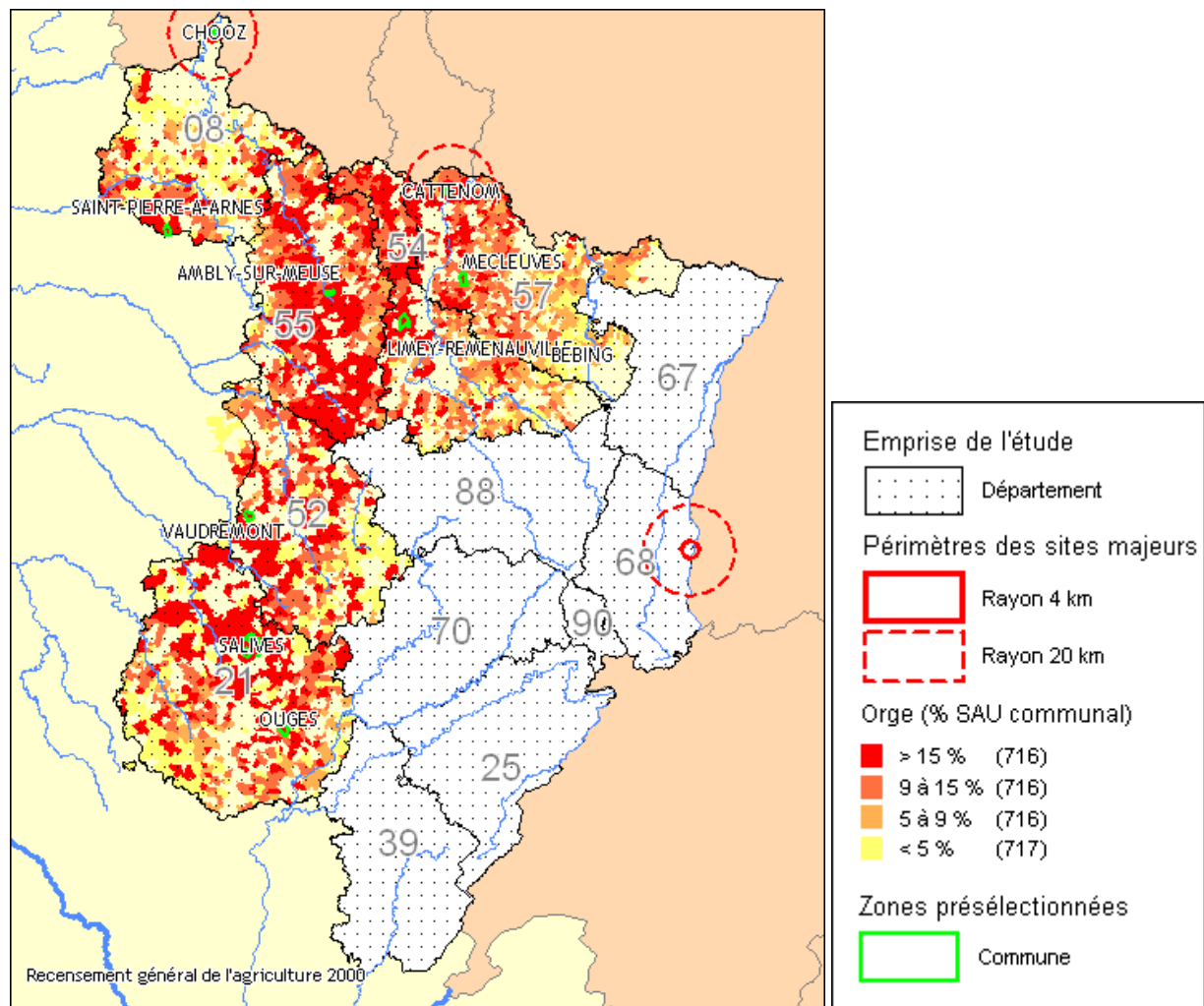


Figure 10 - Pré-localisation des prélèvements d'orge.

Annexe 4 - Pré-localisation des prélèvements de maïs

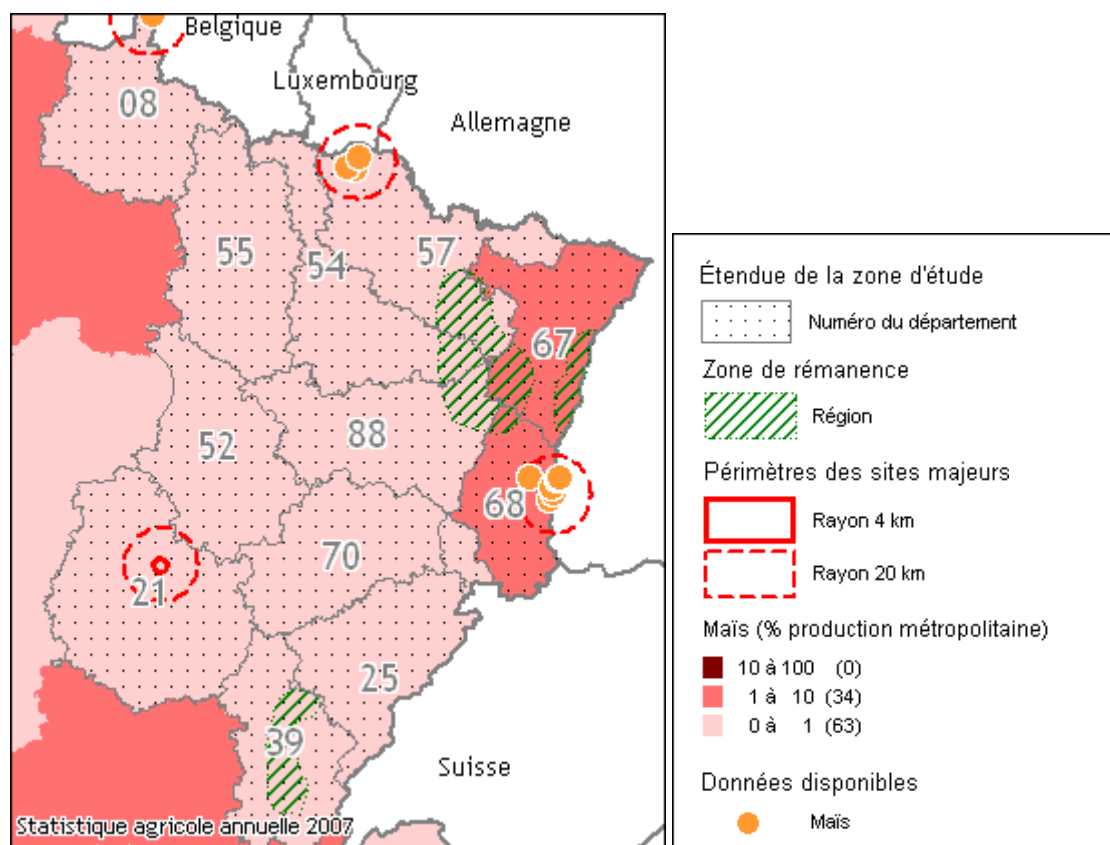


Figure 11 - Production de maïs et données disponibles.

Le département du Haut-Rhin (68) est déjà couvert par les résultats des prélèvements réalisés par l'IRSN au cours des dernières années en zone influencée et non influencée. D'autre part, sa zone de rémanence est trop montagneuse pour permettre une analyse représentative de cette production. Par contre, la zone non-influencée et les zones de rémanences retenues dans le Bas-Rhin (67) feront l'objet de prélèvements et d'analyses (identifié par « CNE » dans le tableau ci-dessous).

Tableau 5 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de maïs.

	Départements retenus	
	67	68
ZNI	CNE	IRSN
REM	CNE	non
ZI	/	IRSN

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
 / : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département.
 IRSN : résultat disponible ou en cours d'acquisition

Un producteur de maïs sera recherché à proximité d'Illkirch-Graffenstaden (REM67), l'autre en zone non influencée à l'extrême nord du département (Niederlauterbach) (figure 12).

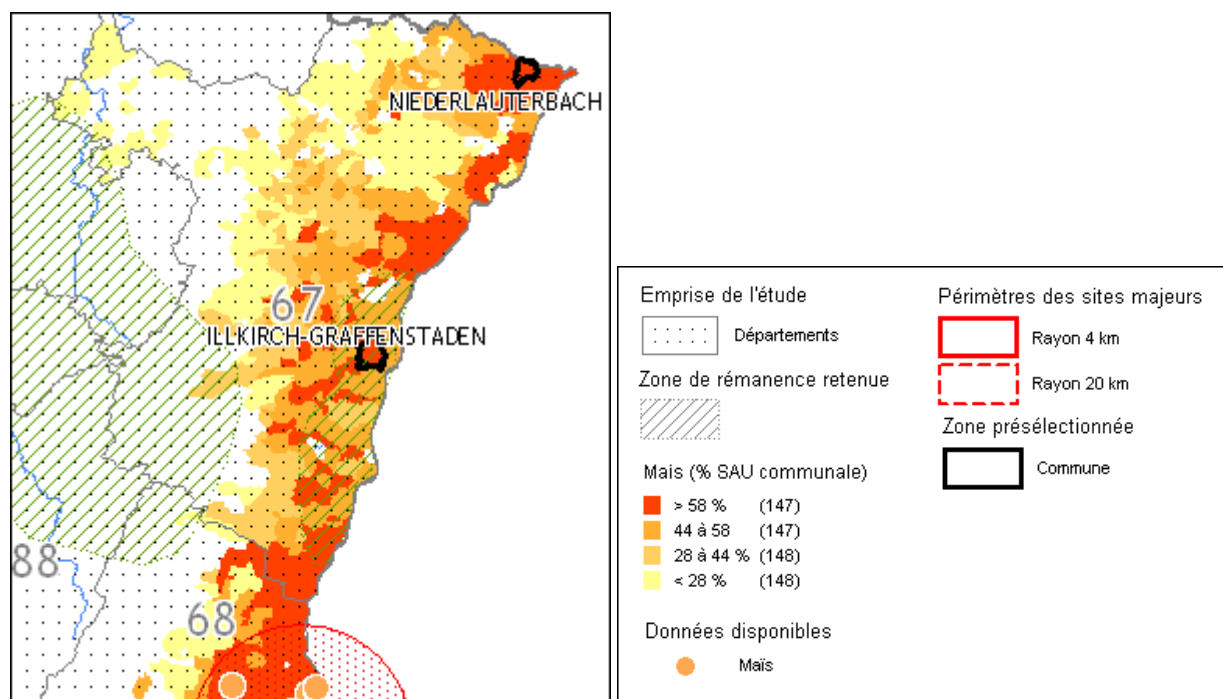


Figure 12 - Pré-localisation des prélèvements de maïs dans les départements les plus productifs.

Annexe 5 - Pré-localisation des prélèvements de colza hiver et navette

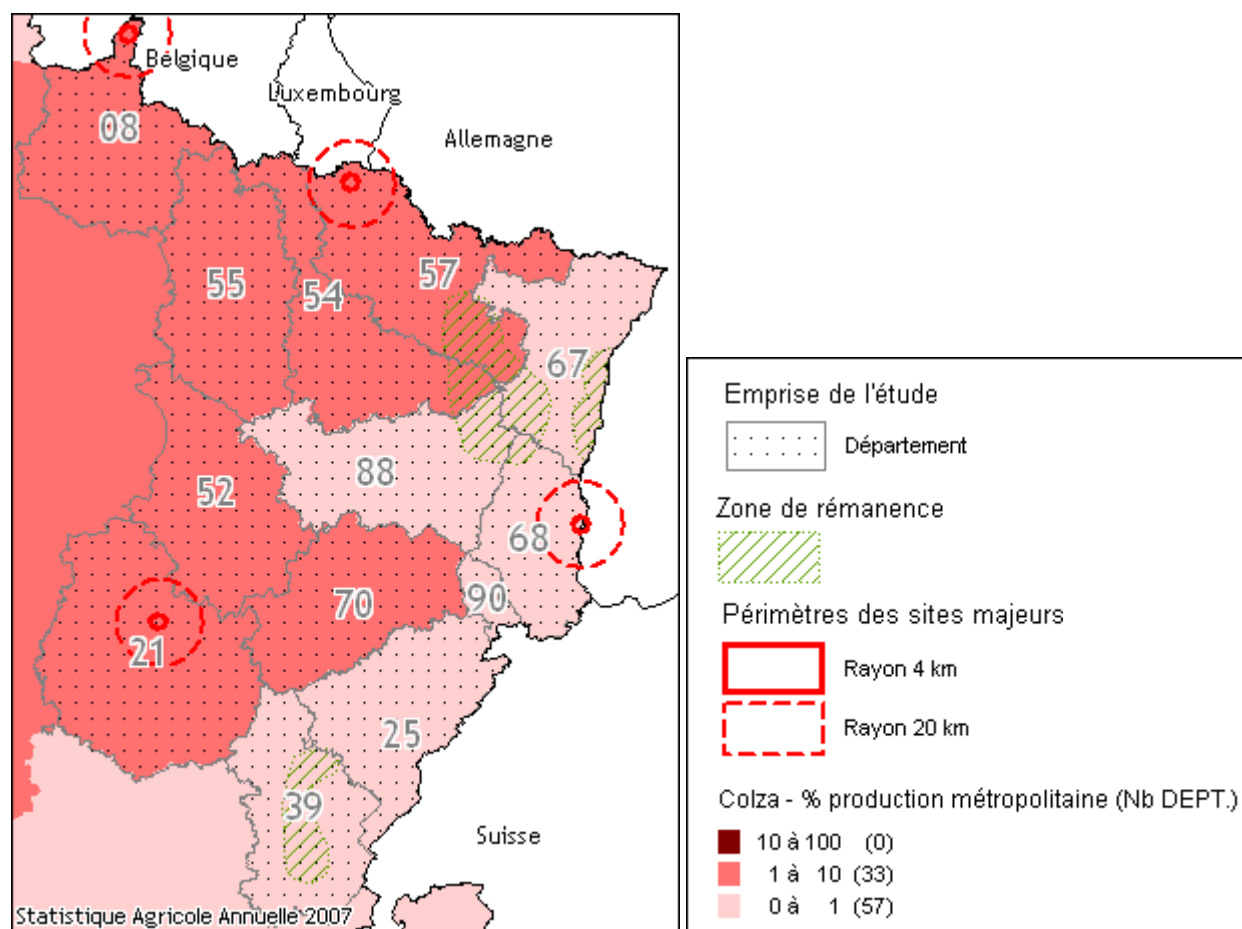


Figure 13 - Production de colza.

Aucune donnée n'est disponible dans la base de données de l'IRSN. 11 prélèvements seront donc menés (identifié par « CNE » dans le tableau ci-après)

Tableau 6 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de colza.

	Départements retenus						
	08	52	55	54	57	21	70
ZNI	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE
ZI	CNE	/	/	/	CNE	CNE	/
REM	/	/	/	non ⁹	CNE	/	/

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;

/ : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département.

IRSN : résultat disponible ou en cours d'acquisition

⁹ La production en zone de rémanence ne sera pas recherchée, en effet, les zones sont montagneuses et ne permettraient pas un prélèvement représentatif de cette culture.

Un producteur de colza sera recherché dans les communes ci-dessous.

En zone de rémanence :

- Buhl-Lorraine (57).

En zone non-influencée :

- Sailly (08) ;
- Ancerville (55) ;
- Raville-sur-Sanon (54) ;
- Bazoncourt (57) ;
- Bugnières (52) ;
- Franxault (21) ;
- Le-Pont-des-Planches (70).

En zone influencée :

- Chooz (08) ;
- Cattenom (57) ;
- Échalot (21).

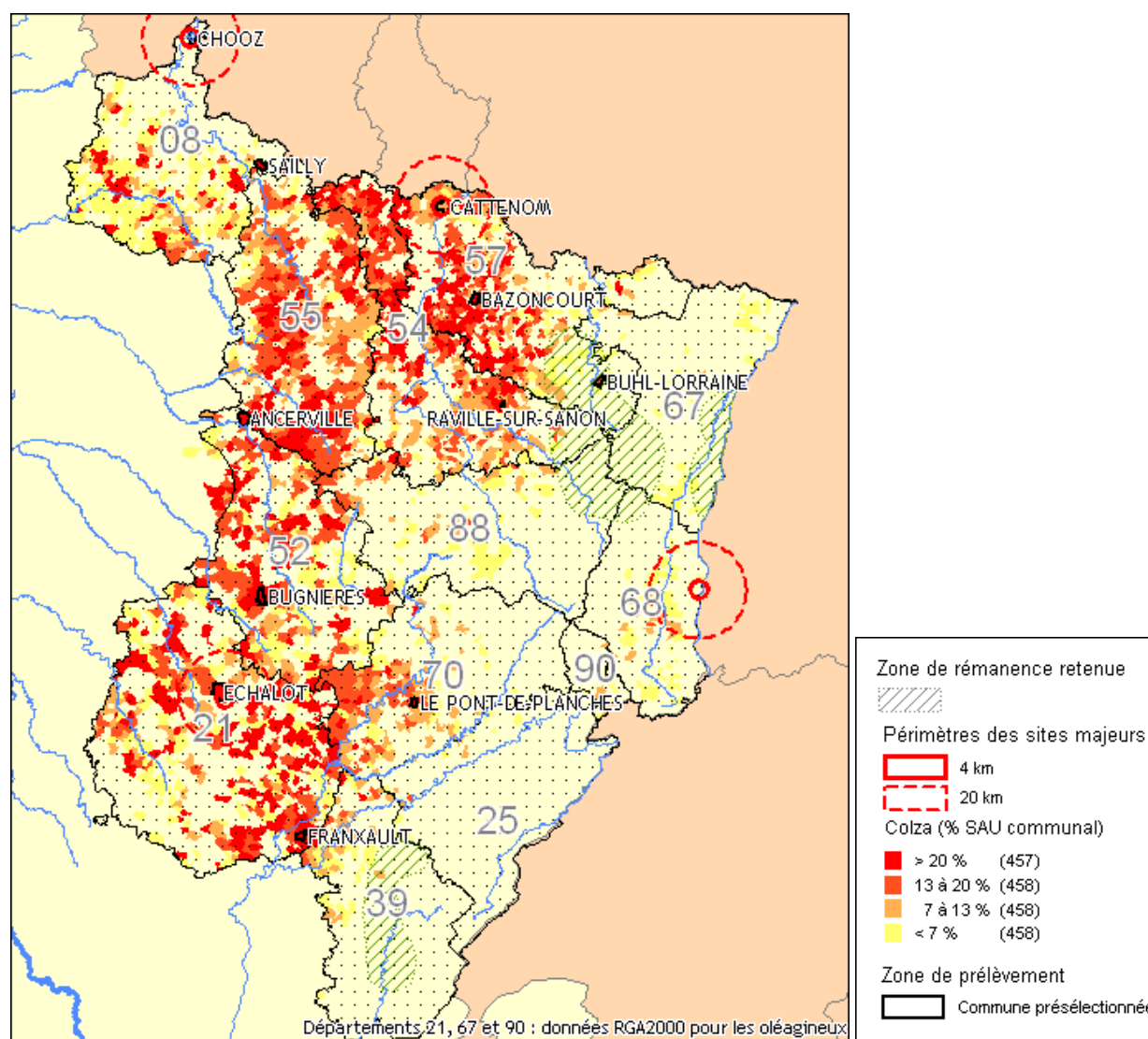


Figure 14 - Pré-localisation des prélèvements de colza.

Annexe 6 - Pré-localisation des prélèvements de soja

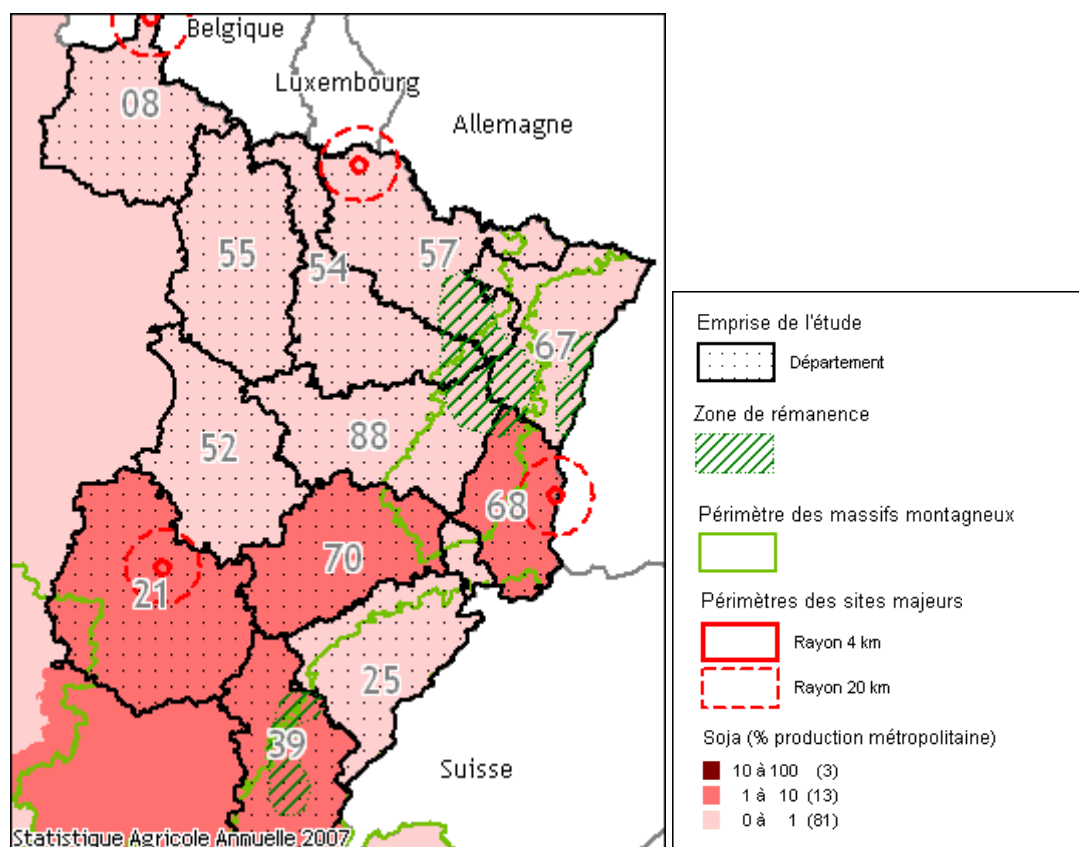


Figure 15 - Production de soja.

Aucune donnée sur la production de soja n'est disponible dans la base de données de l'IRSN depuis 1994. En 1988, un prélèvement avait fait l'objet d'une spectrométrie gamma et d'un comptage bêta global à proximité du site EDF de Chooz. Six prélèvements de soja seront donc réalisés (identifiés par « CNE dans le tableau ci-dessous).

Tableau 7 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de soja.

	Départements retenus			
	21	39	68	70
ZNI	CNE	CNE	CNE	CNE
REM	/	non ¹⁰	non	/
ZI	CNE	/	CNE	/

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
 / : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département.

¹⁰ La production en zone de rémanence ne sera pas recherchée, en effet, les zones sont montagneuses et ne permettraient pas un prélèvement représentatif de cette culture.

Le recensement général de l'agriculture [23] ne différencie pas les espèces d'oléagineux, aussi la présélection communale sera-t-elle très certainement contredite par l'enquête de terrain. La prospection d'un producteur de soja débutera par les communes suivantes :

- Dans la zone non-influencée :
 - o Chatillon-sur-Seine (21) ;
 - o Saint-Aubin (39) ;
 - o Berrwiller (68) ;
 - o Fouvent-Saint-Andoche (70).
- En zone de rémanence :
 - o Grozon (39), même si elle a un rang proche de la médiane parmi les communes productrices, elle est une des seules communes produisant des oléagineux dans la zone de rémanence du département du Jura (39).
- Dans la zone influencée :
 - o Echalot (Valduc) ;
 - o Enquête de terrain à moins de quatre kilomètres du site de Fessenheim car aucune commune n'est identifiée comme produisant des oléagineux.

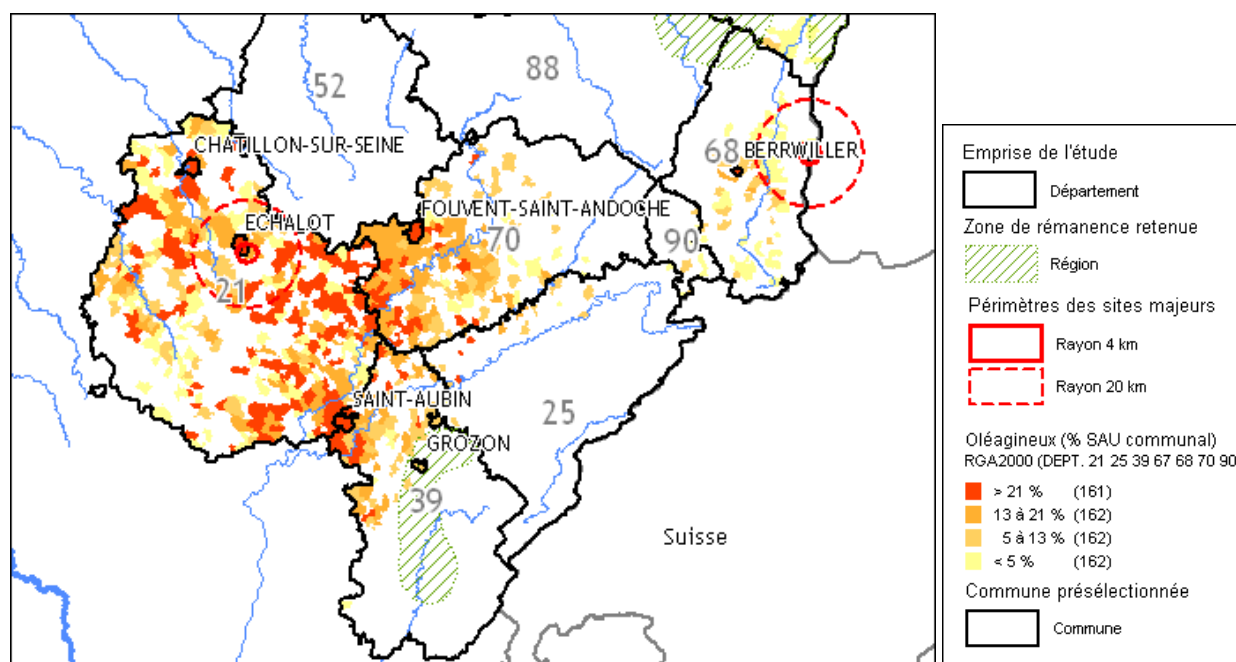


Figure 16 - Pré-localisation des prélèvements de soja.

Annexe 7 - Pré-localisation des prélèvements de betteraves industrielles

Les données AGRESTE 2007 [21] montrent un visage différent de la répartition de la production de betterave figurant dans le portail de la confédération générale des producteurs de betteraves, à partir de données de 2008 (figure ci-dessous d'après [22]). Aussi ce seront ces dernières, les plus récentes et sans doute les plus proches de la réalité du terrain qui seront utilisées.

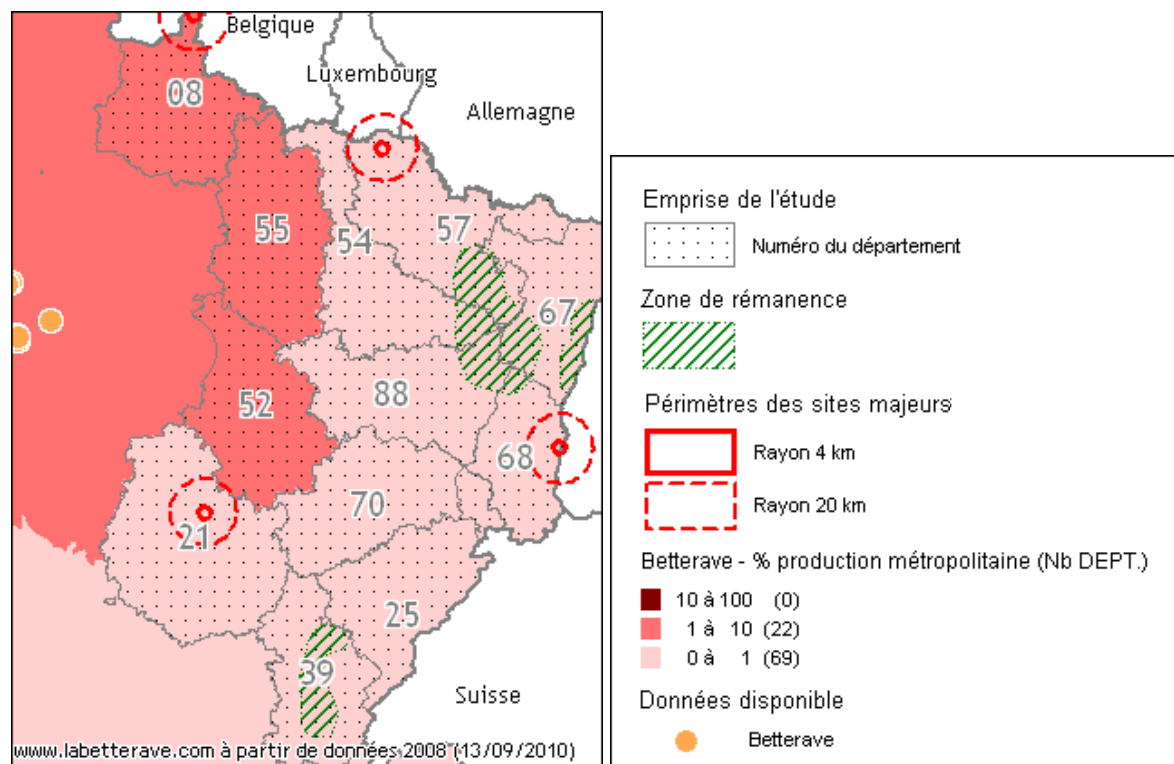


Figure 17 - Production de betterave et données disponibles.

Aucune donnée sur les betteraves n'est disponible sur l'emprise de l'étude dans la base de données IRSN.

Tableau 8 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de betterave.

	Départements retenus		
	08	52	55
ZNI	CNE	CNE	CNE
REM	/	/	/
ZI	non ¹¹	/	/

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
/ : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département.

Les données de production communales ne sont disponibles que pour deux des trois départements présélectionnés (08 et 52) [23].

La prospection de terrain débutera par les communes de Rethel dans les Ardennes (08) et Humbecourt dans la Haute-Marne (55) pour identifier un producteur de betterave dans chacun de ces départements. Dans le

¹¹ Les études d'occupation agricole du territoire menées par l'IRSN [32], ont montré qu'il n'y avait pas de production de betteraves sous les vents dominants de Chooz (08).

département de la Haute-Marne, également sélectionné, seule une enquête de terrain permettra de sélectionner la zone du prélèvement.

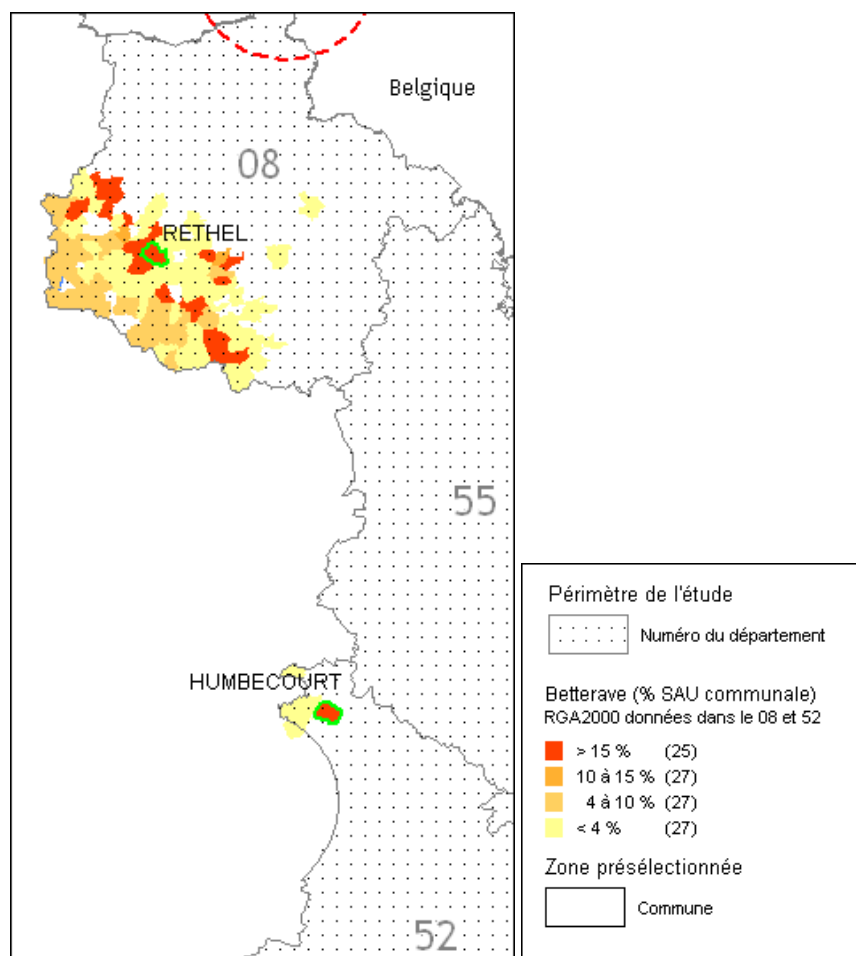


Figure 18 - Pré-localisation des prélèvements de betterave industrielle.

Annexe 8 -Pré-localisation des prélèvements de choux à choucroute

Aucune donnée de l'IRSN n'est disponible sur ces denrées dans les départements alsaciens, aussi deux prélèvements seront recherchés dans le Bas-Rhin (67), le premier dans la zone non-influencée, le second en zone de rémanence, si l'enquête de terrain révèle que cela est possible. Dans le Haut-Rhin, un prélèvement en zone non-influencée et le second en zone potentiellement influencée par les rejets atmosphériques du C.N.P.E. de Fessenheim seront recherchés.

Le recensement général de l'agriculture ne fournit pas de données statistiques à l'échelle communale sur les productions maraichères [23]. Le « pays des choux » s'étend sur le triangle Krautergersheim - Meistratzheim - Innenheim, et le déborde vers le bassin de l'Ehn. Il s'étend sur environ 650 hectares. Le Haut-Rhin ne produit presque plus de chou destiné à la choucroute ; le village de Wickerschwihr, à proximité de Colmar, en fut le dernier bastion. Aussi une équipe de terrain cherchera à identifier un producteur sur les communes de Krautergersheim et Colmar en zone non influencée du Bas-Rhin (67) et du Haut-Rhin (68), et à Balgau sous les vents du site de Fessenheim (68). La prospection de terrain s'attachera aussi à prélever des choux dans la zone de rémanence du Bas-Rhin (68).

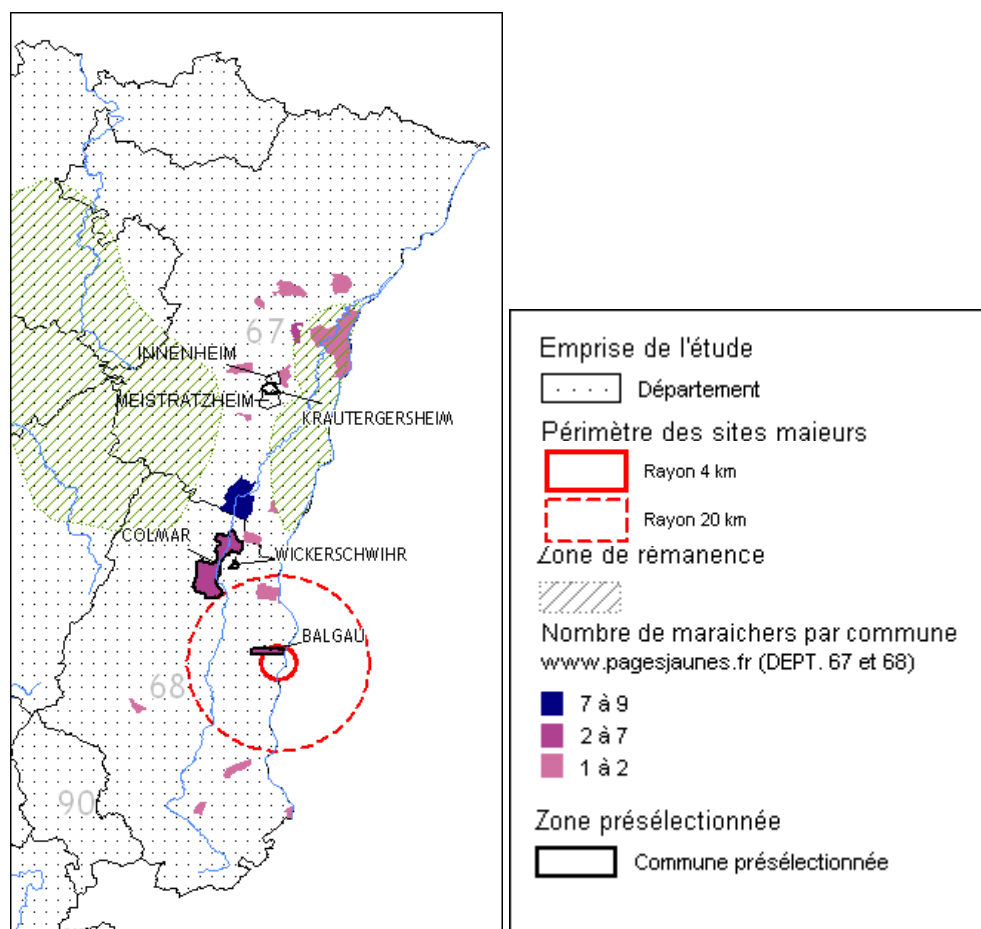


Figure 19 - Pré-localisation des prélèvements de choux à choucroute.

Annexe 9 - Pré-localisation des prélèvements de tabac

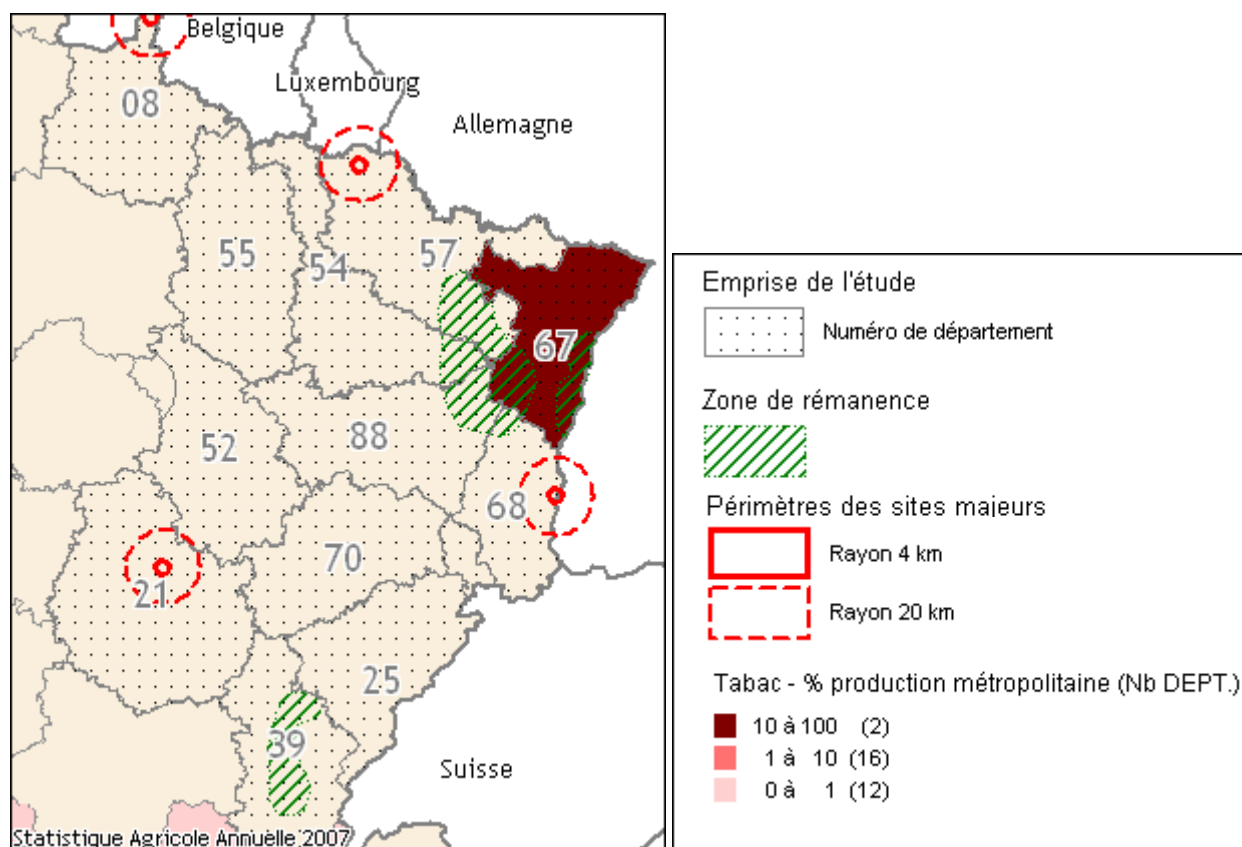


Figure 20 - Production de tabac.

Aucune donnée sur le tabac n'est disponible depuis 1977 dans la base de données de l'IRSN. Un prélèvement est à prévoir en zone non influencée ainsi que dans la zone de rémanence du Bas-Rhin (67).

Le recensement général de l'agriculture ne fournit pas de données communales pour cette production [23]. La Chambre d'agriculture indique que la production de tabac se concentre sur 45 ha dans la bande rhénane, sur les communes de Ried Nord, Bischwiller, Seltz et Lauterbourg [31].

La prospection de terrain cherchera à identifier un producteur de tabac à partir de la commune de Seltz.

Annexe 10 - Pré-localisation des prélèvements de houblon

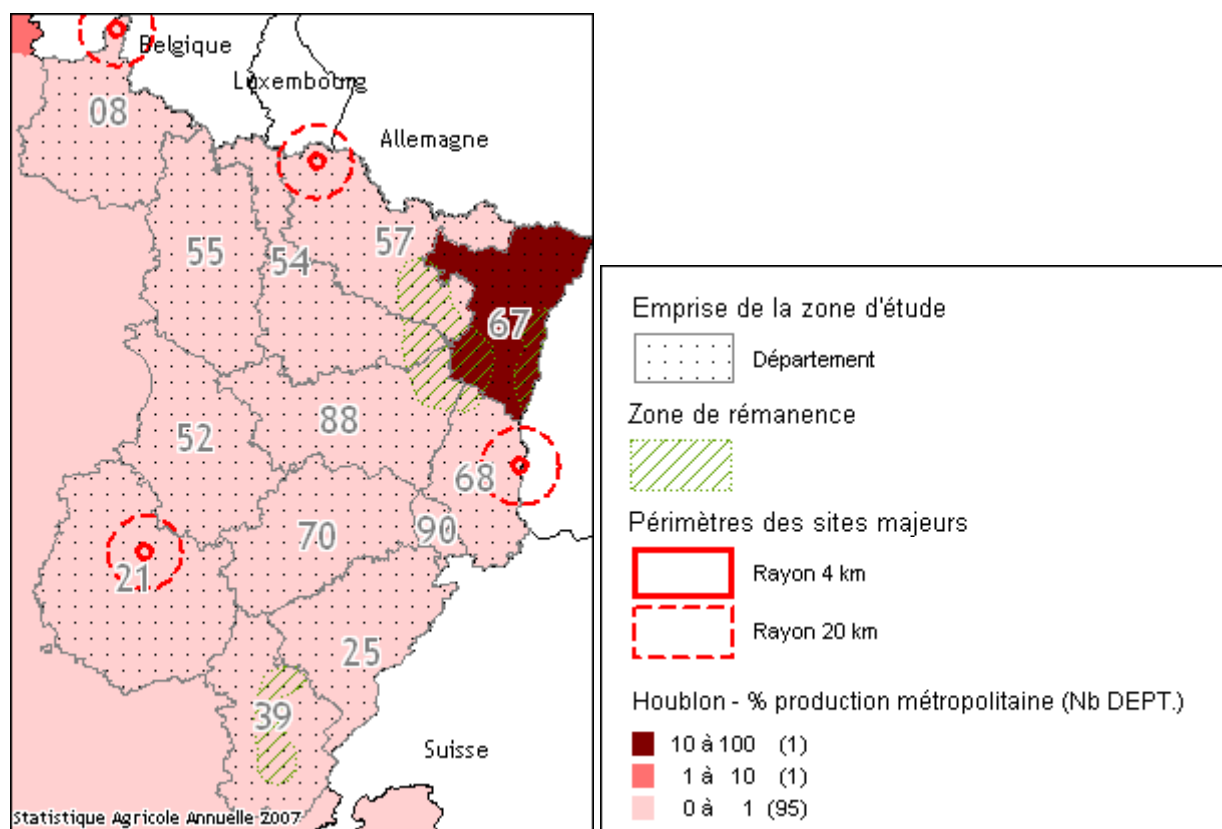


Figure 21 - Production de houblon.

Aucun prélèvement de houblon n'est recensé dans la base de données de l'IRSN. Deux prélèvements sont souhaitables, l'un dans la zone de rémanence du Bas-Rhin et le second hors zone de rémanence.

Le recensement général de l'agriculture ne fournit pas de données communales pour cette production [23]. Cependant, la chambre d'agriculture du Bas-Rhin indique que 16 % de la production de houblon se situe dans le Nord-Est du département (Agence de Développement Agricole et Rural (ADAR) du nord) et que 48 % sont produits dans la partie centrale du département (ADAR du Kochersberg) [31]. La prospection se concentrera sur l'ADAR du Kochersberg (cantons de Schiltigheim-Mundolsheim, Truchtersheim, Saverne, Marmoutier, Wasselonne, Molsheim ou Rosheim).

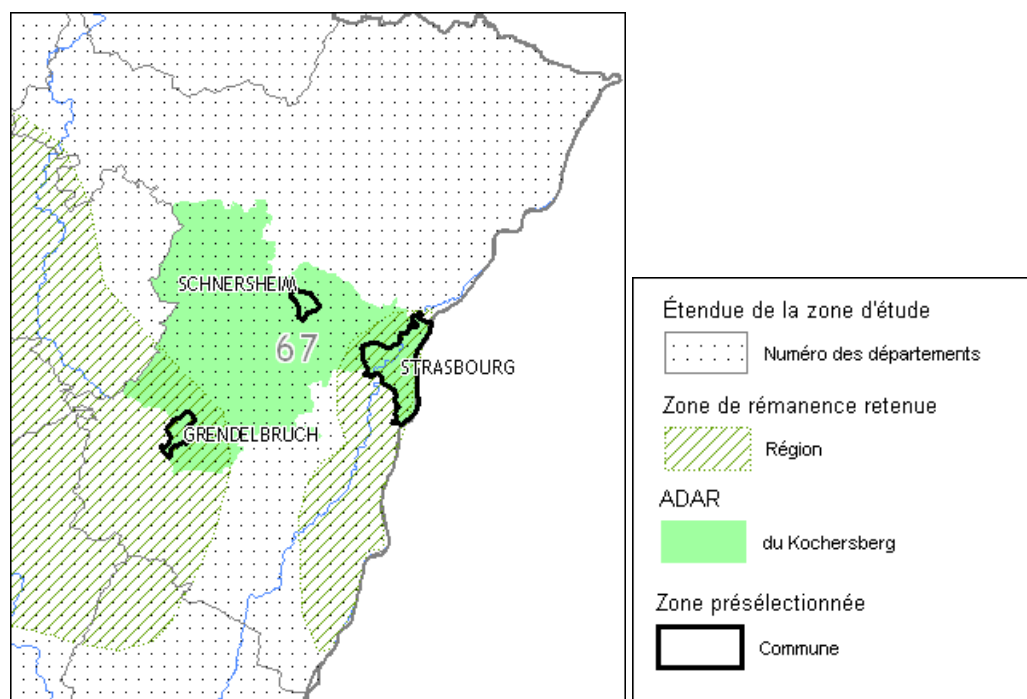


Figure 22 - Pré-localisation des prélèvements de houblon.

En zone non influencée, la prospection de terrain commencera sur la commune de Schersheim. Sur la commune de Grendelbruch, en zone de rémanence, une équipe de terrain recherchera un second producteur de houblon ; à défaut, la commune de Strasbourg, aussi en zone de rémanence, permettra de poursuivre la prospection.

La production de bière utilise la fleur du houblon. Ce sera l'objet essentiel des prélèvements. Cependant, il est intéressant de connaître les niveaux de radioactivité du reste de la plante ; en effet, sa croissance est très rapide, elle doit abondamment puiser dans le sol. Un prélèvement de plante entière sur chacune des zones de prélèvements de fleurs est ainsi planifié.

Annexe 11 - Pré-localisation des prélèvements de mirabelle

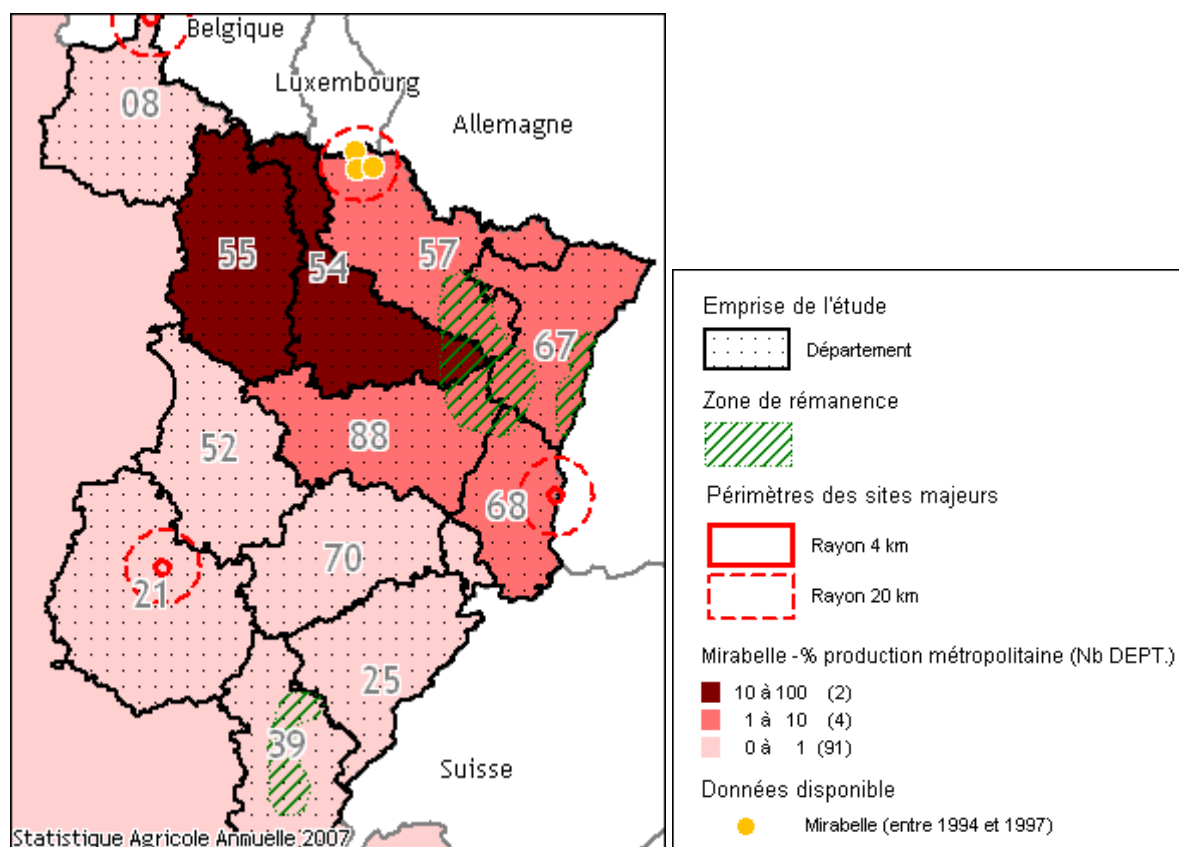


Figure 23 - Production de mirabelles et données disponibles.

Aucune donnée sur la radioactivité de la mirabelle n'est disponible depuis 2004. Entre 1994 et 1997 quelques analyses gamma ont été conduites à proximité du site EDF de Cattenom. Ces résultats sont maintenant anciens et méritent une mise à jour. Aussi, 13 prélèvements devront-ils être réalisés dans le cadre de ce constat radiologique (identifiés par « CNE » dans le tableau ci-dessous).

Le recensement général agricole de l'année 2000 [23] ne livre pas de données statistiques communales sur les cultures de fruits. La définition des communes de la zone de production des fruits de l'IGP (indication géographique protégée) permet de restreindre la zone de prospection [32]. Ainsi, les départements d'Alsace, et leurs zones influencées et de rémanence, ne feront pas l'objet de prélèvements car aucune commune n'est autorisée à y produire les « mirabelles de Lorraine ». Seule une enquête auprès des producteurs ou une prospection de terrain permettra d'identifier des zones de prélèvements.

Tableau 9 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de mirabelles.

	Départements retenus					
	54	55	67	88	68	57
ZNI	CNE	CNE	non	CNE	non	CNE
REM	/	/	non	CNE	non	CNE
ZI	/	/	/	/	non	CNE

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
/ : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département.

Annexe 12 - Pré-localisation des prélèvements de quetsches

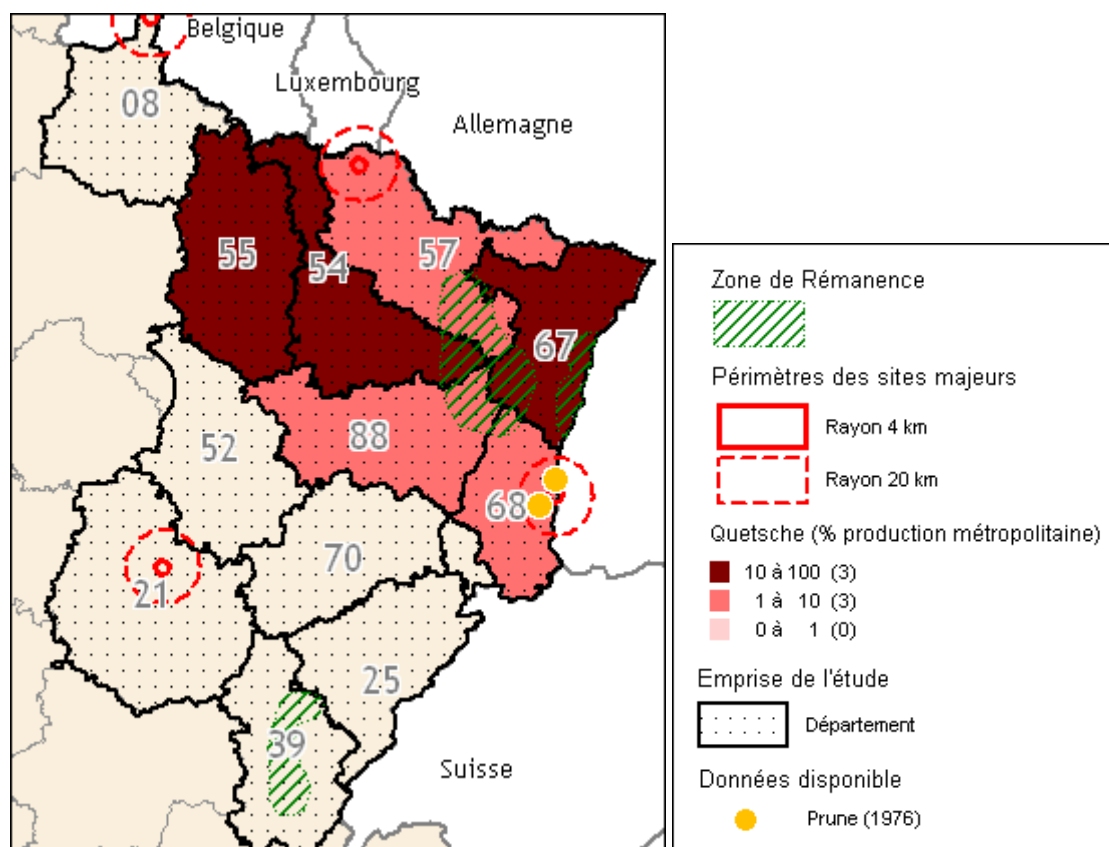


Figure 24 - Production de quetsches et données disponibles.

Aucune mesure de radioactivité sur les quetsches n'est disponible depuis 2004 à l'IRSN. En 1976, deux analyses gamma ont été conduites sur des prunes à proximité du site EDF de Fessenheim. Ces résultats sont maintenant anciens et méritent une mise à jour. Aussi, 13 prélèvements complémentaires devront-ils être réalisés dans le cadre de ce constat radiologique (identifiés par « CNE » dans le tableau ci-dessous).

Tableau 10 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées sur la production de quetsches.

	Départements retenus					
	67	55	54	68	88	57
ZNI	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE
REM	CNE	/	CNE	CNE	CNE	CNE
ZI	/	/	/	CNE	/	CNE

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
 / : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département.

Le recensement général agricole de l'année 2000 ne livre pas de données statistiques communales sur les cultures de fruits [23]. Seule l'enquête de terrain pourra fournir des informations sur la localisation de producteurs.

Annexe 13 - Pré-localisation des prélèvements de raisin

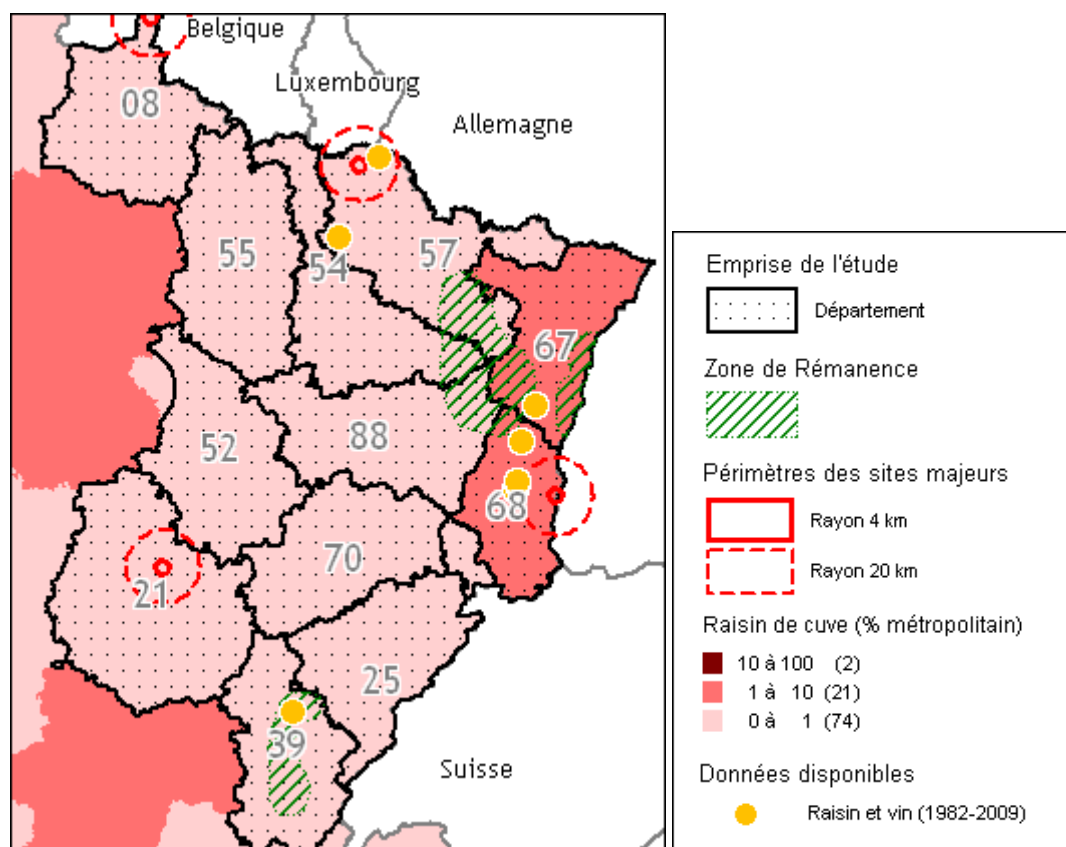


Figure 25 - Production de raisin et données disponibles.

L'IRSN a réalisé entre 1982 et 2009 une quinzaine de prélèvements et une cinquantaine d'analyses sur du raisin ou du vin dans le quart Nord-Est de la France (figure 25). Des données récentes sont ainsi disponibles dans le Haut-Rhin (68) en ZNI. Lors de la campagne de prélèvement du bilan radioécologique décennal du C.N.P.E. de Fessenheim, en 2009 [33], aucun producteur de raisin n'a été identifié en zone influencée. La surface de la zone de rémanence sur le département du Haut-Rhin (68) est réduite. Les vignobles sont localisés en bordure de celle-ci, le prélèvement qui pourrait y être réalisé ne serait pas représentatif de la production locale. Il faut acquérir des données dans la ZNI du Bas-Rhin (67) ainsi que dans la ZI et la ZNI de la Côte-d'Or (21).

Pour la pré-localisation des zones de collecte, c'est moins l'intérêt économique que culturel qui est pertinent, aussi cette présélection utilisera les délimitations géographique des AOC Alsace (Grand Cru d'Alsace, Vin d'Alsace et Crémant d'Alsace) et Bourgogne (Côte de Nuits et Côte de Beaune).

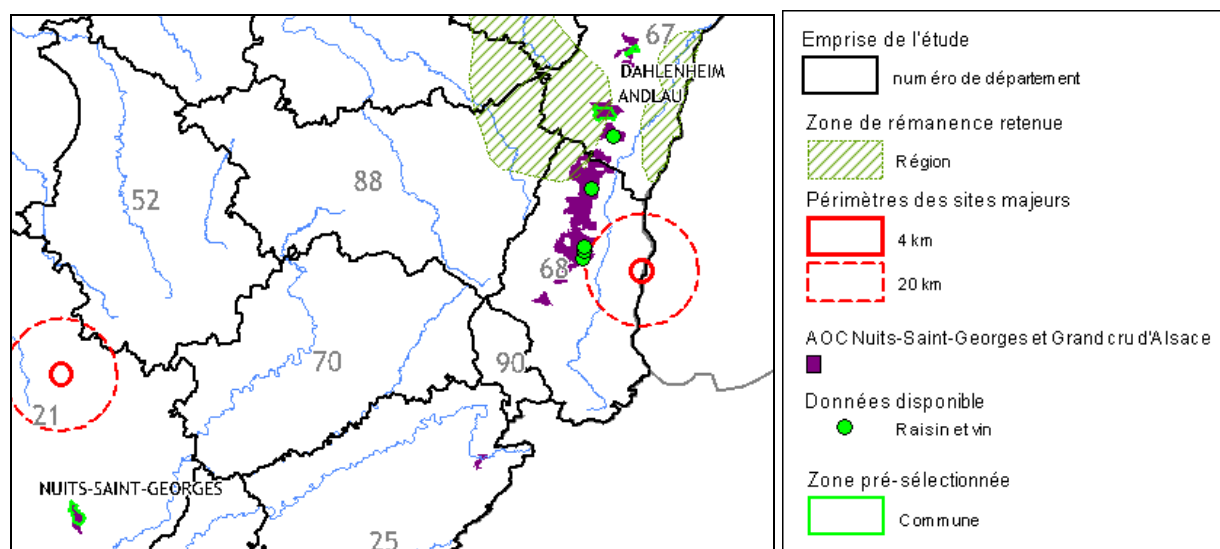


Figure 26 - Pré-localisation des prélèvements de raisin et vin

Un prélèvement sera recherché sur la commune de l'Andlaun, à proximité de la zone de rémanence du département du Bas-Rhin (67). Ses analyses seront comparées à celles du prélèvement prévu en zone non influencée du même département (Dahlenheim). Dans le département de Côte-d'Or, l'AOC Bourgogne fera l'objet d'un prélèvement complémentaire en zone non influencée (Nuits-Saint-Georges). Une prospection de terrain tentera d'identifier une zone de prélèvement dans la zone potentiellement influencée du site de Valduc.

Annexe 14 - Pré-localisation des prélèvements de lait de vache

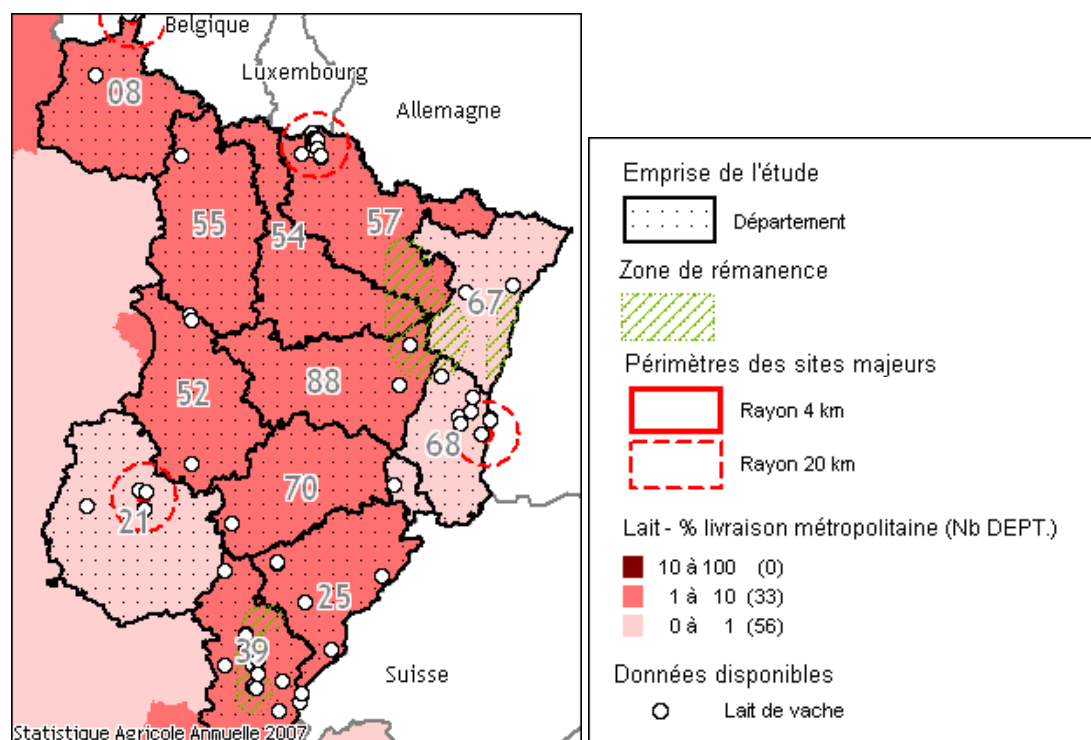


Figure 27 - Production de lait et données disponibles.

Les zones de rémanences et les zones potentiellement influencées des départements sélectionnés sont couvertes par la surveillance et les études antérieures de l'IRSN (Figure 27). Parmi les sites nucléaires majeurs du Nord-Est de la France, seul celui de Valduc nécessite des analyses complémentaires de lait. En effet, même si économiquement cette production n'est pas très importante dans le département de la Côte-d'Or (21), il est intéressant de compléter les mesures menées par l'IRSN et la DGAL par des analyses très bas bruit de fond.

Les zones de rémanences seront correctement couvertes par ce constat radiologique avec des mesures complémentaires dans le sud-est de la Moselle (57) et un autre dans l'est de la Meurthe-Et-Moselle (54).

En zone non influencée, huit départements (08, 21, 25, 39, 54 et 57, 67 et 68, 88 et 90) devraient faire l'objet d'une surveillance en collaboration avec la DGAL. De plus, au cours des années 2010-2011, des prélèvements et analyses seront réalisés dans les départements 55 et 52 par l'IRSN. La couverture des départements sera déjà bonne en l'état. Malgré tout, la production laitière de 5 départements (88, 70, 54, 08 et 57) sera échantillonnée (identifiés par « CNE » dans le tableau ci-dessous) pour pouvoir exploiter des analyses très bas bruit de fond sur l'ensemble de l'étendue de l'étude.

Tableau 11 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de lait de vache.

	Départements retenus								
	25	88	55	57	39	54	52	70	08
ZNI	IRSN	IRSN + CNE	IRSN	IRSN + CNE	IRSN	IRSN + CNE	IRSN	CNE	IRSN + CNE
REM	IRSN	IRSN	/	CNE	IRSN	CNE	/	/	/
ZI	/	/	/	IRSN	/	/	/	/	IRSN

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
 / : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département ;
 IRSN : résultat disponible ou en cours d'acquisition.

La prospection d'un producteur de lait débutera par les communes suivantes :

- Le Chesne (08) ;
- Drouville (54) ;
- Servigny-les-Raville, Langatte et Hattigny (57)
- Le Val-D'Ajol (88)
- Dampierre-sur-Linotte (70) ;
- Salives (ZI 21).

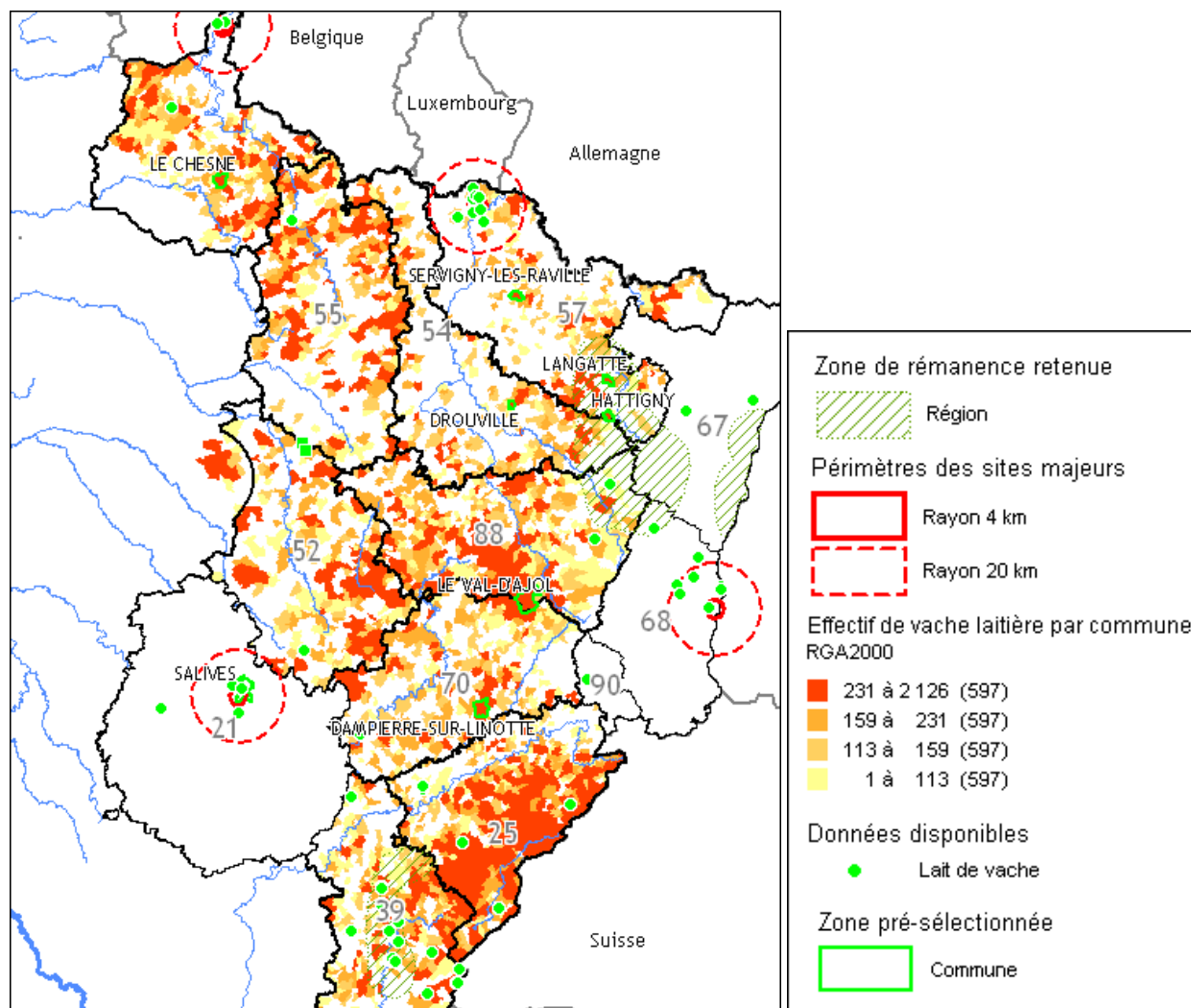


Figure 28 - Pré-localisation des prélèvements de lait de vache.

Annexe 15 - Pré-localisation des prélèvements de viande de bœuf

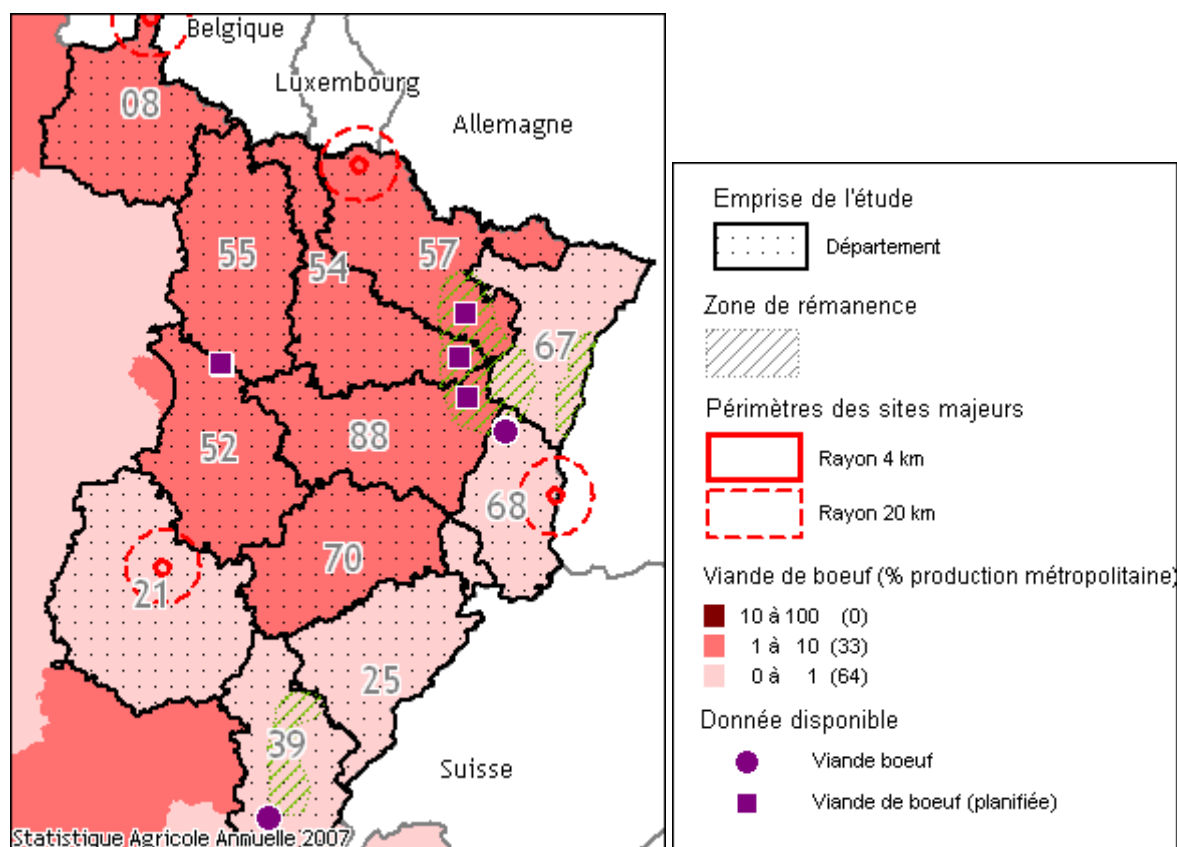


Figure 29 - Production de viande bovine et données disponibles.

Dans le cadre de la surveillance du territoire, de la viande bœuf devrait être collectée, en collaboration avec la DGAL, dans les zones de rémanences des départements 57, 88 et 54 sélectionnés pour cette étude[24]. La Haute-Marne et la Meuse feront l'objet de prélèvements au cours des années 2010 et 2011 dans le cadre d'une étude à proximité du site ANDRA de Bure. Dans le cadre de la surveillance de l'IRSN aucun prélèvement systématique n'est planifié en zone non influencée, hors zone de rémanence, sur les départements retenus pour cet état radioécologique [24]. Il est donc prévu un prélèvement par département en déficit d'analyses (57, 08, 88, 54 et 70). Sur les sites nucléaires majeurs de Cattenom et Chooz, est planifié de rechercher un producteur de viande en zone potentiellement influencée.

Tableau 12 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de viande de bœuf.

	Départements retenus						
	57	08	88	55	54	52	70
ZNI	CNE	CNE	CNE	IRSN	CNE	IRSN	CNE
REM	IRSN	/	IRSN	/	IRSN	/	/
ZI	CNE	CNE	/	/	/	/	/

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
 / : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département ;
 IRSN : résultat disponible ou en cours d'acquisition.

La consommation de bœuf est nettement supérieure à celle de veaux (respectivement 22,5 contre 4,3 kg par habitant et par an en 2003 d'après le CRÉDOC). C'est pourquoi les données statistiques communales de l'effectif total bovin sont préférées aux données statistiques communales de l'effectif de vaches nourrices [23].

La prospection d'un producteur de viande de bœuf débutera par les communes suivantes :

- Dans la zone influencée :
 - o Charnois (CHO) ;
 - o Cattenom (CAT).
- Dans la zone non-influencée :
 - o Grostenquin (57) ;
 - o Harol (88) ;
 - o Signy-L'abbaye (08) ;
 - o Varangeville (54) ;
 - o Champlitte (70).

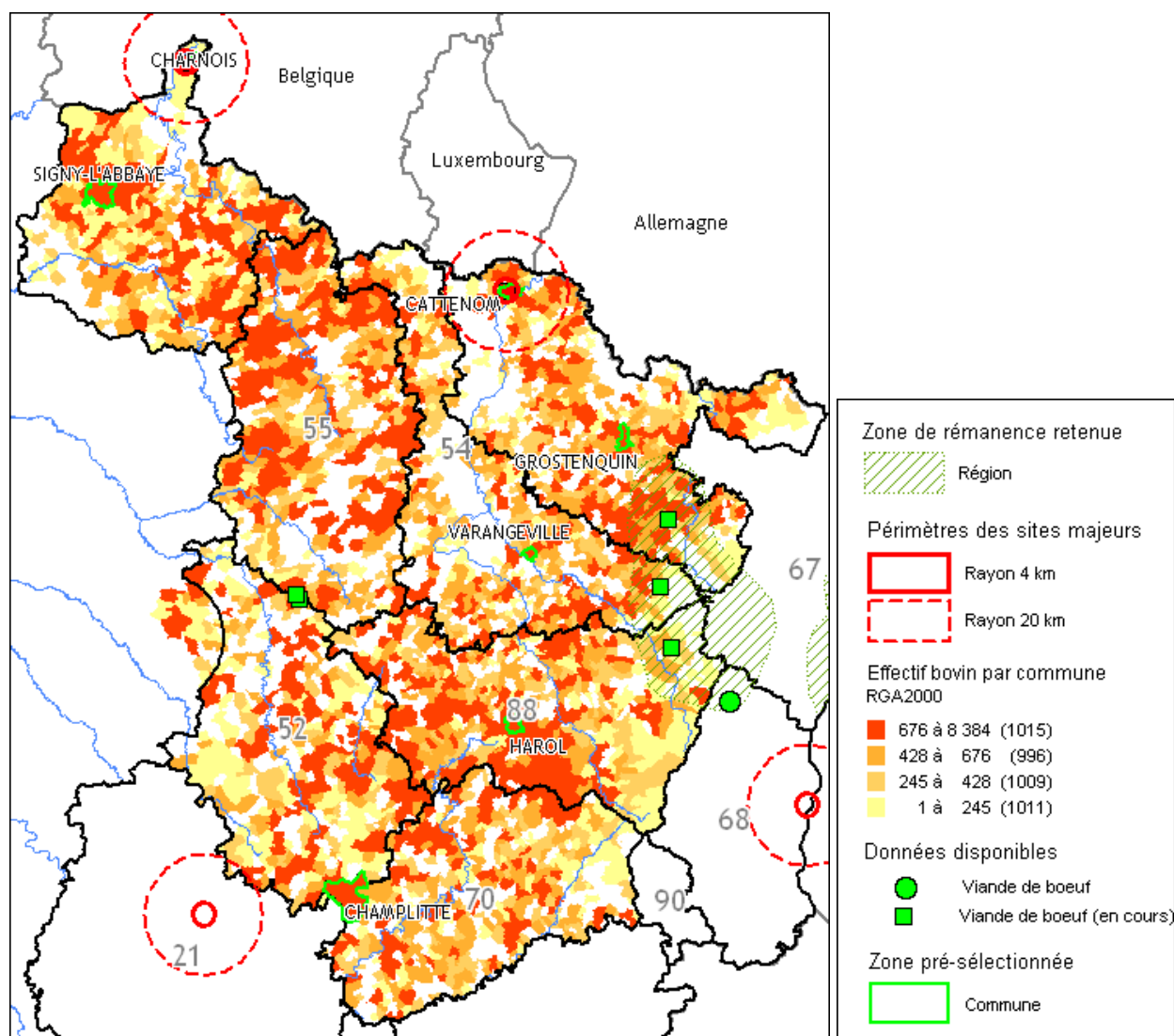


Figure 30 - Pré-localisation des prélèvements de viande de bœuf.

Annexe 16 - Pré-localisation des prélèvements de volaille (chair)

AGRESTE ne fournit pas de données statistiques au niveau départemental. Cependant les données au niveau régional montrent qu'une production de volaille existe en Bourgogne (3,4 % de la production métropolitaine) et surtout que le nombre d'IGP¹² (volaille de Bourgogne, du plateau de Langres et de Champagne) et leur contribution emblématique est forte dans cette zone (tableau 13 d'après [32]). Il est à noter que l'AOC volaille de Bresse n'intéresse que quelques communes de l'ouest du Jura.

Tableau 13 - Nombre d'indication géographique protégée de volaille par département.

Département	52	21	08	39	55	67	68	70	25	54	57	88	90
Volaille de Bourgogne	1	1		1				1					
Volaille du plateau de Langres	1	1											
Volaille de Champagne	1		1		1								
Volaille d'Alsace						1	1						

La production de volailles des départements de la Côte-d'Or (21) et de la Haute-Marne (52) fera l'objet d'un état radiologique dans le cadre de ce constat. Aucune donnée contemporaine n'est disponible ou en cours de d'acquisition par l'IRSN dans le quart Nord-Est de la France. Deux prélèvements seront donc menés en zone non influencée de ces deux départements ainsi qu'une prospection de terrain dans la zone potentiellement influencée par le site de Valduc dans le département de la Côte-d'Or.

Les données communales, nécessaire à la pré-localisation des zones de prélèvements, regroupent probablement des volailles chairs et pondeuses ce qui donne à l'Alsace, zone de production d'œuf, un poids statistique beaucoup plus fort qu'avec les données régionales [23]. La pré-localisation ne tiendra cependant compte que des départements 21 et 52 qui ont été retenus lors de la sélection (Annexe 1). Au sein de ces départements, il y a sans doute des communes productrices d'œuf car les effectifs communaux ne semblent pas cohérents entre eux. Les effectifs communaux les plus élevés, dont la valeur dépasse celle de l'aberrant¹³ supérieur de ce jeu de données, sont identifiés en bleu dans la figure 31. Les communes dont l'effectif lui est inférieur, y sont classées en quartiles.

¹² L'indication géographique protégée (IGP) est un signe officiel européen d'origine et de qualité qui permet de défendre les noms géographiques et offre une possibilité de déterminer l'origine d'un produit alimentaire quand il tire une partie de la spécificité de cette origine.

¹³ Aberrant supérieur = 3^{ème} quartile + 1,5 x (3^{ème} quartile - 1^{er} quartile)

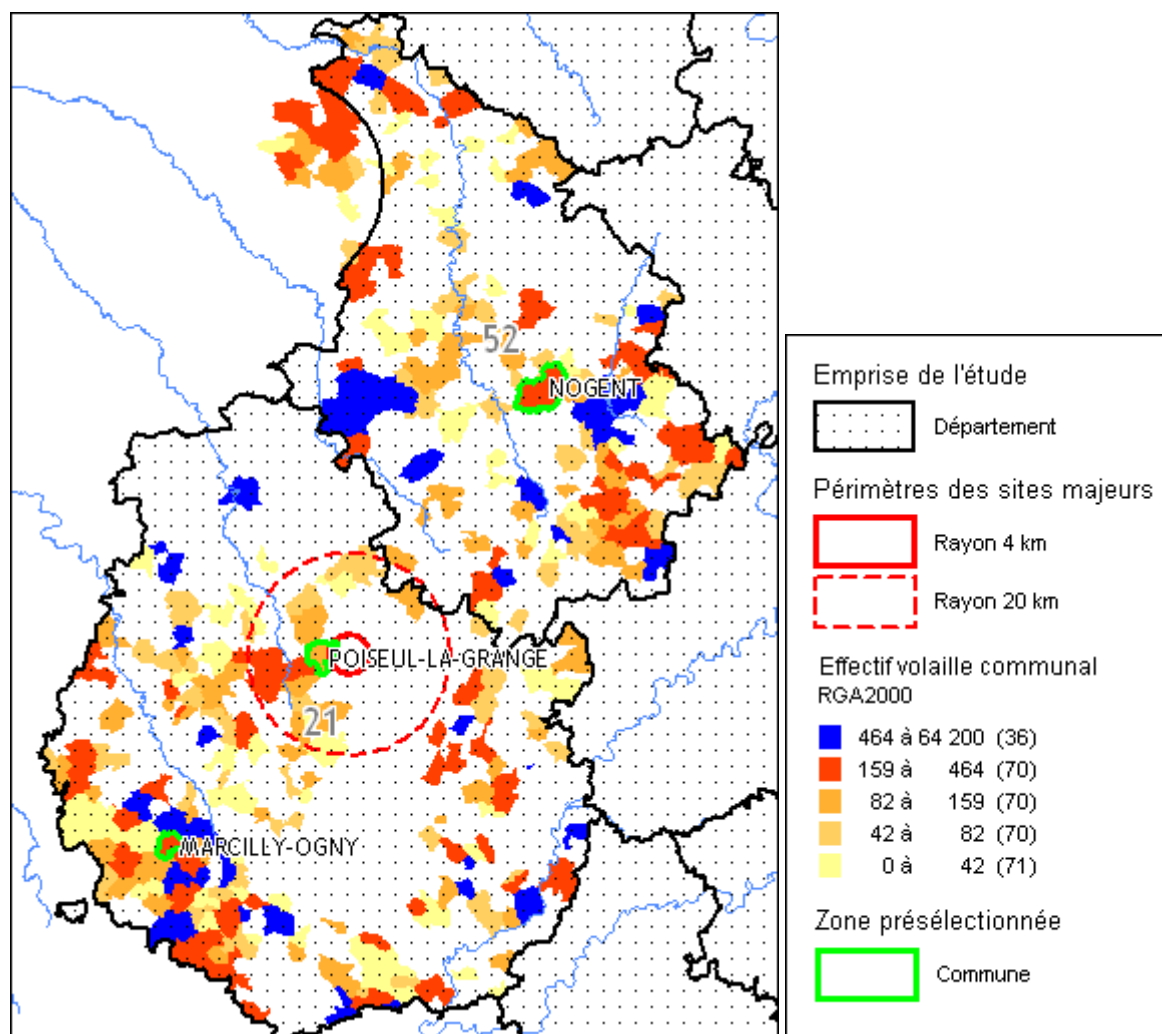


Figure 31 - Pré-localisation des prélèvements de volaille.

Communes présélectionnées en zone non-influencée :

- Marcilly-ogny (21) ;
- Nogent (52).

Communes présélectionnées dans la zone potentiellement influencée de Valduc:

- Poiseuil-la-Grange (21).

Annexe 17 - Pré-localisation des prélèvements de munster

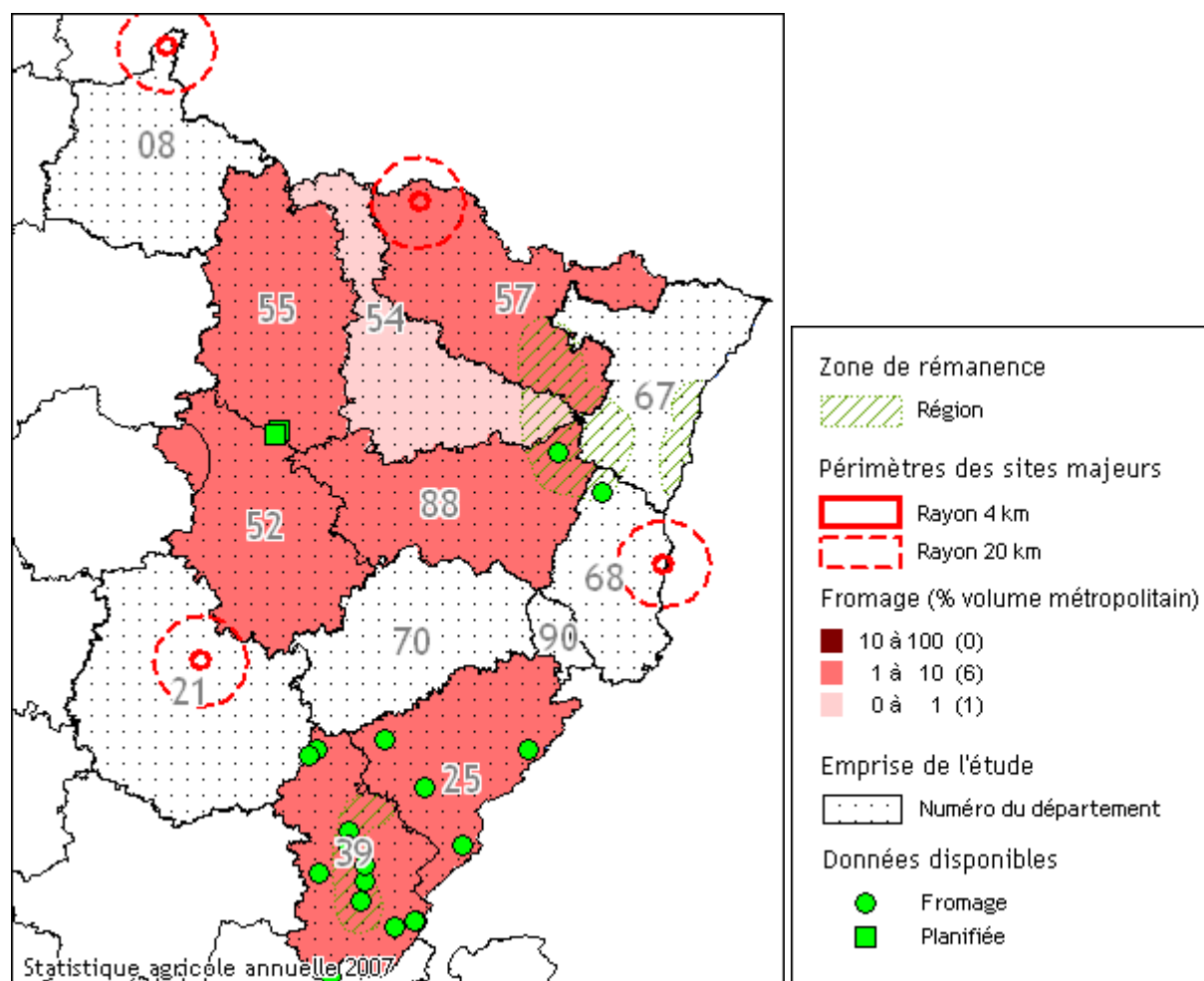


Figure 32 - Production de fromage et données disponibles.

Les départements du Doubs et du Jura sont bien couverts par des analyses de l'IRSN sur le fromage [19]. La partie sud de la zone de rémanence du massif des Vosges et du Jura a fait l'objet de plusieurs observations au cours des dernières années. De plus, au cours des années 2010 et 2011 des prélèvements sont planifiés pour une l'étude IRSN autour du site ANDRA de Bure dans les départements de Haute-Marne et de Meuse.

Une même variété de fromage sera privilégiée lors des prélèvements pour s'affranchir de la variabilité due au mode de production des fromageries. Le munster étant le plus répandu des fromages produit sur le périmètre de ce constat radiologique, c'est chez ses producteurs que nous collecterons nos échantillons.

Tableau 14 - Localisation départementale et source des données qui seront exploitées pour la production de fromage.

	Départements retenus					
	88	55	25	57	52	39
ZNI	CNE	IRSN	IRSN	CNE	IRSN	IRSN
REM	IRSN	/	/	CNE	/	IRSN
ZI	/	/	/	CNE	/	/

CNE : prélèvement complémentaire dans le cadre du constat radiologique Nord-Est ;
 / : absence de zones de rémanence ou influencée dans le département ;
 IRSN : résultat disponible ou en cours d'acquisition.

Pour cette matrice, le recensement général agricole n'apporte pas d'information à l'échelle communale, nous utiliserons donc l'effectif de vaches laitières pour présélectionner les communes de prospection [23]. En privilégiant les communes sur lesquelles un prélèvement de lait est planifié, un producteur de fromage sera recherché sur les communes dont l'effectif en vaches laitières est au moins supérieur au 3^{ème} quartile dans l'emprise de l'étude (231 vaches laitières) :

En zone non-influencée :

- Servigny-les-Raville (57) ;
- Le Val-D'Ajol (88).

En zone de rémanence :

- Langatte (57).

En zone potentiellement influencée :

- Breistroff-La-Grande (57).

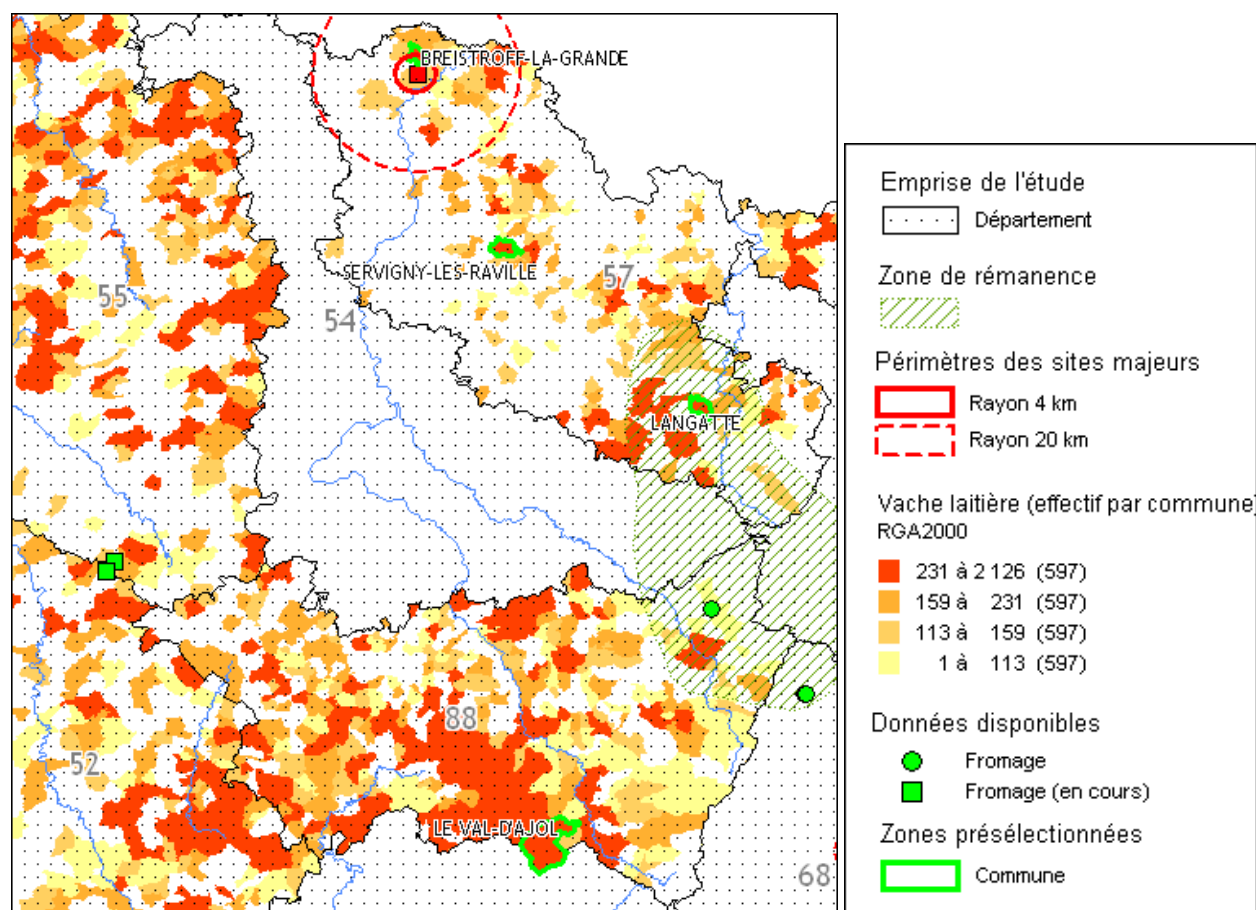


Figure 33 - Pré-localisation des prélèvements de munster.

Annexe 18 - Pré-localisation des prélèvements de miel

Des données IRSN sont d'ores et déjà disponibles dans le Jura et le Haut-Rhin, un prélèvement de « Miel des Vosges » en zone non influencée dans le département des Vosges et un second en au centre de la zone de rémanence, à la frontière de la Meurthe-et-Moselle et des Vosges, viendront les compléter.

L'IRSN commencera la prospection d'un producteur de miel à Basse-sur-le-Rupt en zone non influencée dans le département des Vosges et à Bertrambois en zone de rémanence.

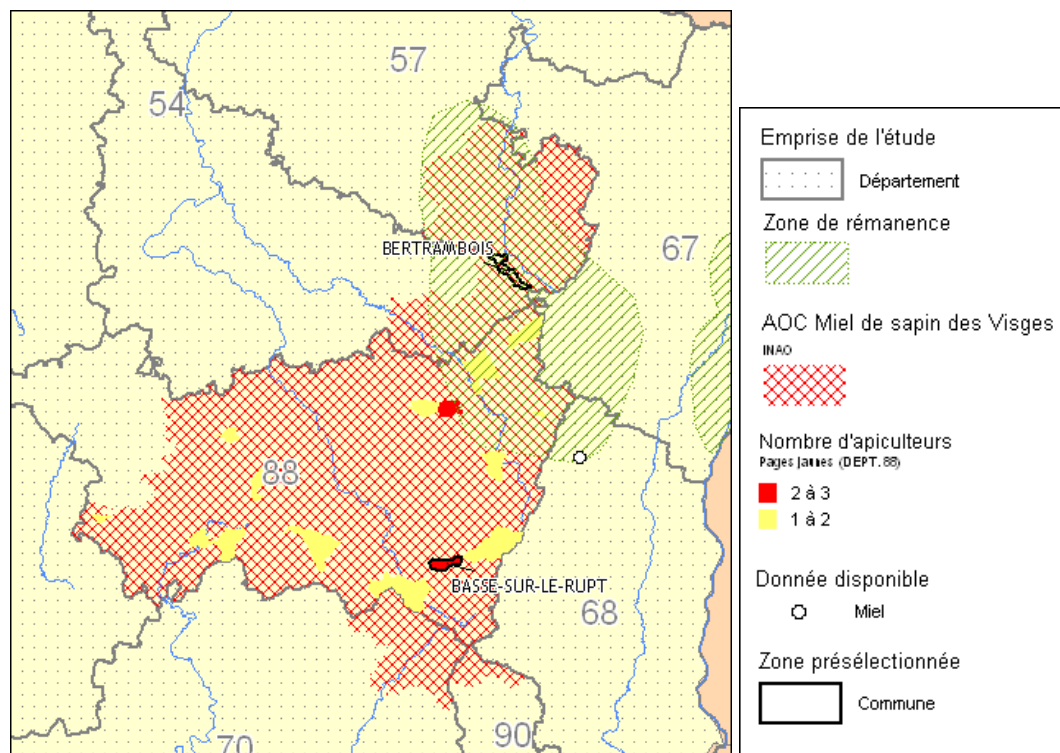


Figure 34 - Pré-localisation des prélèvements de miel.

Annexe 19 - Pré-localisation des prélèvements de myrtilles

Huit analyses de myrtilles ont été conduites depuis 2004 dans ce secteur du territoire français (Vosges et Jura). Le secteur du site ANDRA de Bure (Meuse) sera prospecté au cours des années 2010-2011. Un prélèvement complémentaire est planifié pour ce constat sur la partie nord du massif vosgien. D'autre part, 46 % des producteurs de myrtilles sont localisés en Lorraine dans le département des Vosges [34]. Il paraît donc pertinent de chercher à collecter des myrtilles chez l'un de ces exploitants. Pour comparer les niveaux d'activités des myrtilles de productions avec ceux des myrtilles sauvages, nous tenterons de réaliser des prélèvements proches l'un de l'autre (altitude et distance).

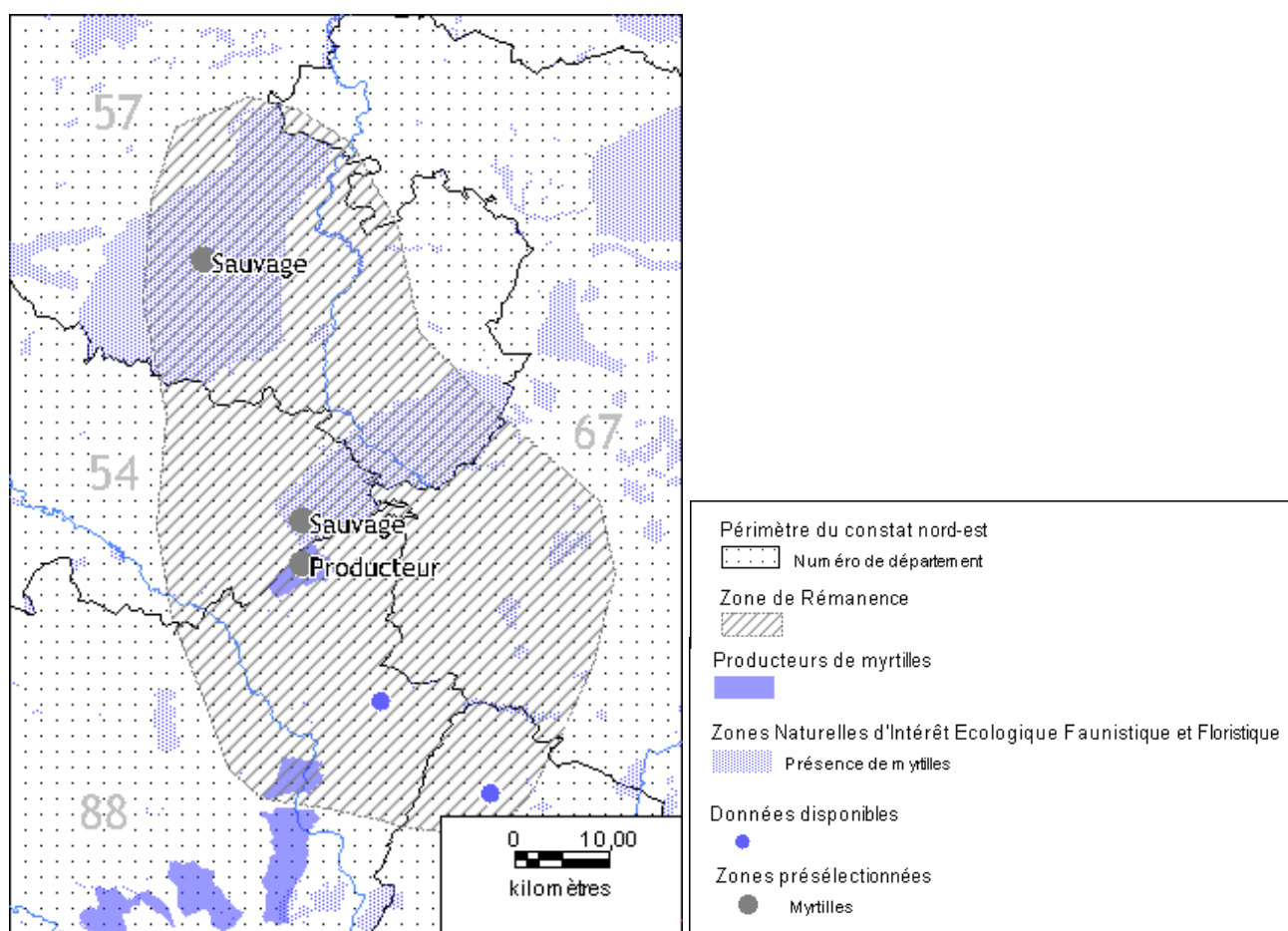


Figure 35 - Pré-localisation des prélèvements de myrtilles.

Annexe 20 - Pré-localisation des prélèvements de légume-feuille

Des analyses très bas bruit de fond seront conduites spécifiquement pour ce constat sur des salades prélevées dans les départements de Côte-d'Or (21) et des Vosges (88). Les zones de rémanence du département du Jura et du sud-est de la Moselle feront, elles aussi, l'objet une analyse bas bruit de fond. De même sous les vents des installations de Valduc et de Chooz un prélèvement complémentaire sera recherché (Figure 36).

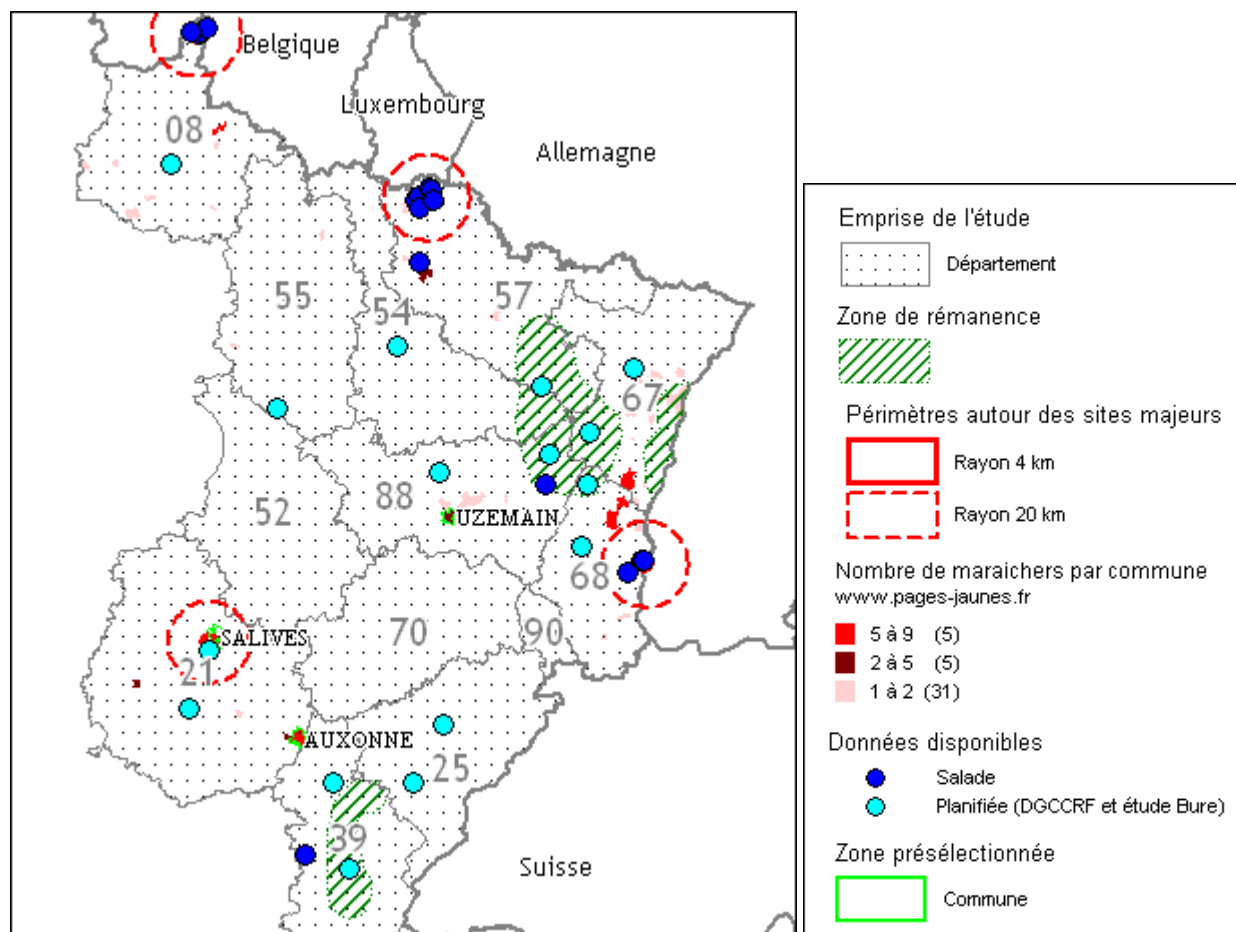


Figure 36 - Pré-localisation des prélèvements de légume-feuille.

Annexe 21 - Pré-localisation des prélèvements de feuilles de chêne

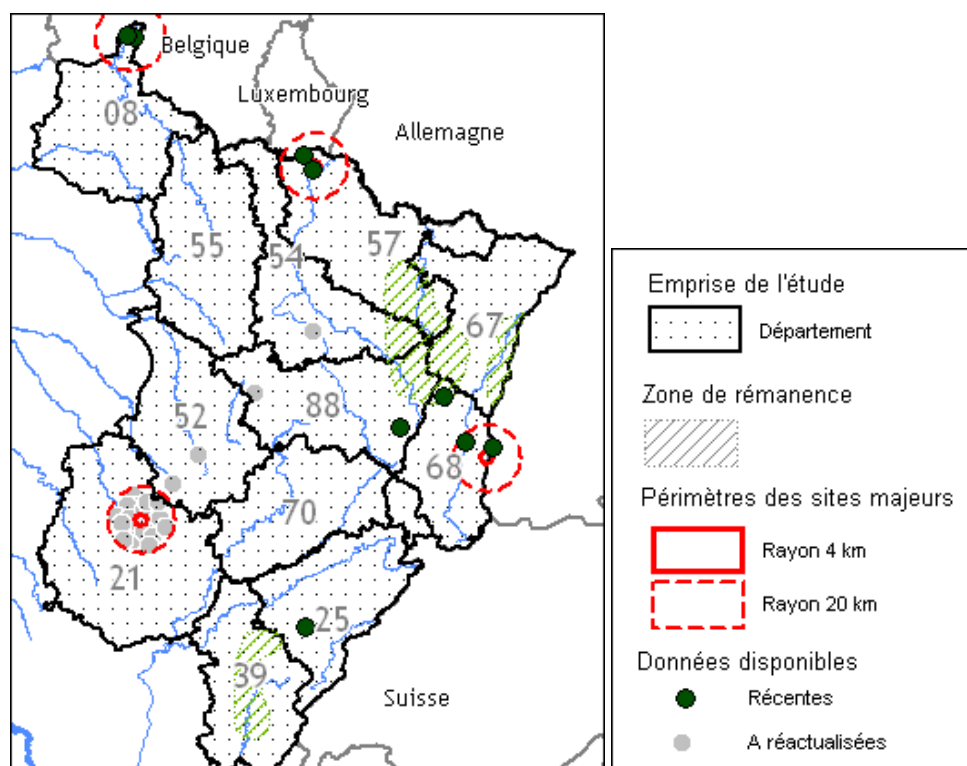


Figure 37 - Résultats d'analyse de tritium disponibles sur les feuilles de chêne.

Les sites majeurs sont bien couverts par des données récentes. La partie est de l'emprise de l'étude a elle aussi déjà été étudiée. Le site de Valduc avait été finement étudié en 2001 [35], ce constat est l'occasion de réactualiser les données sous les vents de l'installation (figure 38). En 2010-2011, l'IRSN réalisera des prélèvements dans le département de la Haute-Marne (55) ou la Meuse (52) à proximité du site ANDRA de Bure.

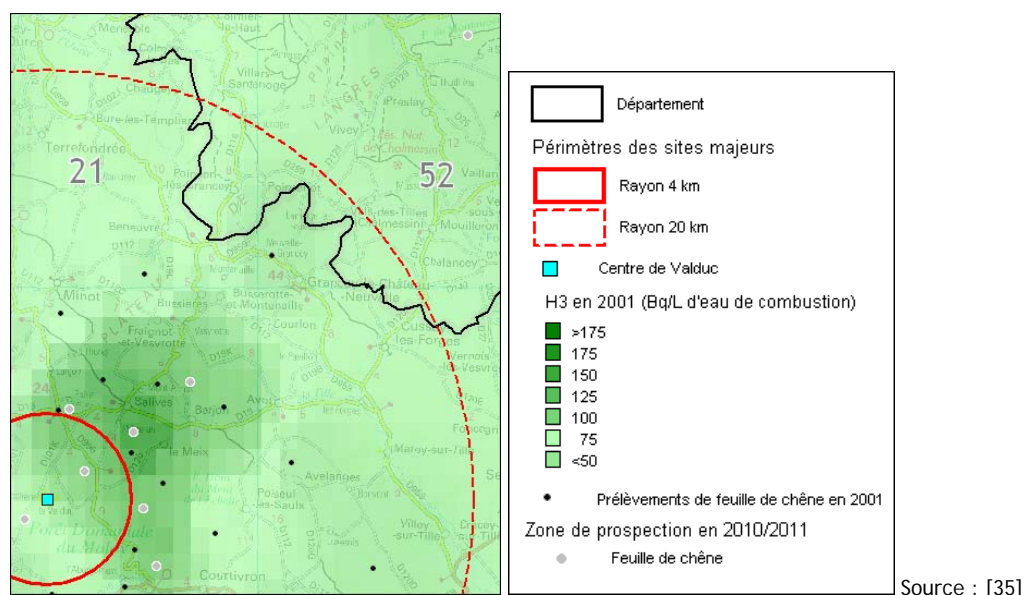


Figure 38 - Pré-localisation des prélèvements de feuilles de chêne

Annexe 22 - Pré-localisation des prélèvements d'eau de nappe (Valduc)

Le centre de Valduc est situé sur une hauteur entourée de nombreuses sources. Une partie de ces sources au nord, à l'est et au sud du site fait déjà l'objet d'une surveillance IRSN [15]. Les écoulements des nappes de la région sont réputés se diriger vers le nord-ouest [36]. L'aquifère inférieur (Bajocien), sous le site, alimente les sources de la vallée de la Douix [37]. Quatre prélèvements sont planifiés dans les exutoires principaux à l'ouest et au sud du site (Figure 39). Ce constat radiologique sera aussi l'occasion d'élargir le spectre des radionucléides recherchés.

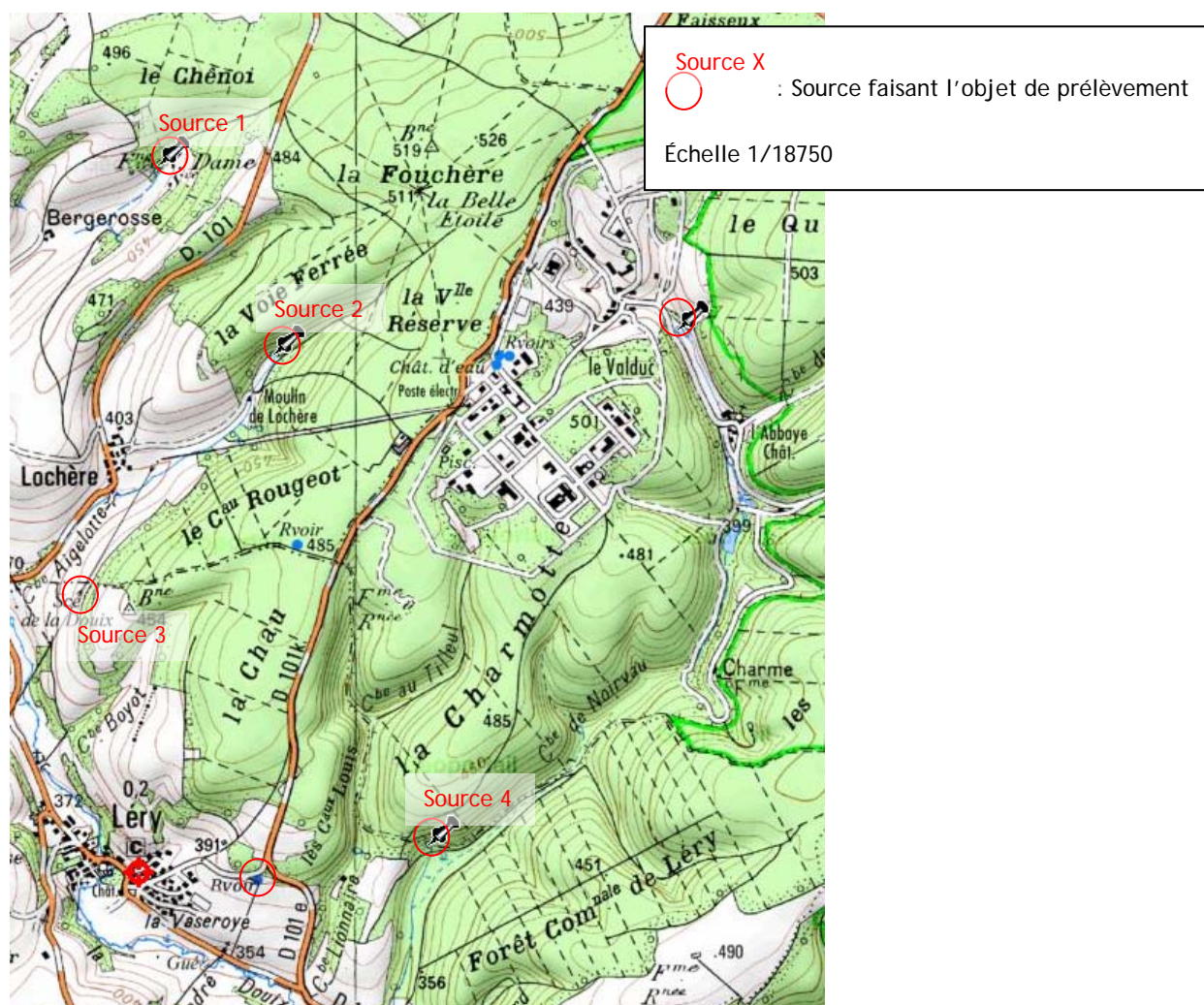
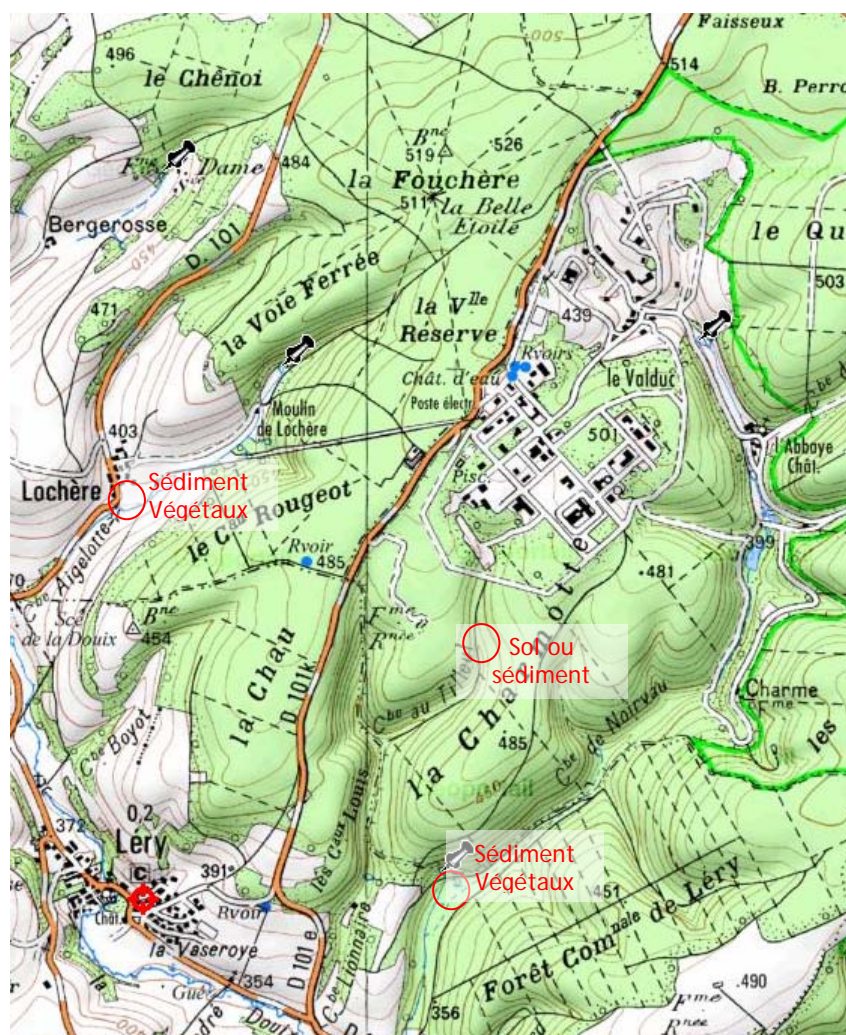


Figure 39 - Pré-localisation des prélèvements d'eau de nappe autour du site de Valduc.

Annexe 23 - Pré-localisation des prélèvements des sédiments et végétaux aquatiques (Valduc et C.N.P.E.)

Site de Valduc

Des prélèvements de sédiments et végétaux sont planifiés dans les cours d'eau entourant le site, ainsi que dans l'Ignon et la Tille. Un intérêt particulier sera porté sur la « Combe au tilleul », ancien réceptacle des rejets liquides.



Échelle 1/18750

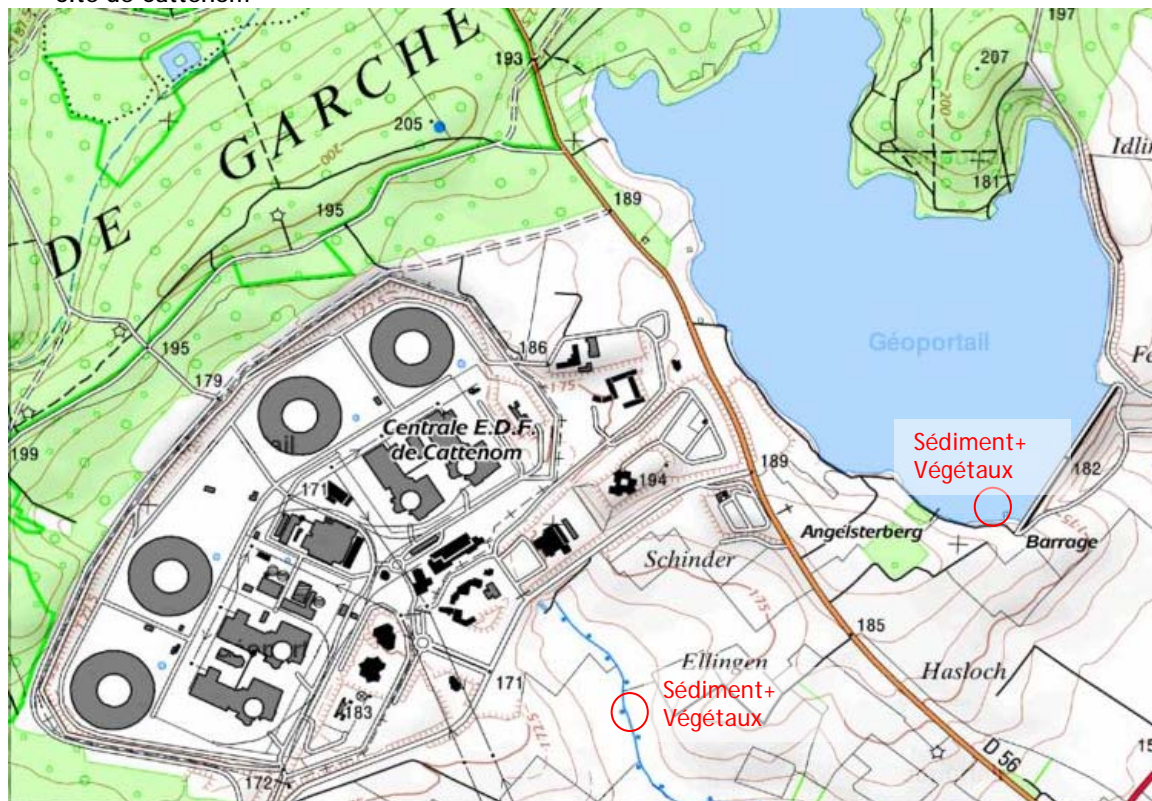
Site de Chooz

La prospection de terrain cherchera à identifier des cours d'eau temporaires traversant le site ou alimentés par le ruissellement descendant des cheminés d'aération de l'installation en déconstruction Chooz A.

Site de Cattenom et de Fessenheim

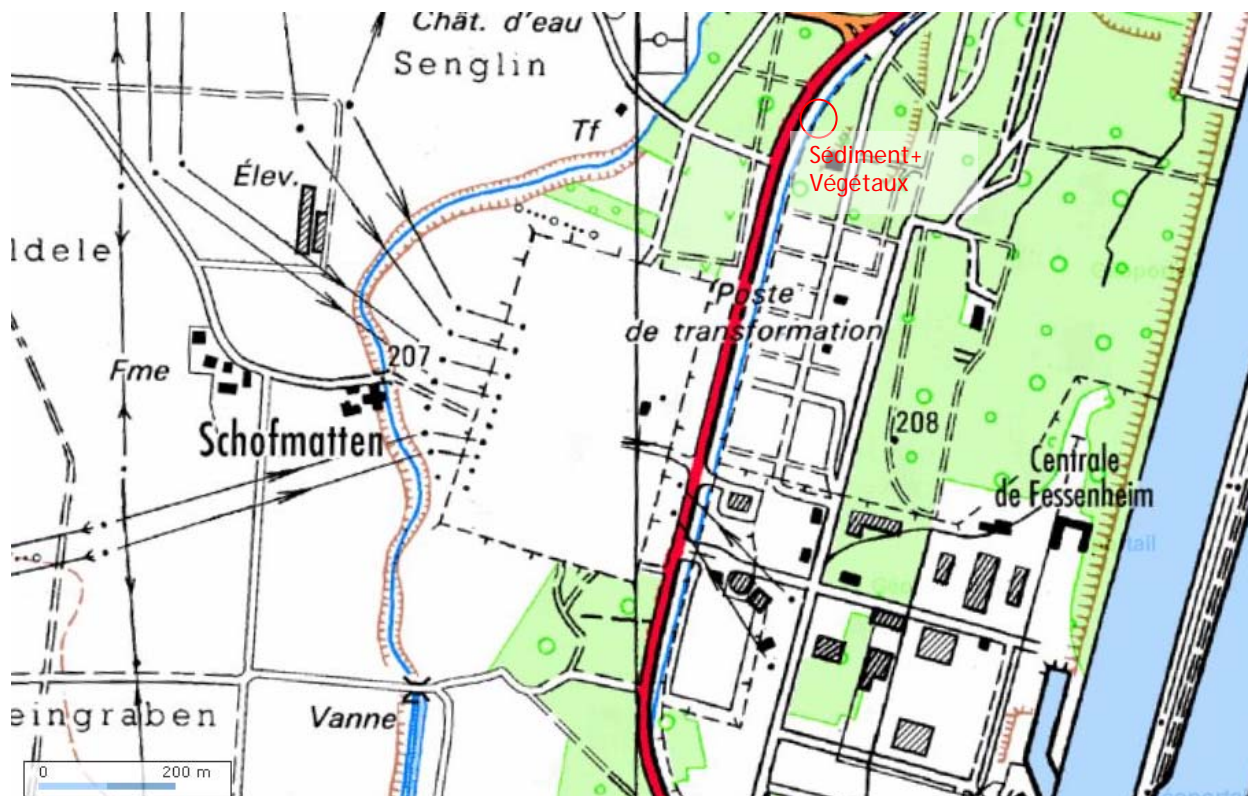
Des prélèvements de végétaux et de sédiments sont envisagés sur chacun des sites (cf. cartes ci-après).

Site de Cattenom



Échelle 1/18820

Site de Fessenheim



Échelle 1/11600

Annexe 24 - Pré-localisation des prélèvements de végétaux aquatiques (bioindicateurs des rejets d'hôpitaux)

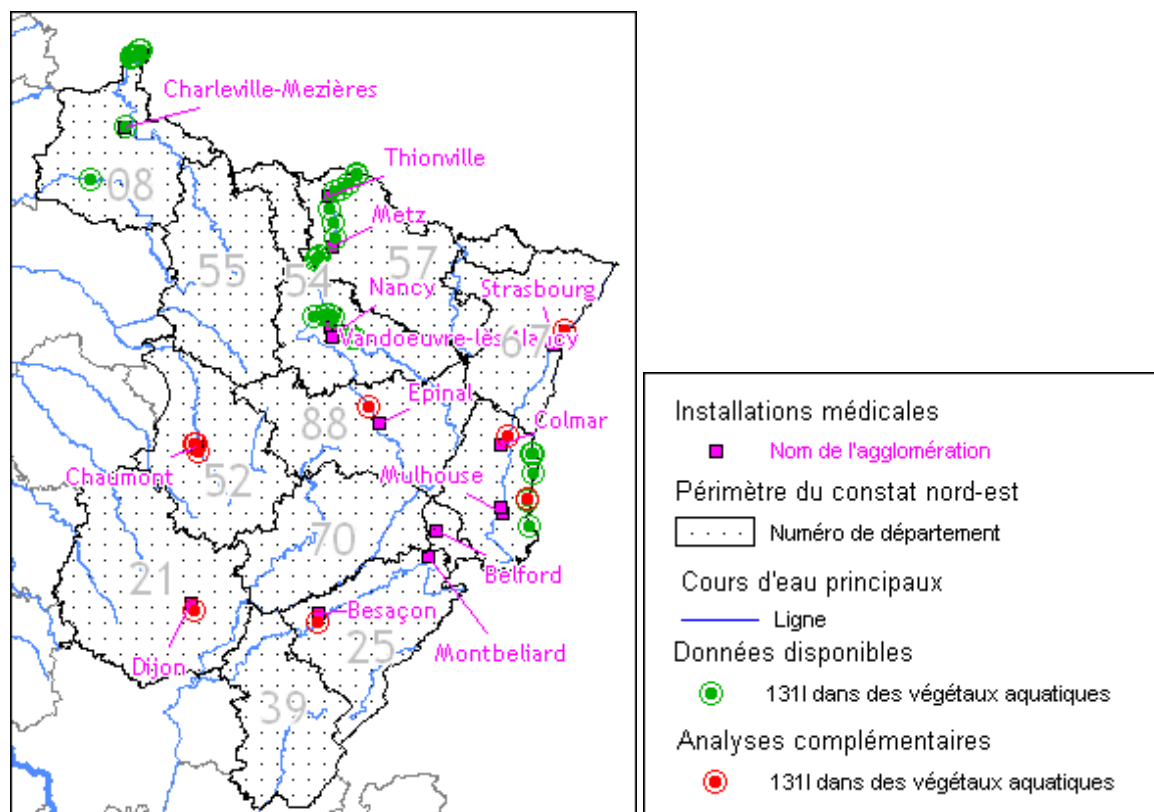


Figure 40 - Installations médicales utilisant des radionucléides, résultats d'¹³¹I disponibles et analyses planifiées.

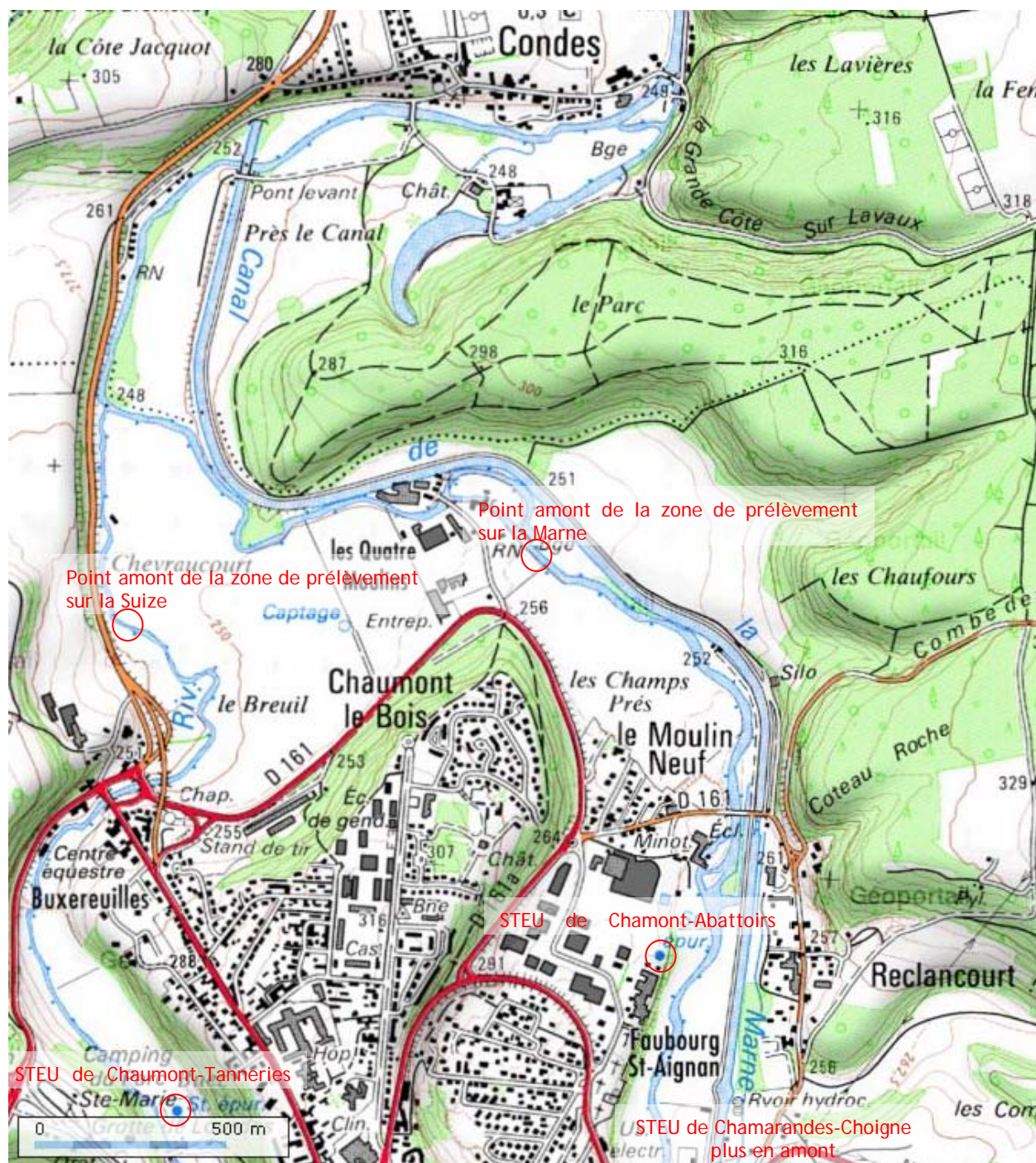
Installations hospitalières de Besançon

Les réseaux d'eaux usées du CHR ainsi que ceux de l'agglomération bisontine sont reliés à la STEU (Station de Traitement des Eaux Usées) dite de Port-Douvot, sur la commune de Besançon [38]. Les eaux traitées sont rejetées dans le Doubs [39]. Un prélèvement de végétaux sera réalisé à au moins 1 km en aval de la STEU.



Installations hospitalières de Chaumont

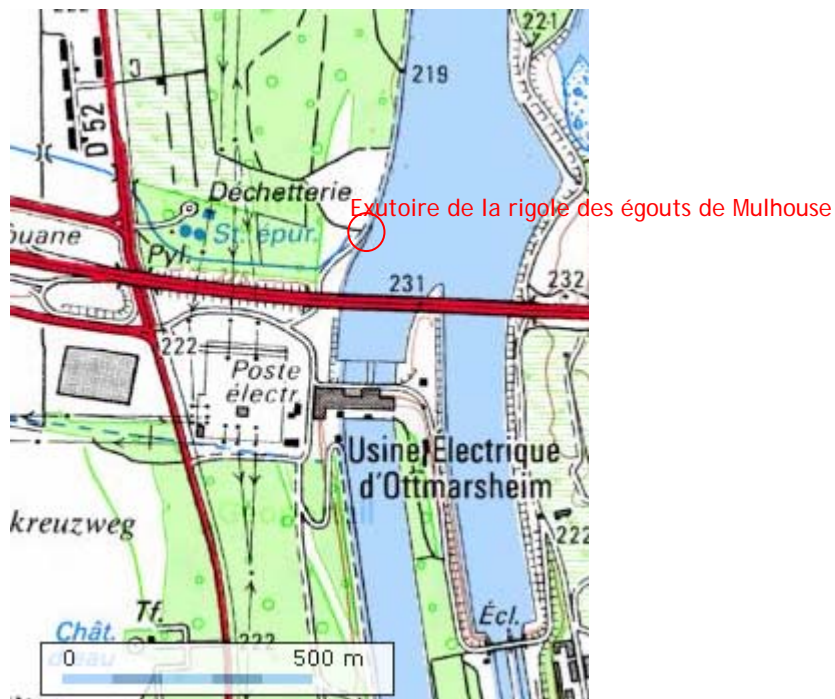
Trois stations d'épuration sont en exploitation à Chaumont [38]. Le centre hospitalier est relié à la station d'épuration de Chaumont-Tannerie ; les usagers de l'agglomération chaumontaise utilisent aussi les STEU de Chamarandes-Choignes et de Chaumont-Abattoirs [38]. La STEU de Chaumont rejette ses eaux traitées dans la Suize alors que c'est la Marne qui reçoit les rejets des deux autres [39]. Un prélèvement de végétaux sera collecté, sur chacun des cours d'eau, en amont de leur confluence.



Pour s'assurer que la STEU de Langres, en amont, ne rejette pas d'iode 131, un prélèvement de végétaux sera réalisé dans la Marne, en amont de l'agglomération chaumontoise.

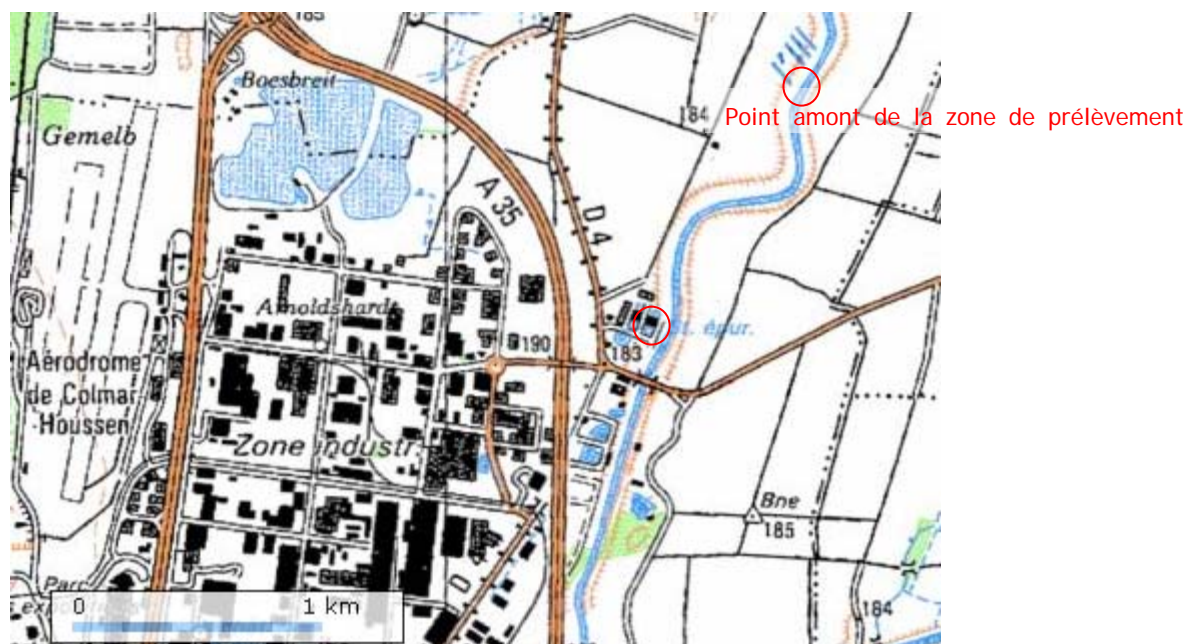
Installations hospitalières de Mulhouse

Le prélèvement de végétaux, en aval de la station d'épuration de Mulhouse est à rechercher dans le grand canal d'Alsace, en aval de sa confluence avec la rigole des égouts de Mulhouse [38, 39], à au moins 1 km en aval du barrage d'Ottmarsheim.



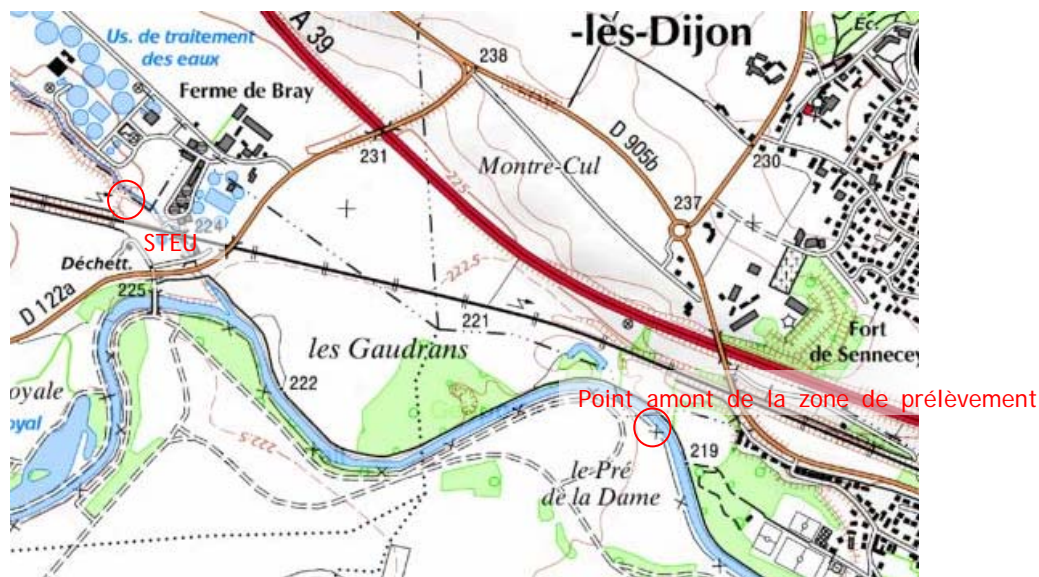
Installations hospitalières de Colmar

La recherche d'¹³¹I dans les végétaux en aval de Colmar aura lieu dans l'III, à au moins 1 km en aval de la station d'épuration de l'agglomération [38, 39].



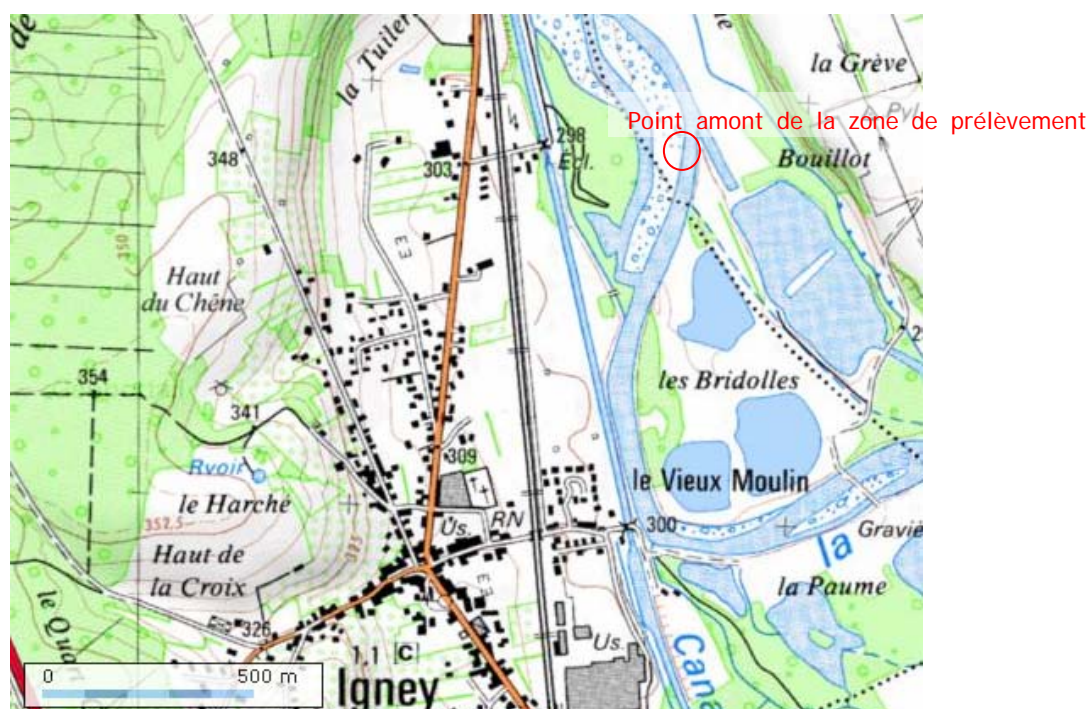
Installations hospitalières de Dijon

Les réseaux d'eaux usées de l'agglomération sont reliés à une STEU au sud de Dijon qui rejette les eaux traitées dans la rivière Suzon, juste en amont de la confluence avec l'Ouche [39]. Le réseau sur lequel est raccordé le centre hospitalier n'est pas précisé par le portail de l'assainissement communal [38], mais en général les effluents de ce type passent par le réseau collectif communal. Aussi un prélèvement de végétaux est-il planifié dans l'Ouche en aval de la confluence avec la Suzon.



Installations hospitalières d'Épinal

La station d'épuration d'Épinal (Golbey) est très proche de celle de Thion-les-Vosges [38], aussi l'échantillon sera prélevé en aval des deux stations. L'une rejette ses eaux traitées dans la Moselle alors que la seconde les rejette dans le « ruisseau des égouts de la Moselle ». Aussi, faut-il prélever des végétaux au point de confluence des deux cours d'eau, soit à quelques centaines de mètres en aval du lieu-dit le « Vieux Moulin ».



Installations hospitalières de Strasbourg

Le prélèvement de végétaux sera réalisé après la zone de bon mélange du rejet de la station d'épuration de Strasbourg ([38, 39]).



6 BIBLIOGRAPHIE

1. ROUSSEL-DEBET, S. et CLAVAL, D., *Constat radiologique régional - Étude prototype "Val de Loire"*. 2010, IRSN. Rapport DEI/SESURE/2010-22, p. 94.
2. ROUSSEL-DEBET, S. et ANTONELLI, C., *Constat régional "Vallée du Rhône". Objectifs et méthode*. 2009, IRSN. Rapport DEI/SESURE/2010-01, p. 46.
3. ANDRA, *Inventaire national des déchets radioactifs. Portail www.andra.fr*. 2009, ANDRA.
4. ASN, *Bilan sur la gestion des déchets contenant de la radioactivité naturelle renforcée*. 2009, p. 55.
5. RENAUD, P. et CHAMPION, D., *Les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français: Conséquences environnementales et exposition*. Sciences et techniques. 2008. p. 190.
6. ROUSSEL-DEBET, S., RENAUD, P., et MÉTIVIER, J.M., *Cs-137 in French soil: deposition patterns and 15-year evolution*. Science of the Total Environment, 2007. 374: p. 388-398.
7. SERVANT-PERRIER, A.C., *Mimasa, Méthodologie de sélection des sites nécessitant des investigations particulières*. 2006, IRSN. Rapport DEI/SARG/2006-015, p. 46.
8. SERVANT-PERRIER, A.C., IELSCH, G., GUILLEVIC, J., et BASSOT, S., *Programme MIMAUSA volet 2 "Etudes complémentaire" Rapport de la mission pilote de novembre 2008 sur les anciens de Lozère*. 2009, IRSN. Rapport DEI/SARG/2009-04, p. 68.
9. IRSN, *Etat de la surveillance environnementale et bilan du marquage des nappes phréatiques et des cours d'eau autour des sites nucléaires et des entreposages anciens de déchets radioactifs*. 2008. Rapport pour le HTCISN - 15 septembre 2008 - Mise à jour du 13 novembre 2008, p. 204.
10. EDF, *Nucléaire et environnement*. 2009.
11. DEBAYLE, C., *Étude des termes sources et du transfert de la radioactivité d'origine médicale dans le réseau d'assainissement de la ville de Toulouse*. 2004, IRSN. Rapport DEI/SESURE/2004-25, p. 77.
12. DEBAYLE, C., *Étude de l'état radiologique des eaux usées de la ville de Tours*. 2005, IRSN. Rapport DEI/SESURE/2005-06, p. 44.
13. RENAUD, P., GURRIARAN, R., *Réflexion sur l'évolution des concentrations en radionucléides artificiels dans l'environnement français, les doses associées et l'adaptation des techniques d'analyse aux besoins de la surveillance*. Radioprotection, 2009. 44(2): p. 17.
14. CLAVAL, D., ANTONELLI, C., MASSON, M., GONTIER, G., et THEUREAU, L., *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2008*. 2009, IRSN. Rapport DEI/SESURE/09-21, p. 678.
15. CHAPTAL-GRADOZ, N., CHEVREUIL, M., D'AMICO, D., DEBAYLE, C., LEPRIEUR, F., MANIFICAT, G., PERES, J.M., et PIERRARD, O., *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2008*. 2009, IRSN. Rapport DEI/2009-04, p. 169.
16. IRSN, *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2009*. 2010, p. 175.
17. PARACHE, V., *Bilan radioécologique décennal de l'environnement proche du centre nucléaire de production d'électricité de Chooz : bilan décennal réalisé en 2006*. 2010, IRSN. Rapport DEI/SESURE/2010-15, p. 156.
18. ANTONELLI, C., *Bilan radioécologique décennal 2008 de l'environnement proche du centre nucléaire de production d'électricité de Cattenom* 2010, IRSN. Rapport DEI/SESURE/2010-07, p. 151.
19. BESSON, B., *Sensibilité radioécologique des zones de prairies permanentes*. 2009, Thèse de l'université de Franche-Comté. p. 317.
20. BESSON, B., POURCELOT, L., LUCOT, E., et BADOT, P.M., *Variations in the Transfer of 137Cs and 90Sr from Milk to Cheese*. Journal of Dairy Science, 2009. 92(11): p. 5363-5370.
21. AGRESTE, *Comptes de l'agriculture. Portail www.agreste.agriculture.gouv.fr/*. 2007.
22. Confédération générale des planteurs de betteraves. *Portail d'information*. 2009 <http://www.labetterave.com/>.
23. AGRESTE, *Recensement général de l'agriculture*. 2000.
24. MANIFICAT, G., *Convention particulière 2009 entre DGAL et l'IRSN et protocole 2009 entre DGCCRF et l'IRSN : annexe technique relative au programme de surveillance de la radioactivité des denrées sur le territoire mis en oeuvre en 2009*. 2009. p. 96.
25. LOYEN, J., BRASSAC, A., *Analyse de la radioactivité des eaux*. 2007, IRSN. Rapport STEME N°2007-04, p. 46.
26. LOYEN, J., THOMASSIN, A., *Eaux destinées à la consommation humaine présentant une activité alpha globale >0,1 Bq/L*. 2009, IRSN. Rapport DEI n° 2009-02, p.

27. TOGOLA, A., AMALRIC, L., et BRISTEAU, S., *Les substances pharmaceutiques dans les eaux superficielles et souterraines du bassin Loire-Bretagne*. 2008. BRGM/RP-55578-FR, p. 53.
28. PERES, J., *Surveillance de la radioactivité de l'environnement par l'IRSN. Situation actuelle et orientations*. 2009, IRSN. Rapport DEI/SESURE/2009-14, p. 30.
29. AGRESTE, *Statistique annuelle agricole*. Portail www.agreste.agriculture.gouv.fr/. 2007.
30. PARACHE, V., *Acquisition de données d'occupation agricole du territoire à proximité des sites nucléaires : résultats des enquêtes de terrain de 2008*. 2008, IRSN. Rapport DEI/SESURE/2008-53, p. 39.
31. CHAMBRE D'AGRICULTURE DU BAS-RHIN. *Les régions agricoles et produits locaux*. 2010 <http://www.bas-rhin.chambagri.fr/kitPublication/la-chambre-dagriculture.html>.
32. INAO. *portail d'information de l'Institut national de l'origine et de la qualité*. <http://www.inao.gouv.fr/>.
33. CALMON, P., *Bilan radioécologique décennal de l'environnement proche du C.N.P.E. de Fessenheim*. 2010, IRSN. A paraître, p. 161.
34. Syndicat des producteurs de myrtilles. *Portail d'information* www.myrtilles.com/. 2009 08/12/2009 <http://www.myrtilles.com/>.
35. VRAY, F., SALAUN, G., *Dispersion des rejets atmosphériques tritiés de Valduc : approche utilisant le marquage des feuilles de chênes dans l'environnement du site*. 2003, IPSN. Rapport DPRE/SERNAT/2003-12, p. 31.
36. BRGM, *Référentiel hydrogéologique français (BDRHFV1)*. 2009, SANDRE.
37. REBOUR, V. et STAMMOSE, D., *Impact d'un rejet dans le sol suite à un séisme affectant l'installation 120 de Valduc*. 2007, IRSN. Rapport DEI/SARG/2007-041, p. 11.
38. MEEDM, *Portail d'informations sur l'assainissement communal*. 2009.
39. SANDRE, *Portail national d'accès aux référentiels sur l'eau*. 2009.