

1.0 CONCEPTS DE RADIOPROTECTION

- 1.1 Qu'est-ce que la radioactivité ?
- 1.2 Effets des rayonnements ionisants
- 1.3 Quelles sont les principales sources d'exposition de la population française ?

2.0 LE RISQUE NUCLEAIRE ET SA GESTION

- 2.1 Principaux sites nucléaires en France
- 2.2 Gestion des déchets radioactifs en France
- 2.3 Démarche générale de prévention des accidents
- 2.4 Qu'est-ce qu'un accident nucléaire sur un REP ?
- 2.5 Phases d'un accident & Gestion de la population et du territoire
- 2.6 Principes du zonage post-accidentel
- 2.7 Actions à réaliser en Zone de Protection des Populations (ZPP)
- 2.8 Actions à réaliser en Zone de Surveillance renforcée des Territoires (ZST)
- 2.9 Que faire en dehors de la ZST ?
- 2.10 Gestion des déchets en cas d'accident nucléaire
- 2.11 Mesures de radioactivité dans l'environnement au cours d'une crise nucléaire

3.0 CONTAMINATION DE L'ENVIRONNEMENT

- 3.1 Propriétés des principaux radionucléides rejetés en cas d'accident sur REP
- 3.2 Contamination de l'air ambiant et répartition du dépôt dans l'environnement
- 3.3 Contamination de l'environnement bâti d'une exploitation agricole
- 3.4 Contamination des productions végétales et des sols agricoles
- 3.5 Contamination des productions animales

4.0 REGLEMENTATION

- 4.1 Protection de la population et des travailleurs en situation normale et en cas d'accident nucléaire
- 4.2 Réglementation relative à la consommation et commercialisation des produits agricoles

5.0 ELEMENTS SUR LES FILIERES AGRICOLES

- 5.1 Eléments sur la filière Grandes cultures
- 5.2 Eléments sur la filière Fruits et Légumes
- 5.3 Eléments sur la filière viti-vinicole
- 5.4 Eléments sur la filière des ruminants
- 5.5 Eléments sur la filière porcine
- 5.6 Eléments sur la filière avicole

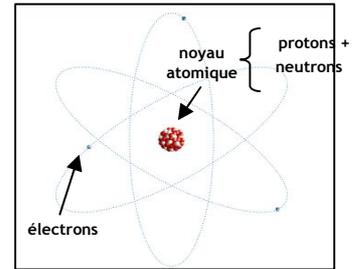
Qu'est-ce que la radioactivité ?

La **radioactivité** fait partie, depuis l'origine des temps, de l'environnement et de l'homme lui-même. Ce phénomène naturel permet au noyau instable d'un atome de se transformer en un noyau plus stable par libération d'un excès d'énergie. La diminution d'énergie qui accompagne cette libération d'énergie se fait par émission de particules (alpha, bêta), accompagnées parfois d'un rayonnement de photons (gamma, X) et de neutrons.

QUELQUES DEFINITIONS...

NOYAUX ET INTERACTIONS NUCLEAIRES

La matière est formée d'**atomes**. Chaque atome est constitué d'un **noyau** entouré d'un cortège d'**électrons**. Le noyau est constitué de deux types de particules : les **protons** et les **neutrons** maintenus les uns aux autres par une force de cohésion appelée « **Interaction nucléaire** ». Cette force est généralement suffisante pour les maintenir ensemble pendant une durée illimitée. Dans ce cas, le noyau est dit « **stable** ».



PARTICULES ET RAYONNEMENTS IONISANTS

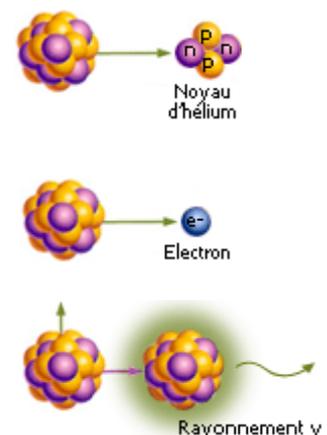
Certains noyaux atomiques (**radionucléides** ou **atomes radioactifs**) contiennent trop de particules ou renferment trop d'énergie de sorte que l'interaction nucléaire n'est plus suffisante pour maintenir constamment les protons et les neutrons ensemble. Ces noyaux sont dits « **instables** ». Un noyau instable finit par libérer son excès d'énergie en se désintégrant, de manière spontanée, en un autre atome. Cette **désintégration radioactive** s'accompagne de l'émission d'un rayonnement ou d'une particule élémentaire.

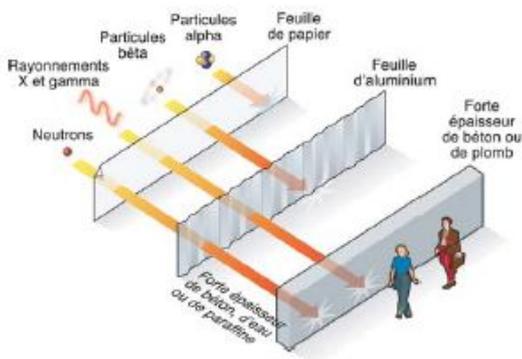
La radioactivité se mesure en Becquerel (Bq).
 Le Becquerel caractérise l'activité d'un échantillon radioactif et correspond au nombre de désintégrations par seconde.
1 Bq = une désintégration par seconde d'un radionucléide donné

INTERACTIONS DES PARTICULES ET DES RAYONNEMENTS IONISANTS AVEC LA MATIERE

Les principaux types de rayonnements sont au nombre de 3 :

- Le rayonnement **alpha** : formé de noyaux lourds d'hélium, il ne parcourt que quelques centimètres dans l'air et peut être arrêté par une feuille de papier.
- Le rayonnement **bêta** : formé d'électrons (négatifs) ou positons (positifs), il parcourt quelques mètres dans l'air et peut être stoppé par une paroi de bois, de verre ou d'aluminium.
- Les rayonnements **gamma** ou **X** : formés de photons (gamma plus énergétiques que X), ils parcourent plusieurs centaines de mètres dans l'air ; des écrans épais de plomb ou de béton sont nécessaires pour les arrêter.





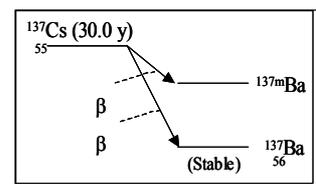
<http://www.industrie.gouv.fr>

Ces rayonnements transportent une énergie importante qui est progressivement absorbée par la matière traversée. Il en résulte alors des perturbations (ionisation) au sein de la matière, quel que soit le type de matériaux (en particulier les tissus vivants).

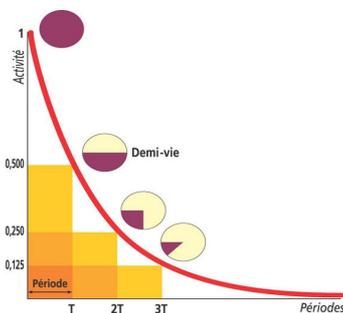
Remarque : les neutrons n'étant pas chargés, ils ne produisent pas d'ionisations en traversant la matière. Ils ne forment donc pas un rayonnement ionisant, mais en provoquant des fissions nucléaires, ils peuvent générer des rayonnements ionisants.

DECROISSANCE ET PERIODE RADIOACTIVES

Plus l'activité d'une source radioactive est élevée, plus la quantité de rayonnement émis par cette source est importante. Après plusieurs désintégrations radioactives, un radionucléide se transforme en nucléide stable : le caractère radioactif disparaît. L'ensemble de ce phénomène se nomme « **décroissance radioactive de l'élément** ».



Le rythme de décroissance radioactive d'un élément est caractérisé par la **période radioactive (ou demi-vie)**, durée au bout de laquelle la radioactivité (concentration) d'un élément a été divisée par deux. Selon le noyau, la période est plus ou moins longue.



Source : IRSN

	Période radioactive
Iode 131	8 jours
Césium 137	30,2 ans
Uranium 238	4,5 milliards d'années

QUELQUES ORDRES DE GRANDEUR DE LA RADIOACTIVITE D'ORIGINE NATURELLE

	Activité (ordre de grandeur)	Radionucléides prédominants
Air extérieur	Entre 1 et 100 Bq/m ³	Radon 222
Air des maisons	Entre 10 et 10 000 Bq/m ³	Radon 222
Roches sédimentaires	de 400 Bq/kg à 1000 Bq/kg	Uranium 238, Thorium 232 et leurs descendants, Potassium 40
Granite	de 3000 Bq/kg à 8 000 Bq/kg	Uranium 238, Thorium 232 et leurs descendants, Potassium 40
Eau de mer	10 Bq/l à 15 Bq/l	Potassium 40
Eau minérale	moins de 5 Bq/l	Radium 226 Uranium
Pomme de terre	100 à 150 Bq/kg	Potassium 40
Lait	80 Bq/l	Potassium 40
Corps humain	environ 130 Bq/kg	Potassium 40 Carbone 14

Effets des rayonnements ionisants

PRINCIPALES VOIES D'EXPOSITION POUR L'HOMME

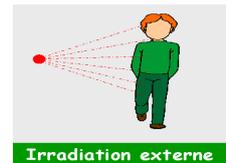
Une personne peut être exposée aux rayonnements ionisants de deux façons différentes :

- par exposition externe lorsque la source est à l'extérieur de l'organisme,
- par exposition interne lorsque la source de rayonnement est absorbée à l'intérieur de l'organisme (notamment par ingestion ou inhalation).

EXPOSITION EXTERNE

L'exposition externe peut se produire :

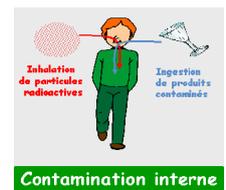
- à partir d'une source de rayonnements externe et distante, qui peut être ponctuelle ou, au contraire, de grandes dimensions et diffuse (par exemple un rayonnement émis par un sol contaminé...);
- par la présence de substances radioactives sur la peau, par exemple à la suite d'un contact avec un objet contenant de telles substances non fixées.



EXPOSITION INTERNE

L'exposition interne peut intervenir de différentes façons :

- par inhalation de particules radioactives présentes dans l'air lors du passage du panache radioactif ou après remise en suspension des particules déposées sur les surfaces;
- par ingestion de produits contaminés (par exemple des aliments);
- par pénétration transcutanée d'une contamination externe.



Source : IRSN

L'exposition interne dure tant que les substances radioactives demeurent dans le corps. Elles y séjournent plus ou moins longtemps en fonction de la vitesse avec laquelle l'organisme les élimine (définie par sa période biologique) et de la période radioactive des radionucléides. La combinaison de ces deux mécanismes définit la période effective qui caractérise la vitesse réelle de décroissance de l'activité incorporée dans un organisme.

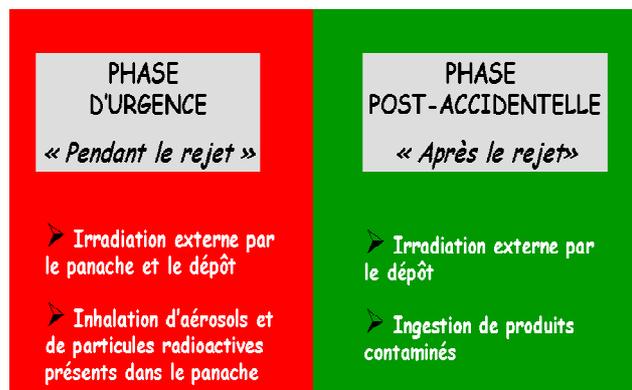
CONTRIBUTION DES VOIES D'EXPOSITION DURANT LES DIFFERENTES PHASES D'UN ACCIDENT SUR REACTEUR A EAU SOUS PRESSION

En phase d'urgence, les principales voies d'exposition sont l'inhalation de particules présentes dans le panache radioactif et l'exposition externe aux radionucléides présents dans le panache et, dans une moindre mesure, déposés sur le sol.

En phase post-accidentelle, l'exposition de la population générale est essentiellement due à l'ingestion de produits contaminés et à l'exposition externe aux radionucléides déposés dans

l'environnement. L'exposition par inhalation reste minoritaire par rapport aux deux autres voies.

De par leur activité (travail à l'extérieur, exposition à la poussière lors du travail des sols...), les exploitants agricoles sont potentiellement plus exposés que la population générale. Les évaluations réalisées montrent cependant que l'exposition supplémentaire liée à l'exercice des professions agricoles est limitée et tend, de plus, à diminuer avec le temps. Les agriculteurs présents notamment dans la Zone de Protection des Populations [Cf. FICHE 2.6] pourront bénéficier de recommandations de protection particulières pour mener leur travail.



NOTIONS DE « DOSE » : DU BECQUEREL AU SIEVERT

LA DOSE ABSORBÉE

Lorsqu'ils traversent la matière, les rayonnements ionisants entrent en collision avec les atomes qui la constituent et leur cèdent de l'énergie. Ce « transfert d'énergie » ou **dose absorbée** s'exprime en **Gray (Gy)**.

A forte dose, les rayonnements ionisants traversant un corps vivant provoquent la destruction des cellules et induisent la nécrose des tissus des organes exposés. Des effets cliniques « **aigus** » (ou « **déterministes** ») sont alors observables à plus ou moins court terme (ex : brûlures de la peau, cataracte, troubles hématologiques...). La dose qui risquerait de produire le décès de 50% des personnes ayant subi une irradiation du corps entier est d'environ **4,5 à 5 Gy**, en l'absence de traitement.

Un Gray correspond à la production d'un joule par l'interaction entre le rayonnement reçu et un kilogramme de matière.

La **dose équivalente** est égale à la dose absorbée multipliée par un facteur de pondération (WR) qui tient compte du type de rayonnement (ex : 20 pour le rayonnement alpha et 1 pour les rayonnements bêta et gamma). Pour tenir compte des effets biologiques relatifs à chaque type de rayonnement, on exprime une dose équivalente, dont l'unité internationale est le sievert (Sv).

LES DOSES EFFICACE ET EQUIVALENTE A L'ORGANE

Les rayonnements ionisants induisent également des transformations des cellules qui, plusieurs années après l'exposition, peuvent engendrer des effets sanitaires aléatoires dits « **stochastiques** », comme les leucémies et divers cancers (poumons, thyroïde, voies digestives et urinaires). Ces effets diffèrent des effets déterministes car ils peuvent être engendrés à plus **faibles doses** et seule la probabilité d'apparition de ces effets est liée à l'importance de la dose reçue (il n'existe pas de seuil d'apparition).

Pour quantifier le risque de survenue des effets stochastiques, on utilise les indicateurs suivants :

- la « **dose équivalente à l'organe** » pour quantifier le risque de survenue d'effets stochastiques sur un organe donné, la sensibilité des organes à ces effets étant différentes (ex : dose équivalente à la thyroïde) ;
- la « **dose efficace** » pour quantifier le risque de survenue d'effets stochastiques sur le corps entier et qui tient compte des doses équivalentes reçues par chacun des organes.

L'unité de mesure est le **Sievert (Sv)** et plus généralement le **milliSievert (mSv)** ou **microSievert (µSv)**. Dans le cas de l'exposition externe, on parle également de **débit de dose**, grandeur qui correspond à la dose reçue par un individu durant une unité de temps, généralement une heure.

Le Sievert traduit l'effet d'un rayonnement sur un organe (ou le corps entier). Ainsi, pour une même dose absorbée, les dommages varient en fonction de la nature du rayonnement, des modalités d'exposition et de l'organe atteint.

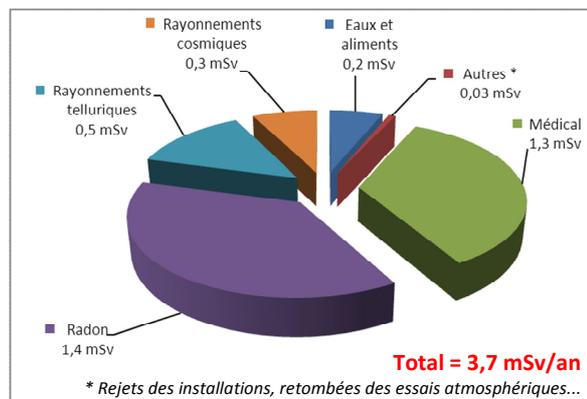
	Caractéristiques	Unités
Effets déterministes	<ul style="list-style-type: none">• Perte des cheveux, brûlures, mort...• Effets observés à partir d'un seuil de dose et gravité proportionnelle à la dose• Causés par de fortes expositions	Dose absorbée Gray (Gy)
Effets stochastiques	<ul style="list-style-type: none">• Effets apparaissant de manière aléatoire• Hypothèse : probabilité d'apparition proportionnelle à la dose reçue• Aucun seuil prouvé en dessous duquel la probabilité de survenue de l'effet au sein d'une population exposée est nulle	Dose efficace Sievert (Sv)

Quelles sont les principales sources d'exposition de la population française ?

Chaque individu de la population française est soumis à différentes sources d'exposition à la radioactivité d'origine naturelle ou artificielle. La part relative des sources d'exposition varie d'un individu à l'autre en fonction de la localisation géographique et du mode de vie.

En France, la dose efficace moyenne annuelle reçue par individu est de l'ordre de 3,7 mSv, dont :

- **origine naturelle = 2,4 mSv**
- **origine artificielle = 1,3 mSv**



(Source IRSN, Estimation 2010)

LES SOURCES NATURELLES

L'EXPOSITION EXTERNE AUX RAYONNEMENTS COSMIQUES

Les rayonnements cosmiques proviennent de particules chargées de haute énergie qui traversent l'espace. Ils induisent une **exposition externe** de l'homme qui augmente avec l'altitude. A titre d'exemple, le débit de dose maximum dû aux seuls rayonnements cosmiques est de 38 nSv.h⁻¹ au niveau de la mer contre 164 nSv.h⁻¹ à Cervières, commune la plus haute de France (2 836 m d'altitude). L'importance de cette source d'exposition varie également avec la latitude et l'activité solaire. **En moyenne annuelle, pour chaque individu de la population française, la dose induite par le rayonnement cosmique est de l'ordre de 0,3 mSv.**

L'EXPOSITION EXTERNE AUX RAYONNEMENTS TERRESTRES

Les rayonnements terrestres proviennent de la désintégration des radionucléides présents naturellement dans la croûte terrestre. Les principaux radionucléides concernés sont le potassium 40 et les éléments appartenant aux familles radioactives de l'uranium (²³⁸U et ²³⁵U) et du thorium (²³²Th). La radioactivité naturelle d'origine tellurique présente une grande variabilité spatiale, selon la géologie locale, avec cependant en un point donné une relative uniformité dans le temps.

Lieux	Dose moyenne
Bassin Parisien	0,5 mSv / an
Bretagne	0,6 mSv / an
Montagne (1500 m)	0,8 mSv / an
Bord de mer	0,4 mSv / an

L'INHALATION DE RADON

Dans les bâtiments, le radon est la principale source d'exposition naturelle. Il s'agit d'un gaz radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium et du thorium présents dans la croûte terrestre. L'importance de cette source d'exposition dépend de la composition radiologique du sol et du sous-sol ainsi que de l'aération des locaux.

L'INGESTION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES NATURELLES

Par transfert, les radionucléides naturels du sol et de l'air se retrouvent dans les différents produits susceptibles d'être ingérés par l'homme. Les éléments radioactifs présents dans les sols ou dans l'air sont ainsi prélevés par les plantes et se retrouvent par la suite dans tous les éléments de la chaîne alimentaire, y compris le corps humain. La radioactivité du corps humain est principalement due à l'incorporation de ⁴⁰K et de ¹⁴C à travers l'alimentation et la consommation d'eaux de boisson. **Pour un individu moyen, la dose annuelle correspondante est de l'ordre de 0,2 mSv.**

LES SOURCES ARTIFICIELLES

La radioactivité d'origine naturelle n'est pas la seule source d'éléments radioactifs dans notre environnement. Les activités humaines passées ou actuelles induisent une contamination du milieu naturel qu'il est indispensable de prendre en compte. Les exemples les plus connus concernent les retombées des essais nucléaires atmosphériques ou la contamination induite par l'accident de Tchernobyl en 1986. Les rejets liquides et gazeux des installations nucléaires et industrielles en fonctionnement normal ne contribuent pas à augmenter de façon significative la radioactivité présente dans l'environnement. L'influence des sources artificielles de radioactivité sur l'exposition de la population est évaluée en surplus de celle des sources naturelles. On parle alors d'**exposition ajoutée**.

LES EXPOSITIONS D'ORIGINE MEDICALE

Cette source d'exposition est essentiellement le fait de radiodiagnostic et de radiothérapie. Les doses délivrées sont variables suivant le type d'examen considéré. Par exemple, un scanner céphalique délivre une dose de 40 mSv alors qu'une radiographie du thorax correspond à 0,02 mSv.

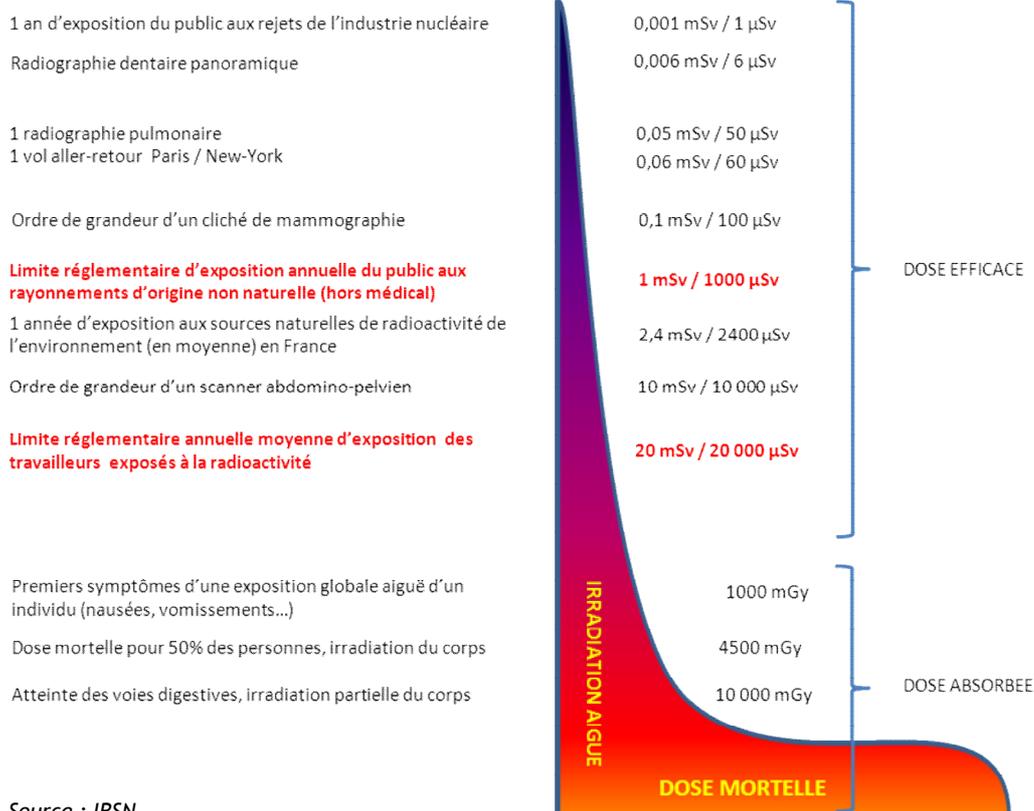
LES ESSAIS ET LES ACCIDENTS NUCLEAIRES

Les essais atmosphériques d'armes nucléaires sont responsables encore aujourd'hui d'un supplément d'exposition de l'ordre de 1 %, principalement dû à la présence de césium 137, élément radioactif dont la période radioactive est de trente ans. Les accidents nucléaires de Windscale (GB, 1957), Kysthym (Russie, 1957) et Tchernobyl (Ukraine, 1986) sont également responsables du dépôt dans l'environnement de radionucléides tels que I131, Cs137, Cs134, Ru106...

LES REJETS CONTROLES DE L'INDUSTRIE

La radioactivité artificielle provenant d'activités industrielles est très faible. Elle touche principalement les travailleurs de l'industrie électronucléaire et le personnel hospitalier. En ce qui concerne la population, les rejets radioactifs des installations nucléaires sont à l'origine d'un supplément d'exposition annuelle estimé à 0,001 mSv par habitant.

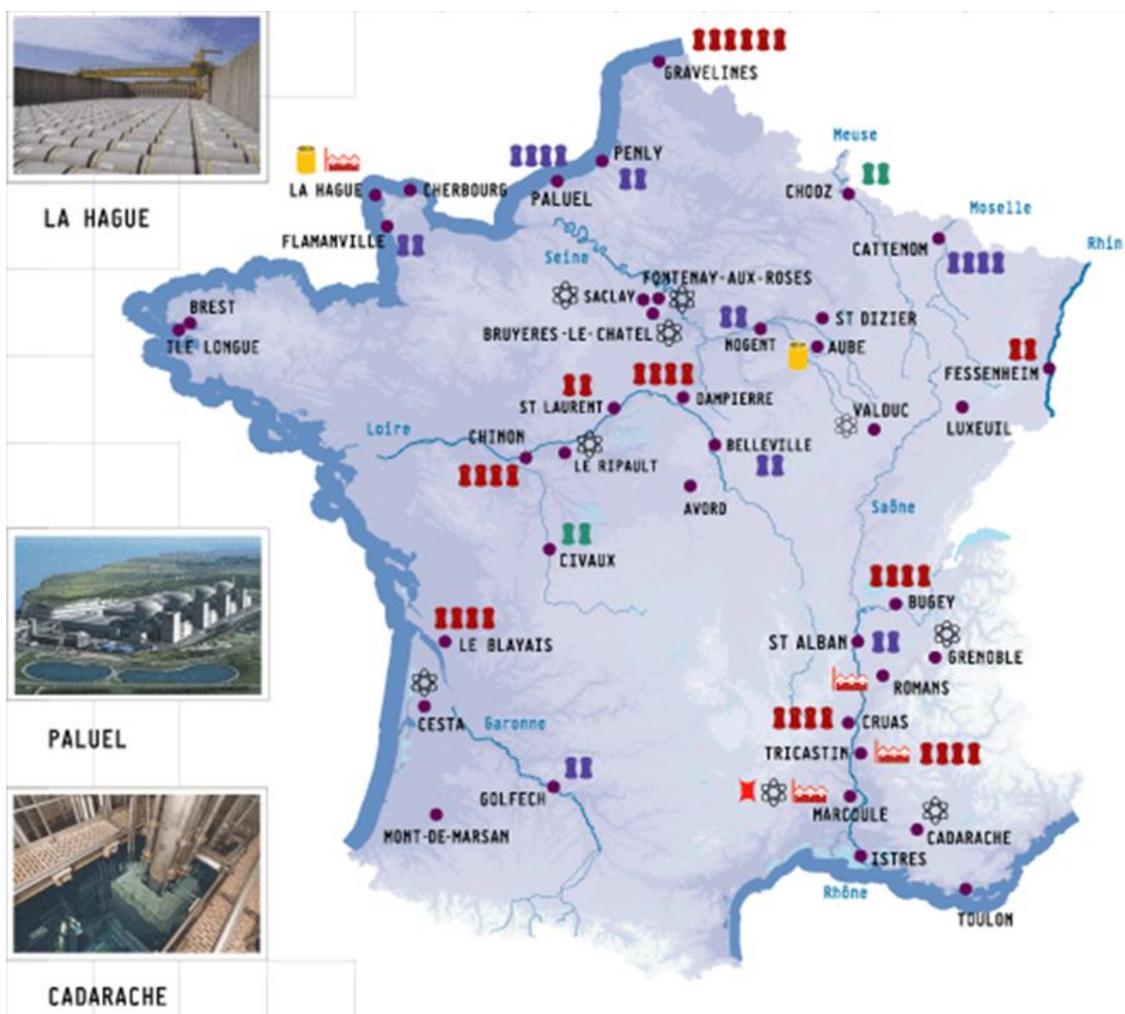
QUELQUES ORDRES DE GRANDEUR...



Principaux sites nucléaires en France

Le parc de production d'électricité d'origine nucléaire d'EDF en France compte aujourd'hui essentiellement 58 Réacteurs à Eau sous Pression (REP) répartis sur 19 sites, qui fournissent environ 420 millions de mégawattheures (MWh) par an, soit 85 % de la production totale d'EDF. Le parc nucléaire comprend par ailleurs des centrales arrêtées définitivement, actuellement en déconstruction. Il s'agit des centrales de première génération de type « Uranium Naturel Graphite Gaz » (Bugey, Chinon, St Laurent des Eaux), de prototypes (Brennilis, Chooz) et de la centrale de Creys-Malville. Par ailleurs, la France possède également d'autres installations intervenant dans le cycle du combustible, des réacteurs expérimentaux, des centres de stockage des déchets, etc...

IMPLANTATION DES PRINCIPALES INSTALLATIONS NUCLEAIRES FRANCAISES EN EXPLOITATION



RÉACTEURS DE PUISSANCE			
REP			RNR
900 MWe	1300 MWe	1400 MWe	

- CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHE
- STOCKAGE DE DÉCHETS
- USINE DU CYCLE COMBUSTIBLE (ENRICHISSEMENT, FABRICATION, RETRAITEMENT)

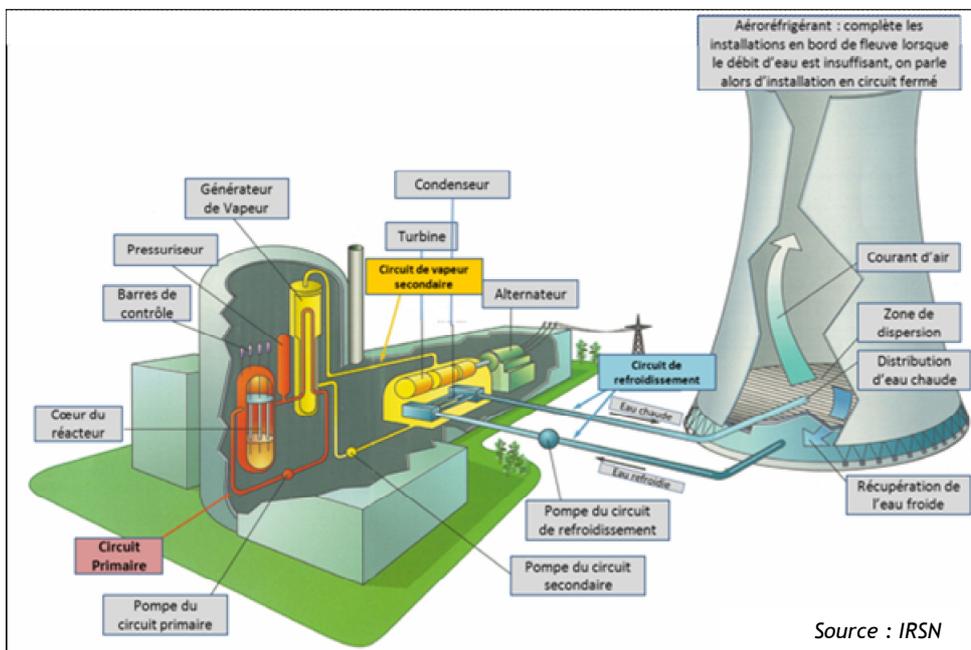
Source : IRSN

FONCTIONNEMENT DES CENTRALES NUCLEAIRES

PRINCIPAUX COMPOSANTS D'UNE CENTRALE NUCLEAIRE FRANÇAISE

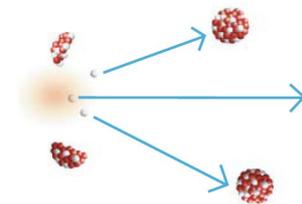
Un Réacteur à Eau sous Pression (REP) est constitué de plusieurs éléments :

- une **cuve sous pression en acier** contenant les assemblages combustibles et l'eau du circuit primaire. A l'intérieur de cette cuve, la **fission** de l'uranium 235 libère de l'énergie sous forme de chaleur. La réaction en chaîne est maîtrisée notamment grâce à des barres de contrôle contenant du bore et/ou du cadmium.
- **trois circuits d'eau indépendants** :
 - Le **circuit primaire**, directement en contact avec les éléments combustibles du cœur du réacteur, transporte la chaleur vers un échangeur de chaleur (Générateur de Vapeur) où elle est transférée à l'eau d'un circuit secondaire ;
 - La vapeur produite dans le **circuit secondaire** actionne une **turbine** sous pression qui entraîne l'alternateur, générateur d'électricité ;
 - Le **circuit tertiaire** alimente la centrale avec de l'eau froide (mer ou fleuve) pour refroidir le circuit secondaire.



FISSION ET REACTION EN CHAÎNE

La **fission** est la rupture d'un gros noyau (noyau d'uranium 235, par exemple) qui, sous l'impact d'un neutron, se scinde en deux noyaux plus petits. La fission s'accompagne d'un grand dégagement d'énergie et de la libération de deux ou trois neutrons. Les neutrons ainsi libérés peuvent provoquer à leur tour la fission d'autres noyaux et la libération d'autres neutrons, et ainsi de suite : c'est la **réaction en chaîne**.



RADIONUCLEIDES PRODUITS EN FONCTIONNEMENT NORMAL

Lors de la réaction de fission, de nombreux éléments radioactifs sont produits (**produits de fission**). Ils restent à l'intérieur des crayons et seule une très faible proportion de cette radioactivité peut passer par les fuites résiduelles éventuelles de la gaine dans l'eau du circuit primaire qui est épurée en permanence. Dans le même circuit et sous l'action du flux neutronique, des **produits d'activation** se forment. Les éléments radioactifs présents dans le circuit primaire ne peuvent pénétrer dans le circuit secondaire que par des fuites au niveau de l'échangeur de chaleur. Des gaz radioactifs sont également produits (principalement des **iodes** et des **gaz rares**), et des systèmes d'épuration de l'air permettent soit de les fixer sur des filtres, soit de les stocker dans des réservoirs où on laisse décroître la radioactivité. **En fonctionnement normal, les réacteurs nucléaires donnent lieu à des rejets gazeux et liquides dans les limites fixées, au cas par cas, par des décisions de l'ASN homologuées.**

Gestion des déchets radioactifs en France

En temps normal, les déchets radioactifs proviennent des centrales et des autres installations nucléaires, des laboratoires de recherche, des services de médecine nucléaire, etc. Il s'agit principalement d'objets et matériels contaminés, de produits activés et de produits résultant de la fission de l'uranium.

CLASSIFICATION DES DECHETS RADIOACTIFS

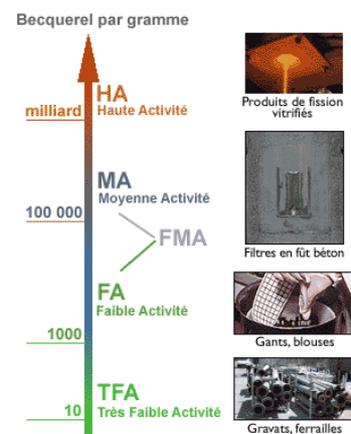
Les déchets radioactifs sont très divers de par leur radioactivité, leur durée de vie, leur volume ou encore leur nature (ferrailles, gravats, huiles...). Chaque type de déchets nécessite un traitement et une solution d'élimination définitive adaptés afin de maîtriser les risques qu'il présente, notamment le risque radiologique.

Deux paramètres principaux permettent d'appréhender le risque radiologique :

- **l'activité**, qui contribue à la toxicité radiologique du déchet. Ce paramètre détermine l'importance de la protection à mettre en place (aussi bien pour les travailleurs que pour le public). On distingue ainsi les **déchets de très faible (TFA), faible, moyenne et haute activité**.

Pour les déchets de faible activité (FA) et de moyenne activité (MA) stockés au Centre de stockage de l'Aube, on emploie souvent la terminologie **FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte)**. Les déchets de haute activité (HA) sont toujours mélangés avec des déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL).

Quelques ordres de grandeur



Source : IRSN

- **la période radioactive**, fonction de la décroissance radioactive des radioéléments présents dans les déchets. On trouve ainsi les **déchets de très courte durée de vie** (radioactivité divisée par 2 en moins de 100 jours), les **déchets dits de courte durée de vie** (radioactivité divisée par 2 en moins de 31 ans) et des **déchets dits de longue durée de vie**, qui contiennent une quantité importante de radioéléments de longue période (radioactivité divisée par deux en plus de 31 ans).

Activité \ Période radioactive	Période radioactive		
	Très courte durée de vie (VTC) (période radioactive < 100 jours)	Courte durée de vie (VC) (période radioactive ≤ 31 ans)	Longue durée de vie (VL) (période radioactive > 31 ans)
Très faible activité (TFA)	Déchets VTC gérés sur place par décroissance radioactive. Ils sont ensuite gérés comme des déchets classiques	Déchets TFA Centre de stockage CSTFA (Stockage dédié en surface / Filières de recyclage)	
Faible activité (FA)		Déchets FMA-VC Centre de stockage de l'Aube <i>Remarque : à l'étude pour les déchets tritiés et les sources scellées</i>	Déchets FA-VL Centre de stockage à faible profondeur à l'étude. Mise en service prévue en 2020
Moyenne activité (MA)			Déchets MA-VL Centre de stockage profond à l'étude. Mise en service prévue en 2025.
Haute activité (HA)		Déchets HA Centre de stockage profond à l'étude Mise en service prévue en 2025	

Source : ANDRA

LES FILIERES DE GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

LES DECHETS DE TRES COURTE DUREE DE VIE

Ces déchets sont issus d'activités médicales (diagnostic, thérapies...) mettant en jeu des radioéléments de très courte durée de vie (demi-vie de quelques jours). Ils sont recueillis et entreposés pendant une durée suffisante permettant à la radioactivité de disparaître pratiquement. Devenus conventionnels, ces déchets sont éliminés comme tels dans les circuits d'élimination des déchets hospitaliers classiques.

LES DECHETS DE TRES FAIBLE ACTIVITE (TFA)

Les déchets de très faible activité (TFA) proviennent essentiellement du **démantèlement** des installations nucléaires arrêtées, de **quelques industries** (chimie ou métallurgie) dont les procédés de fabrication concentrent la radioactivité naturelle présente dans certains minerais et de la **réhabilitation de sites anciennement pollués**.

Les déchets TFA ont un niveau de radioactivité généralement compris entre 1 et 100 Becquerels par gramme (Bq/g) parfois supérieur pour de très faibles volumes de déchets ; leur activité décroît en quelques dizaines d'années jusqu'à un niveau moyen de quelques Bq/g, cette radioactivité résiduelle étant essentiellement due aux éléments à vie longue.

Le **Centre de stockage TFA (CSTFA)**, exploité par l'ANDRA, les accueille depuis l'été 2004. Il couvre une superficie de 45 hectares, située essentiellement sur la commune de Morvilliers (AUBE) et devrait accueillir, au cours des trente prochaines années, environ 650 000 m³ de déchets TFA.



<http://www.andra.fr>

LES DECHETS DE FAIBLE ET MOYENNE ACTIVITE A VIE COURTE (FMA-VC)

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte ont une période radioactive inférieure à 30 ans. Leur niveau d'activité deviendra comparable à celui de la radioactivité naturelle dans moins de 300 ans. Ce sont par exemple des filtres, des résines de traitement de l'eau, des outils, des gants... qui proviennent principalement de l'industrie nucléaire, mais aussi des laboratoires de recherche, des universités, des hôpitaux... Pour des raisons techniques, ces déchets peuvent contenir, en faible proportion, des éléments radioactifs à vie longue.

Ces déchets sont gérés et stockés dans le **centre de stockage de l'Aube**, ouvert au début de l'année 1992, et qui a pris le relais du Centre de la Manche. Sa capacité est de un million de mètres cubes de colis de déchets.



<http://www.andra.fr>

LES DECHETS DE FAIBLE ACTIVITE A VIE LONGUE (FA-VL)

Les déchets de faible activité à vie longue proviennent le plus souvent d'activités industrielles conduisant à la concentration de radioéléments d'origine naturelle (ex : ancienne industrie du radium), ou de l'industrie nucléaire (ex : graphite irradié contenu dans les structures des anciens réacteurs de la filière uranium naturel-graphite-gaz [UNGG]). Du fait de leur longue durée de vie, ces déchets ne peuvent pas être éliminés dans un stockage de surface car il n'est pas possible de bénéficier de leur décroissance radioactive dans un délai compatible avec la permanence d'une surveillance institutionnelle. Des méthodes de gestion à long terme sont encore à l'étude.

LES DECHETS DE HAUTE ACTIVITE (HA) ET LES DECHETS DE MOYENNE ACTIVITE A VIE LONGUE (MA-VL)

Ces déchets sont en grande majorité issus de l'industrie nucléaire (coques et embouts de combustibles irradiés, boues provenant du traitement des effluents, déchets activés issus du démantèlement d'installations nucléaires, produits de fission et d'activation issus du traitement de combustibles irradiés...). Il n'existe pas actuellement de filière d'élimination de ces déchets, qui sont pour le moment entreposés dans des installations nucléaires. Des recherches pour leur élimination sont menées suivant les axes définis par la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006.

Démarche générale de prévention des accidents

La sûreté des centrales nucléaires est fondée sur le principe de "défense en profondeur" : des niveaux multiples de protection, ou lignes de défense, présents dès le stade de la conception de l'installation, ramènent à un niveau extrêmement faible le risque qu'un accident puisse avoir des conséquences graves à l'extérieur de la centrale. Chaque dispositif de sécurité, considéré a priori comme vulnérable, doit être doublés par un autre dispositif indépendant. L'un des objectifs majeurs de la sûreté des installations nucléaires est donc de maîtriser, en toutes circonstances, le confinement de la radioactivité.

LA DEFENSE EN PROFONDEUR

1^{ER} NIVEAU : CONCEPTION ET ORGANISATION

Le premier niveau de défense consiste à concevoir et construire l'installation en faisant appel à des techniques fiables et des matériels robustes et à organiser son exploitation de manière à maintenir l'installation dans son domaine normal de fonctionnement.

2^{EME} NIVEAU : DISPOSITIFS DE CONTROLE ET DE PROTECTION

Le deuxième niveau de défense vise à empêcher l'installation de sortir de son domaine de fonctionnement normal : des **systèmes de régulation, de contrôle et de protection** sont présents pour arrêter une évolution anormale avant que des matériels ne soient sollicités au-delà des conditions prévues pour leur fonctionnement.

3^{EME} NIVEAU : SYSTEMES DE SAUVEGARDE ET PROCEDURES DE CONDUITE ACCIDENTELLE

Le troisième niveau de défense intervient en cas de défaillance des deux premiers niveaux ; il comporte des systèmes dits de sauvegarde et des procédures de conduite de l'installation destinées à circonscrire l'accident et à limiter les effets de ces accidents.

4^{EME} NIVEAU : LIMITATION DES CONSEQUENCES D'UN ACCIDENT GRAVE

Malgré le soin apporté aux trois premiers niveaux, le risque d'accident susceptible d'entraîner des conséquences importantes bien que minime, n'est pas nul : il est, en effet, impossible de garantir un risque nul. Le quatrième niveau consiste à limiter les rejets provoqués par une situation très grave où le cœur aurait fondu. Les actions à entreprendre font l'objet de procédures ultimes et du **Plan d'Urgence Interne** établi par l'exploitant.

5^{EME} NIVEAU : LIMITATION DES CONSEQUENCES RADIOLOGIQUES POUR LES POPULATIONS

La mise en oeuvre d'actions de protection des populations peut intervenir en cas de rejets plus ou moins importants suppose l'échec ou une efficacité insuffisante des mesures associées aux niveaux précédents. Ces actions sont regroupées dans des **Plans Particuliers d'Intervention**.

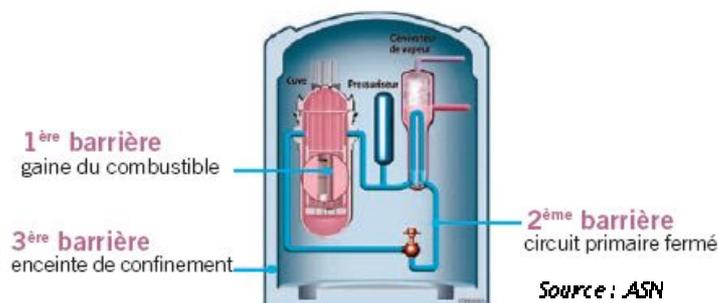


Source : IRSN

LES BARRIERES DE CONFINEMENT

Dans un Réacteur à Eau sous Pression (REP), la prise en compte du concept de défense en profondeur implique l'existence de 3 barrières de confinement des produits radioactifs contenus dans le cœur du réacteur :

1. La **gaine** qui enveloppe les crayons de combustible retient les produits radioactifs créés dans les pastilles de combustible. Une mauvaise évacuation de la chaleur entraînerait la rupture des gaines, voire la fusion plus ou moins importante des pastilles.
2. Le **circuit primaire** : les crayons combustibles sont constamment refroidis par l'eau primaire qui circule en circuit fermé entre le cœur et les boucles des générateurs de vapeur. Le circuit primaire constitue une deuxième enveloppe capable de retenir la dispersion des produits radioactifs contenus dans le combustible si les gaines sont défailtantes.
3. L'**enceinte de confinement** : elle est constituée par le bâtiment en béton qui abrite le circuit primaire.



LES PLANS D'URGENCE

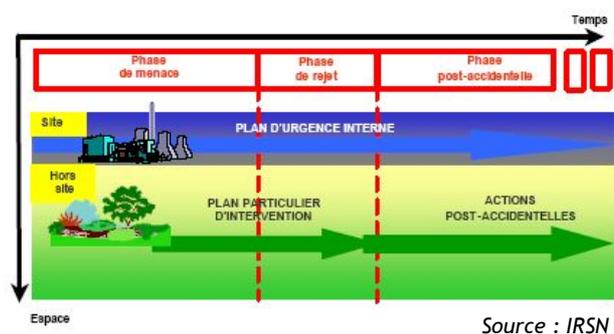
AU NIVEAU LOCAL

En cas d'événement important affectant l'installation nucléaire, le **responsable de l'installation** déclenche le **Plan d'Urgence Interne (PUI)**. Le mise en œuvre de ce plan, propre à chaque site et établi par l'exploitant, vise à ramener l'installation dans un état sûr, à limiter les conséquences de l'accident et à protéger notamment les personnes présentes sur le site.

Si l'accident est susceptible d'avoir des conséquences sur la population environnante, le **préfet**, responsable de la protection de celle-ci, déclenche le **Plan Particulier d'Intervention (PPI)**. Ce plan, élaboré par les services de la préfecture dont relève le site en relation avec les élus locaux, est propre à chaque site et destiné à protéger les populations en cas de menace d'exposition à court terme. Il précise les missions des différentes équipes d'intervention (services de protection civile, cellules mobiles d'intervention radiologique, forces de police...) ainsi que les réseaux de transmission de l'information et les moyens matériels et humains nécessaires. En fonction de la cinétique de l'accident, ses modalités d'application sont différentes [Cf. FICHE 2.5].

AU NIVEAU NATIONAL

L'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) ou L'ASND (Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense) sont chargées de conseiller le préfet. Ils disposent de l'appui technique de l'IRSN.



Qu'est ce qu'un accident nucléaire sur un REP ?

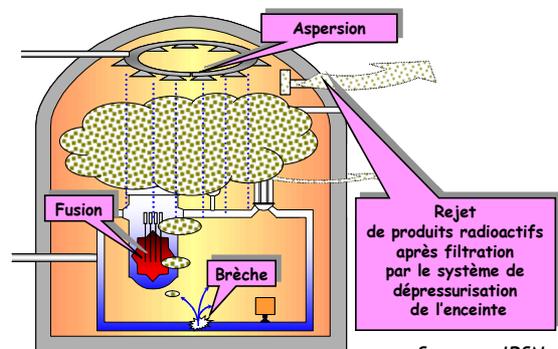
Un accident nucléaire peut conduire à une **dispersion atmosphérique (particules ou gaz)** ou à un **rejet liquide de produits radioactifs** dans l'environnement à la suite de défaillances techniques, d'un incendie de grande ampleur, etc. entraînant la défaillance des **barrières de confinement** [Cf. FICHE 2.3]. En découlent une contamination de l'environnement et une exposition à des rayonnements ionisants des travailleurs et de la population autour de l'installation accidentée.

Sur les Réacteurs à Eau sous Pression (REP), parmi les différents types d'accidents pouvant entraîner des rejets radioactifs dans l'environnement, on distingue particulièrement les accidents de type « Accident de Perte de Réfrigérant Primaire » (APRP) aggravé et les accidents de type « Rupture de Tubes de Générateur de Vapeur » (RTGV).

L'ACCIDENT NUCLEAIRE SUR UNE CENTRALE NUCLEAIRE FRANÇAISE

ACCIDENT DE TYPE « APRP » AVEC DEFAILLANCES MULTIPLES

En cas d'accident sur un réacteur, l'arrêt automatique de celui-ci entraîne la chute des grappes de contrôle qui absorbent les neutrons responsables de la réaction en chaîne. Cependant, même si la réaction en chaîne est stoppée, le cœur du réacteur qui contient beaucoup de produits radioactifs, va continuer à produire de la chaleur par désintégration de ces éléments : c'est ce que l'on appelle la **puissance résiduelle du cœur du réacteur** qu'il faut évacuer en permanence pour éviter que celui ne monte en température et se dégrade.



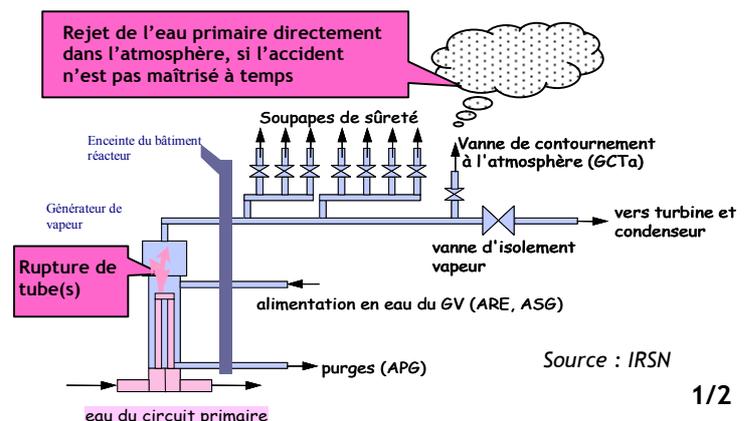
Source : IRSN

Un accident de type « fusion du cœur » a généralement pour origine un défaut de refroidissement du cœur dont la puissance résiduelle ne peut plus être évacuée. C'est le cas lorsqu'une **brèche s'ouvre sur le circuit primaire** [Cf. FICHE 2.1] (APRP = Accident de Perte de Réfrigérant Primaire) : l'eau s'échappe de celui-ci et si les moyens d'injection d'eau ne compensent pas suffisamment cette perte, le niveau d'eau dans la cuve du réacteur baisse et n'est plus suffisant pour recouvrir les crayons combustibles. Le combustible n'étant plus refroidi, il s'échauffe et atteint de très hautes températures. Si la situation n'est pas corrigée en réinjectant de l'eau dans la cuve du réacteur, les crayons combustibles et les structures internes de cuve fondent et forment un magma de matériaux appelé **corium**. Les produits radioactifs les plus volatils du cœur du réacteur, tels que l'iode ou le césium, sont alors relâchés dans l'enceinte de confinement du réacteur.

Par ailleurs, l'eau chaude qui s'échappe par la brèche du circuit primaire dans l'enceinte de confinement se vaporise instantanément, entraînant une augmentation de la pression dans l'enceinte. Les enceintes de confinement sont des structures étanches, mais il existe toujours des fuites. Sous l'effet de la pression dans l'enceinte de confinement et de l'existence de ces fuites, une partie des produits radioactifs relâchée dans l'enceinte est rejetée dans l'environnement (par les inétanchéités de la troisième barrière de confinement). Pour ce type d'accident, on observe une **phase de menace qui peut être de l'ordre de quelques dizaines de minutes à quelques heures**, suivie d'une phase de rejet très longue.

ACCIDENT DE TYPE « RTGV »

En cas de rupture de tube(s) de générateur de vapeur (RTGV), l'eau du circuit primaire, qui peut contenir des faibles quantités d'éléments radioactifs, se déverse alors dans le circuit secondaire (perte de la deuxième barrière de confinement). Cette fuite est due à la différence de pression entre le circuit



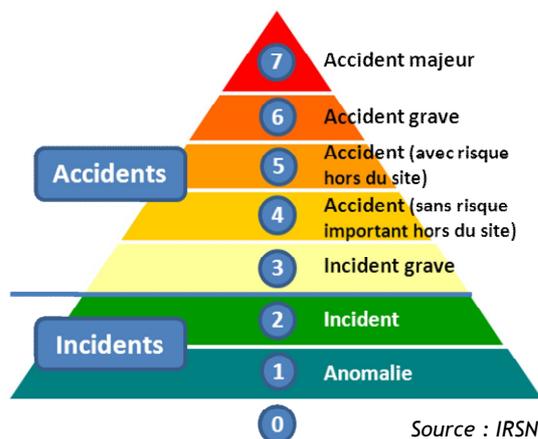
Source : IRSN

primaire et le circuit secondaire et entraîne une augmentation de la pression dans le circuit secondaire.

Afin de ne pas endommager l'installation, des soupapes de décompression sur le circuit secondaire s'ouvrent pour limiter l'élévation de la pression et laissent échapper de la vapeur d'eau contaminée directement dans l'atmosphère. Il se produit alors un rejet de gaz radioactifs dans l'environnement. Les radionucléides pouvant être émis dans l'environnement sont des produits de fission et des produits de corrosion [Cf. FICHE 3.1]. Pour ces accidents, il n'y a pas de phase de menace mais la phase de rejet est limitée dans le temps (de quelques secondes à quelques heures au maximum).

L'ECHELLE INES

L'échelle *INES* (International Nuclear Event Scale) est une échelle de communication. Elle est destinée à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance en matière de sûreté des incidents et des accidents nucléaires. Elle est utilisée au plan international depuis 1991 et s'appuie à la fois sur des critères objectifs et subjectifs. L'échelle *INES* s'applique à tout événement se produisant dans les installations nucléaires de base (INB) civiles ou classées secrètes (INBS), et lors du transport des matières radioactives. Ces événements sont classés selon 8 niveaux, de 0 à 7, suivant leur importance.



Source : IRSN

L'application de l'échelle *INES* se fonde sur 3 critères de classement :

- les conséquences de l'événement à l'extérieur du site, c'est-à-dire les rejets radioactifs qui peuvent toucher le public et l'environnement ;
- les conséquences de l'événement à l'intérieur du site, qui peuvent toucher les travailleurs et l'installation elle-même ;
- la dégradation des lignes de défense en profondeur de l'installation, c'est-à-dire des moyens successifs de protection (systèmes de sûreté, procédures, contrôles techniques ou administratifs...) mis en place au sein de l'installation afin de limiter les effets d'un incident ou accident et de garantir le confinement de la radioactivité.

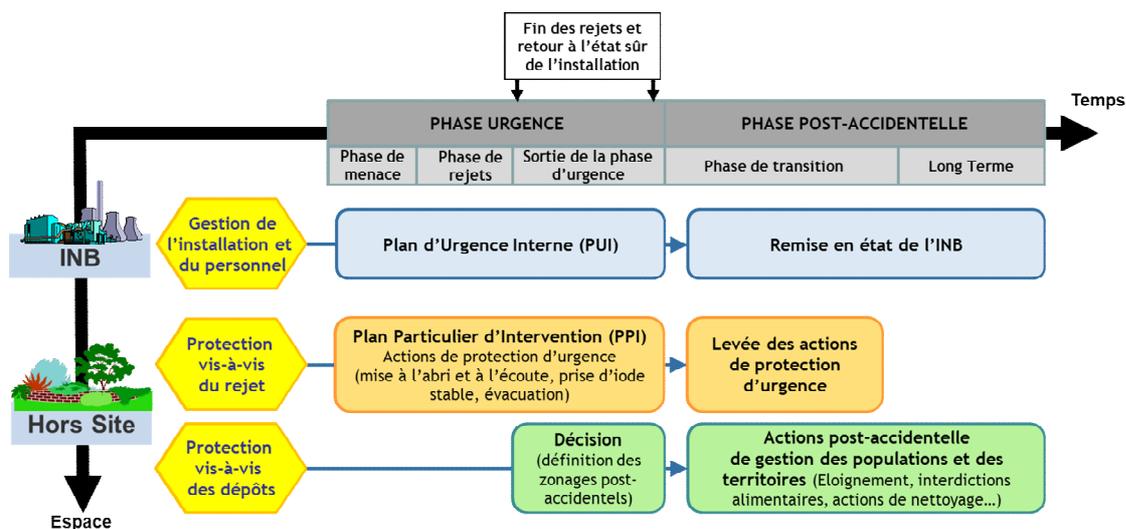
	Conséquences à l'extérieur du site	Conséquences à l'intérieur du site	Dégradation de la défense en profondeur	Exemples
7 Accident majeur	Rejet majeur : effets étendus sur la santé et l'environnement			Tchernobyl (Ukraine) (1986) Fukushima (Japon) (2011)
6 Accident grave	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des actions de protection prévues			
5 Accident	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des actions de protection prévues	Endommagement grave du cœur de réacteur / des barrières radiologiques		Three Mile Island (USA) (1979)
4 Accident	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur de réacteur / des barrières de confinement / exposition mortelle d'un travailleur		Saint Laurent des Eaux (Fr) (1969)
3 Incident grave	Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites	Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu / perte des barrières	
2 Incident		Contamination importante / surexposition d'un travailleur	Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité	
1 Anomalie			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé	
0 Écart	Aucune importance du point de vue de la sûreté			
Événements hors échelle	Aucune pertinence du point de vue de la sûreté			

Phases d'un accident & Gestion de la population et des territoires

PHASES DE L'ACCIDENT ET ENJEUX

En fonction de l'installation, du type d'incident [Cf. FICHE 2.4], des stratégies de conduite mises en œuvre au sein de l'installation, l'ampleur et la cinétique d'un accident nucléaire peuvent être très différentes. Un accident nucléaire sur un REP peut se décomposer en 2 grandes phases dont les durées différeront selon la nature de l'accident :

- la phase d'urgence composée de la phase de menace, la phase de rejet et la sortie de la phase d'urgence ;
- la phase post-accidentelle composée de la phase de transition (des premières semaines aux premières années) suivant la fin des rejets et de la phase de long terme.



Au sein de l'installation affectée, le responsable met en œuvre, dès la phase d'urgence, tous les moyens dont il dispose pour sécuriser son installation et limiter les rejets de radioactivité dans l'environnement.

En dehors de l'installation, la protection des populations, à court, moyen et long termes, est de la responsabilité des pouvoirs publics représentés, au niveau local, par le préfet :

- lors de la phase de menace ou de rejet, des actions définies dans le *Plan Particulier d'Intervention* [Cf. FICHE 2.3] sont mises en place dans des périmètres d'urgence autour du site pour anticiper ou assurer la protection de la population vis-à-vis des rejets atmosphériques de radioactivité.
- à la sortie de la phase d'urgence et tout au long de la phase post-accidentelle, un zonage post-accidentel évolutif [Cf. FICHE 2.6] est établi pour structurer la mise en œuvre des actions de protection vis-à-vis de la radioactivité déposée dans l'environnement et, notamment, la gestion du risque alimentaire.

En dehors de ces territoires (périmètre d'urgence, zonage post-accidentel), le risque radiologique pour la population reste suffisamment faible pour ne pas justifier des actions de protection particulières.

En phase d'urgence puis en phase post-accidentelle, la gestion du milieu agricole vise trois objectifs principaux :

- lors de la phase de menace, préserver le patrimoine agricole des conséquences possibles de l'accident par des actions de préservation des cheptels, des stocks et du matériel situé sur les exploitations ;
- dès la sortie de la phase d'urgence, engager les actions pour limiter les conséquences des dépôts de radioactivité dans l'environnement sur les productions et les exploitations agricoles ;
- à plus long terme, restaurer ou améliorer la qualité radiologique des systèmes de production agricole.

Tout au long de l'accident, la stratégie globale à mettre en œuvre pour la protection des populations et la préservation de l'environnement agricole doit tenir compte, de manière cohérente, de l'évolution temporelle de la situation mais également de sa variabilité spatiale.

PHASES DE L'ACCIDENT, METHODE D'EVALUATION ET ACTIONS

Les paragraphes ci-dessous présentent, pour chacune des phases de l'accident, les actions qui peuvent être mises en œuvre pour protéger les populations et les territoires. Les pictogrammes utilisés sont explicités dans ce tableau :

Nécessité d'actions relatives à la protection de la population (Cf. FICHE 4.1)		Gestion des produits agricoles (Cf. FICHE 4.2)	
	Pas d'action nécessaire vis-à-vis de la population		Pas d'interdiction de consommation, ni de mise sur le marché des produits alimentaires
	Nécessité de mettre en œuvre des actions de protection de la population		Mesures nécessaires d'interdiction de consommation et de mise sur le marché des produits alimentaires

LA PHASE DE MENACE

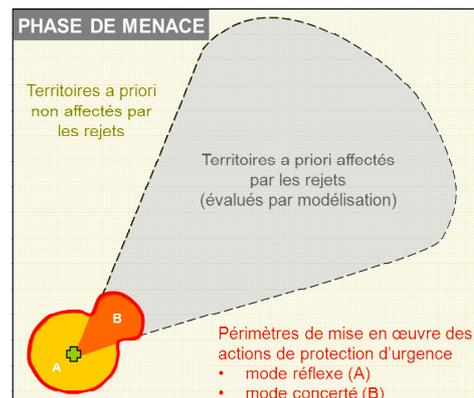
Définition

La phase de menace débute par un événement anormal détecté par l'exploitant de l'installation. Si les tentatives de l'exploitant pour ramener l'installation à un état sûr échouent et si les matériels de sauvegarde prévus ne fonctionnent pas de manière satisfaisante, cet accident peut conduire à des rejets dans l'environnement après quelques heures ou très rapidement pour certains types d'accident (incendie, explosion, criticité, etc.). La phase de menace est alors d'une durée très réduite, elle peut même ne pas exister.

Méthode d'évaluation

Durant la phase de menace, si elle a lieu, les décisions sont essentiellement prises sur la base d'estimations prédictives réalisées par modélisation tenant compte de l'état de l'installation concernée et des prévisions météorologiques locales couvrant la période de rejets potentielle. Ces données permettent de délimiter les territoires risquant, en théorie, d'être impactés par les rejets et en particulier les lieux où des actions de protection de la population seraient justifiées. Les réseaux de surveillance de l'environnement en place, notamment autour de l'installation nucléaire concernée sont mis en alerte afin de détecter un éventuel début de rejets.

Gestion des populations et des territoires

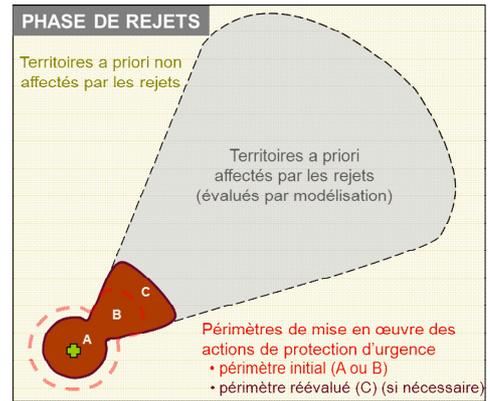


	PREVISIONS	AU COURS DE LA PHASE DE MENACE...
Centrale nucléaire 	Risque de rejets	L'exploitant engage les actions prévues dans le Plan d'Urgence Interne (PUI) destinées à ramener, si possible, l'installation dans un état sûr, à limiter les rejets radioactifs dans l'environnement et à protéger son personnel.
Périmètres de mise en œuvre des actions de protection d'urgence	 	S'il craint l'apparition de rejets à échéance brève, le préfet peut déclencher le Plan Particulier d'Intervention (PPI) et mettre en œuvre des actions « préventives » destinées à protéger les populations concernées : <ul style="list-style-type: none"> • Si le délai est court (< 6 heures après le début de l'accident), le préfet déclenche le PPI en mode réflexe sur la base de critères techniques préétablis. Les actions à engager sont prédéterminées et donc indépendantes des conditions météorologiques au moment de l'accident et s'appliqueront au rayon réflexe du PPI (zone « A » du schéma ci-dessus). La mise à l'abri et à l'écoute de la population est alors mise en œuvre. • Si le temps avant le début des rejets est plus long (> 6 heures), le préfet peut décider de la mise en œuvre du PPI en mode concerté. Les actions de protection des populations à engager ainsi que les périmètres où elles s'appliquent sont alors définies au cas par cas sur la base d'une évaluation réalisée par des experts techniques et l'exploitant tenant compte, notamment, des conditions météorologiques (zone « B » ci-dessus). Le préfet est alors conseillé par l'ASN.
Reste du territoire impacté par les rejets	 	En dehors des périmètres de mise en œuvre des actions de protection d'urgence, le niveau d'exposition de la population aux rejets ne justifie pas d'actions supplémentaires de protection de la population, du moins dans les premières heures de l'accident. Des actions préventives de préservation du milieu agricole peuvent y être recommandées (ex : rentrer les animaux ...).
Territoire a priori non impacté	 	Au-delà de la zone supposée d'impact des rejets, aucune action n'est à mettre en œuvre que ce soit pour la protection des populations ou la préservation du patrimoine agricole.

LA PHASE DE REJETS

Définition

La phase de rejets débute dès que de la radioactivité est détectée aux exutoires de l'installation ou dans l'environnement. Elle dure jusqu'à l'arrêt des émissions de radioactivité dans l'atmosphère et la dissipation du panache. Suivant le type d'accident, les substances radioactives peuvent être émises sur des périodes de plusieurs heures à plusieurs jours. Les radioéléments se déplacent et diffusent dans l'atmosphère au gré du mouvement des masses d'air et se déposent sur le sol et les surfaces selon les conditions atmosphériques [Cf. FICHE 3.1].



Durant cette phase, la priorité des pouvoirs publics est de mettre en place des actions de protection des populations et du territoire vis-à-vis des rejets (mise à l'abri et à l'écoute, prise d'iode stable, voire évacuation).

Méthode d'évaluation

Durant cette phase, les outils de modélisation restent le moyen principal pour comprendre et anticiper l'évolution de la situation et les conséquences sanitaires et environnementales induites. Les premiers résultats de mesures de la radioactivité sur le terrain, disponibles en nombre réduit, sont obtenus avec les réseaux de surveillance autour des installations et grâce aux équipes de mesures envoyées sur le terrain. Ils permettent essentiellement de suivre l'évolution des rejets (évolution temporelle et spatiale) [Cf. FICHE 2.11]. Au cours du temps, la connaissance des rejets s'améliore et permet de confirmer et d'affiner les estimations précédemment fournies. Le cas échéant, le préfet peut adapter ou compléter les actions de protection déjà entreprises.

L'IRSN évalue également la contamination prévisionnelle des denrées alimentaires destinées à la consommation humaine et animale, en vue de la définition du zonage post-accidentel à mettre en place à la sortie de la phase d'urgence.

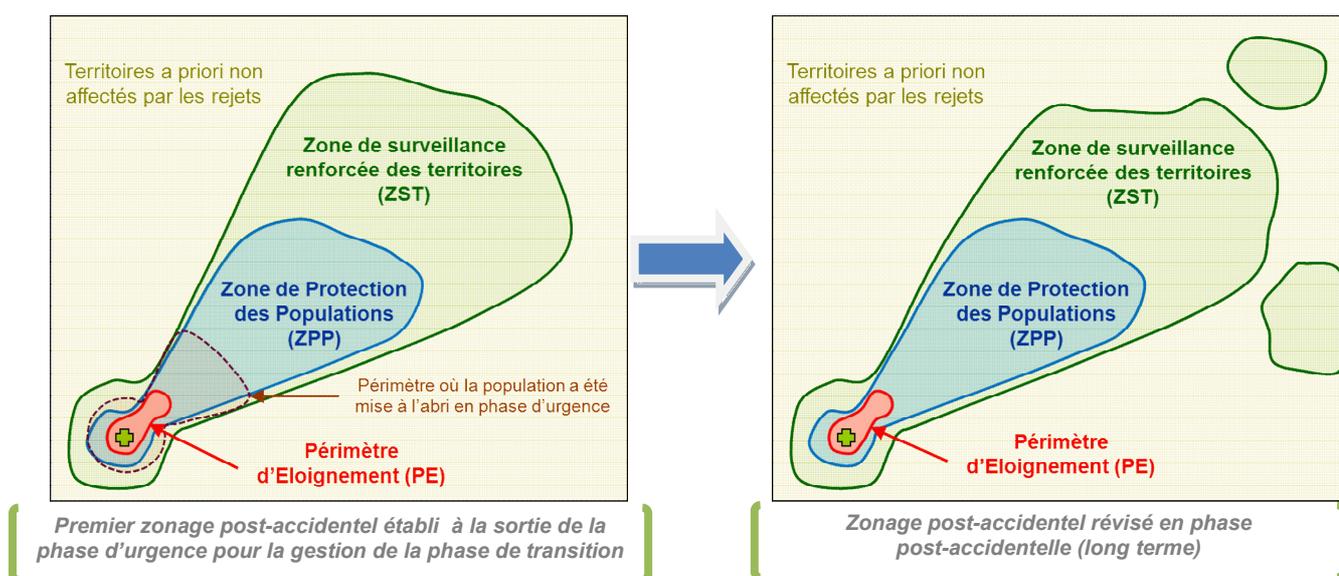
Gestion des populations et des territoires

	PREVISIONS	AU COURS DE LA PHASE DE REJETS...
Centrale nucléaire	Rejets en cours	L'exploitant poursuit les actions prévues dans le PUI pour ramener son installation dans un état sûr et pour protéger son personnel.
Périmètres de mise en œuvre des actions de protection d'urgence	 	Les populations de la zone A ou B (cf. schéma ci-dessus) sont mises à l'abri et à l'écoute ou évacuées si cela n'a pas été déjà fait faute de temps ou après réévaluation des conséquences radiologiques compte tenu de l'évolution de la situation (zone C du schéma ci-dessus). Les pouvoirs publics peuvent également recommander la prise de comprimés d'iode stable en complément de cette mise à l'abri. Une évacuation de la population peut être organisée, notamment si la gravité de la situation ou la durée du rejet est importante. En milieu agricole, aucune action n'est possible sur ce territoire durant cette phase, la priorité étant la protection des populations vis-à-vis des rejets atmosphériques.
Reste du territoire impacté par les rejets	 	En dehors des périmètres de mise en œuvre des actions de protection d'urgence, le niveau d'exposition de la population aux rejets ne justifie pas d'actions supplémentaires de protection de la population, du moins dans les premières heures de l'accident. Dans cette zone, des actions préventives de préservation du milieu agricole peuvent être recommandées (ex : rentrer les animaux, protéger les stocks...) même si l'efficacité de certaines actions peut être limitée du fait des premières retombées de radioactivité dans l'environnement.
Territoire a priori non impacté	 	Au-delà de la zone supposée d'impact des rejets, aucune action n'est à mettre en œuvre que ce soit pour la protection des populations ou la préservation du patrimoine agricole.

DE LA SORTIE DE LA PHASE D'URGENCE A LA PHASE POST-ACCIDENTELLE

Définition

La sortie de la phase d'urgence débute à l'approche de la fin des rejets (ou juste après). Elle prend fin lorsque l'installation est retournée dans un état sûr, c'est-à-dire lorsque tout risque d'un nouveau rejet majeur est écarté. Cette phase est marquée par l'établissement d'un **premier zonage post-accidentel** [Cf. FICHE 2.6] qui structure la gestion des populations et des territoires après la levée des mesures de protection d'urgence (mise à l'abri des populations...) et dans les premiers moments de la phase post-accidentelle (**début de la phase de transition**). Plus tard, au cours de la phase post-accidentelle (**phase de transition et phase long terme**), le zonage post-accidentel sera réévalué à partir des connaissances de la contamination de l'environnement et des produits alimentaires et une concertation plus élargie permettra de choisir des stratégies partagées et de long terme pour la gestion des populations et des territoires.



Méthode d'évaluation

A la sortie de la phase d'urgence et en phase de transition, les campagnes de mesures s'intensifient [Cf. FICHE 2.7]. Bien que partielle, la connaissance de l'évènement, des rejets et des dépôts dans l'environnement permet à l'IRSN de produire par modélisation un zonage post-accidentel raisonnablement « enveloppe » sur lequel le Préfet s'appuiera, après concertation avec l'ASN et les différents services de l'Etat, pour définir le **premier zonage post-accidentel**.

En phase post-accidentelle, les campagnes de mesures de la radioactivité de l'environnement et des produits alimentaires s'intensifient encore et améliorent la connaissance de l'évènement, de l'exposition passée et à venir des populations et du devenir de la contamination dans l'environnement. Ces mesures permettent également d'identifier des zones particulières et de dédouaner les zones exemptes de contamination. Elles permettent, éventuellement, au préfet d'adapter ou de compléter les actions de protection déjà entreprises. Les mesures renseignent aussi sur l'efficacité des actions de décontamination entreprises dans les zones affectées.

Gestion des populations et des territoires

	PREVISIONS	DE LA SORTIE DE LA PHASE D'URGENCE A LA PHASE POST-ACCIDENTELLE...
	Rejets majeurs terminés ou sur le point de se terminer	L'exploitant mène des actions pour ramener son installation dans un état sûr après la fin des rejets.
Périmètres de mise en œuvre des actions de protection d'urgence — — — —	Levée des actions de protection d'urgence	A l'intérieur de ces périmètres, les autorités préparent, durant la sortie de la phase d'urgence, la levée de la mise à l'abri des populations mise en place en phase d'urgence. Cela se traduit notamment par l'information des populations sur leur devenir en fonction de la zone post-accidentelle dans lequel elles se trouveront.

<p>Zone de Protection des Populations (ZPP)</p> <p>Périmètre d'éloignement</p>	 <p>(pendant au moins 1 mois)</p>  <p>(pendant au moins 1 mois)</p>	<p>Dans cette partie de la ZPP [Cf. FICHE 2.7], l'exposition des populations est jugée inacceptable malgré l'interdiction de consommer des denrées produites localement. La population doit être éloignée pendant une durée d'au moins un mois.</p> <p>Les pouvoirs publics doivent organiser et mettre en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une sécurisation de la zone et un contrôle d'accès • l'éloignement des personnes et des animaux domestiques dans un délai assez rapide mais sans caractère d'urgence immédiate • un contrôle radiologique et si nécessaire une décontamination des personnes • un nettoyage des principales voies d'accès • la poursuite d'une activité minimale des établissements industriels ne pouvant pas être arrêtés pour des raisons de sécurité ou nécessitant la présence de personnel si nécessaire, un entretien des réseaux (eau, gaz, électricité) <p>En milieu agricole, les pouvoirs publics doivent organiser les soins minimaux aux animaux d'élevage maintenus sur place, avant leur transfert éventuel.</p>
<p>Zone de Protection des Populations (ZPP)</p> <p>Hors Périmètre d'éloignement</p>	 <p>(1 mois)</p>  <p>(interdiction pendant au moins 1 mois)</p>	<p>Dans l'ensemble de la ZPP [Cf. FICHE 2.7], les pouvoirs publics décident, pour une durée d'au moins un mois :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le maintien sur place de la population accompagné de recommandations pour certaines activités (ex : activités agricoles). La population peut donc résider sur place, circuler et travailler en tenant compte de ces recommandations ; • l'interdiction systématique de consommer, de mettre sur le marché et de transformer les denrées produites localement ; • la mise sous séquestre des exploitations agricoles. <p>Pour gérer la population et les exploitations agricoles, les pouvoirs publics doivent organiser et mettre en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le cadre réglementaire des interdictions et des restrictions à destination des populations et des exploitants agricoles ; • des actions de réduction ou de fixation de la contamination pour réduire autant que possible l'exposition de la population à court, moyen et long termes ; • un suivi des intervenants et en particulier des acteurs agricoles ; • la communication vers les populations et vers l'ensemble des acteurs du territoire ; • des programmes spécifiques de surveillance radiologique de l'environnement ; • un recensement des personnes de la zone ; • des Centres d'Accueil et d'Information (CAI) ; • des contrôles radiologiques des personnes et un réseau de veille sanitaire ; • un cadre à l'indemnisation d'urgence. <p>Au niveau agricole, les pouvoirs publics doivent rapidement définir la stratégie de gestion des productions agricoles en cours, des déchets et des matières contaminées produits dans cette zone. En priorité, les pouvoirs publics doivent s'intéresser aux cheptels, aux troupeaux laitiers et aux récoltes ou stocks de produits frais.</p>
<p>Zone de Surveillance renforcée des Territoires (ZST)</p>	  <p>(durée d'interdiction fonction des productions et des résultats des contrôles libératoires)</p>	<p>Dans la ZST [Cf. FICHE 2.8], les populations peuvent résider, circuler et travailler sans contrainte particulière. Toutefois, la mise sur le marché et la consommation des denrées alimentaires produites localement sont temporairement interdites dans l'attente de la mise en place de contrôles libératoires. Sont concernées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • toutes denrées alimentaires produites localement (potagers, exploitations agricoles) • les produits de la chasse, de la pêche et de la cueillette ; <p>La mise sur le marché des fourrages et des aliments pour le bétail produits localement est aussi temporairement interdite dans l'attente de contrôles libératoires.</p> <p>Rapidement, les pouvoirs publics organisent et mettent en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le cadre réglementaire des interdictions et des restrictions ; • la communication vers les populations et vers l'ensemble des acteurs ; • des programmes spécifiques de surveillance de la radioactivité dans l'environnement • le contrôle radiologique des denrées et produits agricoles destinés à l'alimentation humaine ou animale pour les filières dont les normes de commercialisation pourraient être dépassées. <p>Au niveau agricole, les pouvoirs publics doivent rapidement définir la stratégie de gestion des productions agricoles, des déchets et des matières contaminées produits dans cette zone. En priorité, les pouvoirs publics doivent s'intéresser aux cheptels, aux troupeaux laitiers et aux récoltes ou stocks de produits frais.</p>
<p>Territoire a priori non impacté</p>		<p>En dehors de la ZST [Cf. FICHE 2.9], aucune action de protection de la population ou de restriction de mise sur le marché des denrées alimentaires n'est a priori nécessaire. Une surveillance est cependant à mettre en place pour détecter d'éventuelles zones de concentration de radioactivité dans l'environnement.</p>

Principes du zonage post-accidentel

En application de l'arrêté R1333-90 du Code de la santé publique, il relève de la responsabilité du préfet de mettre notamment en œuvre un zonage permettant de fournir un cadre structurant pour la mise en place des actions de gestion d'une exposition durable de la population aux rayonnements ionisants et de gestion de la contamination des territoires affectés par l'accident.

DEFINITIONS, INDICATEURS ET VALEURS-GUIDES ASSOCIES AUX ZONES

Le premier zonage post-accidentel est établi sur la base d'une modélisation prédictive des expositions futures de la population à la radioactivité ambiante des zones habitées et de la contamination de la chaîne alimentaire du fait des dépôts de radioactivité [Cf. FICHE 2.5]. Il dépend directement de l'importance des dépôts radioactifs plus ou moins persistants. Ce zonage est défini par le préfet sur les recommandations de l'ASN à partir des évaluations de conséquences fournies par l'IRSN. Une fois adopté, ce premier zonage est porté à la connaissance des services locaux et des élus, par des arrêtés préfectoraux, pour sa déclinaison administrative et opérationnelle.

ZONE DE PROTECTION DES POPULATIONS (ZPP)

La zone de protection des populations (ZPP) correspond au périmètre au sein duquel il est justifié de mener des actions visant à réduire l'exposition des personnes y résidant. Cette zone est définie selon un objectif de radioprotection de la population vivant dans les territoires les plus contaminés.

La définition initiale du périmètre de la ZPP se fait à partir d'une évaluation prévisionnelle des doses [Cf. FICHE 1.2], susceptibles d'être reçues au cours du mois suivant la fin des rejets, sans tenir compte de l'efficacité des actions de réduction de la contamination qui seraient mises en œuvre dans cette zone. La ZPP est ainsi délimitée à partir du résultat le plus pénalisant parmi les deux indicateurs d'exposition suivants :

- la dose efficace prévisionnelle reçue au cours du premier mois suivant la fin des rejets, toutes voies d'exposition confondues, y compris l'ingestion de denrées locales contaminées. La valeur-guide retenue est de l'ordre de 10 mSv sur le premier mois ;
- la dose équivalente prévisionnelle à la thyroïde reçue au cours du premier mois suivant la fin des rejets, toutes voies d'exposition confondues, en particulier l'ingestion de denrées locales contaminées. La valeur guide retenue est de l'ordre de 50 mSv sur le premier mois.

Les valeurs-guides dosimétriques ne doivent pas être interprétées comme des seuils ou des limites. En effet, les incertitudes sur les estimations de doses doivent conduire à tenir compte d'autres paramètres que la dose et liés aux conditions de réalisation des actions considérées dont l'appréciation appartient plutôt au niveau local. Des éléments de contexte peuvent, par exemple, justifier l'absence de mise en œuvre d'une action de protection.

Dans la ZPP, la circulation de la population est libre *a priori*, sauf dans les forêts ou autres lieux de concentration des substances radioactives identifiés après caractérisation de la contamination, pour lesquels des restrictions d'accès pourraient être prononcées. Dans les scénarios d'accident considérés jusqu'à aujourd'hui par le CODIRPA [Cf. Préambule], la principale source d'exposition potentielle des populations résidant dans cette zone est l'ingestion de denrées contaminées d'origine locale. En conséquence, il est expressément demandé de ne pas consommer des denrées produites dans la ZPP et interdit de les mettre sur le marché, quel que soit leur niveau de contamination [Cf. FICHE 4.2]. Ces denrées sont donc considérées comme des déchets tout au long de la persistance de la ZPP.

Par ailleurs, dans le cas des produits non alimentaires, les possibilités de mise sur le marché doivent être examinées au cas par cas, assorties si nécessaire de contrôles préalables.

Il est possible que, pour une partie de la ZPP, malgré l'absence de consommation de denrées d'origine locale, l'exposition des populations soit encore jugée trop importante du fait des dépôts de radioactivité dans les milieux de vie. Il serait alors nécessaire d'éloigner les résidents de cette partie de la ZPP, probablement pour une durée longue, en instaurant un **périmètre d'éloignement (PE)**. Ce périmètre est délimité en fonction des résultats d'une évaluation prédictive des doses efficaces prévisionnelles sur le premier mois suivant la fin des rejets, sans prendre en compte l'ingestion de denrées alimentaires contaminées d'origine locale, en les comparant à une valeur guide de l'ordre de 10 mSv sur le premier mois.

A des fins opérationnelles, les indicateurs utilisés pour définir la ZPP et le périmètre d'éloignement pourront être déclinés en grandeurs mesurables sur le terrain, par exemple, en débit d'équivalent de dose (mSv/h ou μ Sv/h) ou en activité surfacique (Bq/m²) des radionucléides constituant les dépôts.

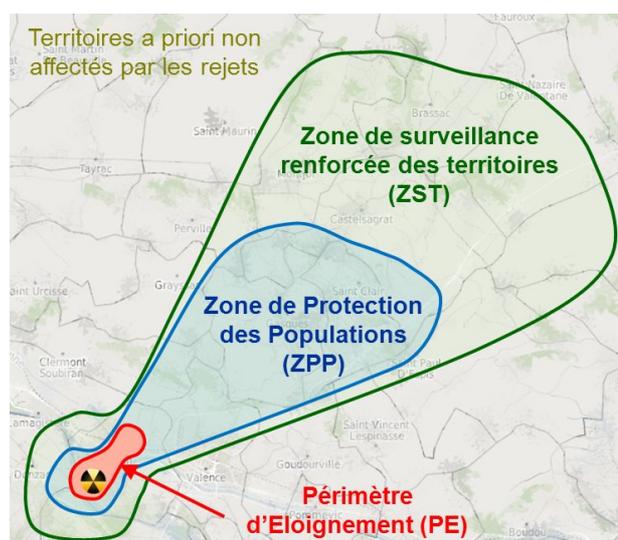
ZONE DE SURVEILLANCE RENFORCEE DES TERRITOIRES (ZST)

A la différence de la ZPP, axée sur la protection des populations, la **zone de surveillance renforcée des territoires (ZST)** répond principalement à un **objectif de préservation des activités économiques**, en assurant que seuls les produits conformes sont susceptibles d'intégrer les circuits de distribution.

La ZST s'étend au-delà de la zone de protection des populations. A la sortie de la phase d'urgence, la ZST est également définie à partir d'évaluations prédictives reposant sur une modélisation des transferts de la radioactivité déposée en milieu agricole. Elle est caractérisée par une contamination de l'environnement plus faible ne justifiant pas la mise en œuvre *a priori* d'actions de protection des populations, en dehors d'interdictions de mise sur le marché des denrées produites localement et de recommandations visant à limiter la consommation de certaines denrées autoproduites ou issues de la chasse, de la pêche ou de la cueillette.

Cette contamination est néanmoins significative et peut affecter en particulier les denrées et produits agricoles, justifiant la mise en place d'une surveillance spécifique de la qualité radiologique de ces produits. La contamination de certains produits agricoles et denrées peut en effet dépasser, même temporairement, les niveaux maximaux admissibles (NMA) à caractère réglementaire fixés au niveau européen pour réguler la mise sur le marché de ces denrées **[Cf. FICHE 4.2]**.

La ZST est ainsi définie comme la zone englobant l'ensemble des périmètres au sein desquels, pour une catégorie de production agricole donnée susceptible d'être produite et récoltée au cours du mois à venir, les NMA pourraient être dépassés. Etant donné que cette zone est initialement définie sur la base d'évaluations prédictives faites par modélisation, une interdiction systématique de toute forme de mise sur le marché et de consommation des différentes productions agricoles locales est tout d'abord prononcée, dans l'attente de la mise en place des dispositifs de contrôle radiologique adaptés à chaque filière de production agricole, permettant d'autoriser la mise sur le marché des produits qui respecteraient les NMA.



LES BASES TECHNIQUES DE LA DETERMINATION DU ZONAGE

Au cours de la sortie de la phase d'urgence, l'approche par modélisation prédictive est la seule qui permette de fournir aux pouvoirs publics des évaluations de dose pour la population et de contamination des denrées agricoles, permettant de définir la ZPP et la ZST [Cf. FICHE 2.5].

De manière à fournir une estimation aussi pertinente que possible, l'approche par modélisation nécessite de nombreuses données et informations sur les caractéristiques de l'installation accidentée et de son environnement (notamment sur les productions agricoles) ainsi que sur les modes de vie et d'alimentation des populations concernées. Il est important de souligner que cette méthode, même employée avec des données réalistes, donne des résultats entachés de fortes incertitudes. Celles-ci sont liées à la grande variabilité des phénomènes en jeu, à la connaissance partielle ou imprécise des données servant aux évaluations, ainsi qu'à l'imprécision intrinsèque des modèles utilisés.

Dans un tel contexte, l'IRSN, chargé des premières évaluations prévisionnelles servant à déterminer le zonage post-accidentel, utilisera des **données et des hypothèses raisonnablement prudentes** pour le calcul des conséquences, afin de **prévenir les risques de réévaluation « à la hausse » des conséquences** ayant servi à la mise en place de la ZPP et de la ZST. L'expression « hypothèses raisonnablement prudentes » désigne ici des hypothèses conduisant à des estimations de doses sur la base desquelles des décisions d'actions suffisamment protectrices seront prises, sans toutefois surdimensionner l'étendue de la ZPP et la ZST, ce qui serait susceptible d'induire un détriment injustifié à l'égard des populations et de l'économie locale.

Très rapidement, ces premières évaluations seront régulièrement actualisées en tenant compte des données nouvelles acquises sur le terrain, notamment les résultats de mesures de la contamination réelle de l'environnement acquis à l'aide des moyens existants (balises, stations de prélèvements) et des moyens déployés de manière exceptionnelle (camions laboratoires, etc.). En particulier, une cartographie radiologique du territoire effectuée par des moyens hélicoptés sera réalisée le plus rapidement possible. Les deux approches (par modélisation et par mesures) sont en effet indissociables.

FAIRE EVOLUER LE PREMIER ZONAGE POST-ACCIDENTEL

Le premier zonage post-accidentel est établi à l'approche de la fin des rejets de l'accident, à la sortie de la phase d'urgence. Sa mise en place repose sur des évaluations prédictives des conséquences résultant des retombées radioactives, utilisant des modèles et des hypothèses raisonnablement prudentes, alors que la connaissance de l'état réel de la contamination de l'environnement ne peut pas encore être établie avec précision. Ainsi, l'évolution du zonage initial se justifie à la fois par la mise à jour des évaluations des conséquences prévisibles, grâce à une connaissance de plus en plus juste de la contamination environnementale (résultats des programmes de mesures), et par l'évolution de la situation radiologique (décroissance radioactive des radionucléides, efficacité des actions de réduction de la contamination). De plus, s'agissant des productions agricoles, les catégories de denrées récoltées changent dans le temps (effet saisonnier), justifiant ainsi une adaptation de la ZST et des plans de contrôle associés.

Ainsi, **l'évolution du zonage peut être une évolution spatiale (la superficie d'une zone augmente ou diminue) ou une évolution qualitative (les prescriptions associées à une zone sont modifiées).**

COMMENT FAIRE EVOLUER LE ZONAGE POST-ACCIDENTEL EN PERIODE DE TRANSITION ?

La **définition de la ZPP** durant la phase de transition repose a priori sur les mêmes valeurs-guides que pour le zonage à la sortie de la phase d'urgence, mais les indicateurs dosimétriques associés ne concernent que la dose efficace (la prise en compte de la dose à la thyroïde n'est plus jugée nécessaire du fait de la décroissance radioactive rapide des isotopes de l'iode dans l'environnement) et sont calculés sur une période temporelle plus longue :

- **l'indicateur pour le périmètre d'éloignement est la dose efficace prévisionnelle hors ingestion sur 12 mois (période du deuxième au treizième mois après l'accident).** Le périmètre d'éloignement s'applique au territoire où cet indicateur dosimétrique dépasse la valeur-guide de 10 mSv. Il peut s'agir de tout ou partie du territoire où la population aurait déjà été éloignée dès la sortie de la phase d'urgence, ainsi que de nouveaux territoires où un éloignement différé de la population serait alors mis en place ;

- **l'indicateur pour la ZPP est la dose efficace prévisionnelle sur 12 mois (période du deuxième au treizième mois après la fin de l'accident), tenant compte de toutes les voies d'exposition.** Le périmètre de la ZPP s'applique au territoire où cet indicateur dosimétrique dépasse la valeur-guide de 10 mSv.

La **définition de la ZST** reste fondée sur **l'estimation prédictive des niveaux de contamination des différentes catégories de denrées susceptibles d'être produites localement au cours des mois suivants.** Le périmètre de la ZST est celui à l'intérieur duquel les niveaux de contamination prévisibles pourraient dépasser, au moins temporairement, les niveaux maximaux admissibles (NMA) fixés par les règlements communautaires pour les denrées alimentaires.

Les valeurs-guides de doses indiquées ci-dessus sont fournies a priori, et par défaut. En situation réelle, la concertation et la prise en compte de l'évolution de la situation radiologique devraient conduire à abaisser progressivement les valeurs-guides ayant permis de délimiter le zonage.

COMMENT PEUT EVOLUER LA SITUATION D'UN TERRITOIRE DONNE ?

Durant la phase de transition, la situation dans chaque zone est soumise à une **réévaluation périodique,** tenant compte notamment d'une connaissance de plus en plus précise de l'état radiologique de l'environnement et de son évolution, grâce aux résultats plus nombreux des programmes de mesures mis en place. Ces réévaluations peuvent - ou non - donner lieu au changement de statut d'un territoire, en termes de zonage, en particulier si les doses prévisibles pour la population évoluent à la hausse. **Un changement de statut d'un territoire** qui irait vers un renforcement des prescriptions (par exemple, territoire en ZPP devant intégrer un PE), tel qu'il pourrait résulter du changement du mode de calcul des indicateurs dosimétriques au-delà du premier mois, **doit être anticipé autant que possible ; à cet effet, les tendances d'évolution du zonage qui pourraient être connues assez rapidement (notamment par l'interprétation des cartes de dépôts disponibles) doivent être communiquées dès que possible aux autorités, qui en informeront les populations et engageront les concertations nécessaires en vue d'une décision.**

A l'inverse, il est possible que certains des territoires du PE sortent de ce périmètre et prennent le statut du reste de la ZPP. Dans un tel cas, le retour des populations dans ces territoires est envisageable et peut être préparé en concertation avec les parties concernées. Cette préparation comprend notamment les actions suivantes :

- le lancement de travaux de décontamination, s'ils s'avèrent encore efficaces ;
- la remise en route des services de l'Etat et de l'ensemble des infrastructures ;
- la mise en place d'un accompagnement et d'une information des personnes concernées afin de les sensibiliser aux bonnes pratiques de vie en ZPP, surtout si elles ont été temporairement relogées très loin du périmètre d'éloignement.

Le retour n'est a priori pas envisagé tant que la dose efficace hors ingestion dans les territoires concernés et susceptible d'être reçue sur douze mois consécutifs reste de l'ordre de 10 mSv/an ou plus.

Les territoires de la ZPP où les estimations dosimétriques prévisionnelles deviennent inférieures aux valeurs guides ont vocation à rejoindre la ZST. Les interdictions systématiques en vigueur dans ces territoires seront levées et la commercialisation des denrées alimentaires qui y sont produites deviendra possible sous réserve de la vérification du respect des NMA au travers de contrôles libératoires.

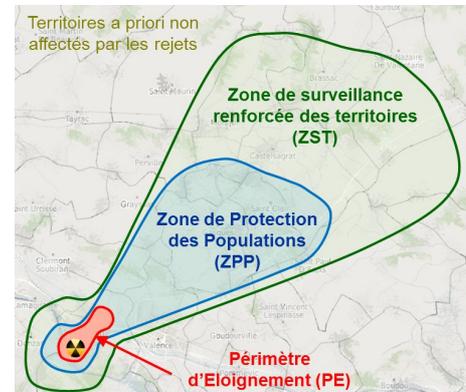
En ZST, les contrôles libératoires, organisés préférentiellement par filière de production, peuvent conduire progressivement à libérer certaines filières des interdictions de mise sur le marché et par conséquent à morceler la ZST. A l'inverse, en fonction de la saison, de nouvelles productions agricoles peuvent apparaître, pouvant nécessiter un périmètre particulier à l'intérieur duquel sont instaurés des contrôles libératoires.

Actions à réaliser en zone de protection des populations (ZPP)

La zone de protection des populations (ZPP) correspond aux territoires au sein desquels la population peut être maintenue sur place moyennant la mise en œuvre d'actions visant à réduire l'exposition des personnes à des niveaux aussi bas que raisonnablement possible. Ces actions ont principalement pour cible la réduction de la contamination des milieux de vie par la mise en œuvre d'opérations de nettoyage et la gestion du risque alimentaire par interdiction systématique de consommation et de mise sur le marché des productions agricoles locales.

Si malgré la mise en place de ces actions, l'exposition de la population reste trop importante, un éloignement doit être mis en œuvre.

La zone de protection des populations et le cas échéant le périmètre d'éloignement sont mis en place pour une durée initiale d'un mois et pourront éventuellement être prolongés.



A LA SORTIE DE LA PHASE D'URGENCE

A la sortie de la phase d'urgence, la priorité des pouvoirs publics est d'engager les actions précoces de protection et de prise en charge de la population associées au zonage. Concernant le milieu agricole, une gestion spécifique doit cependant être immédiatement engagée pour tenir compte des répercussions des actions de protection de la population sur la gestion des exploitations agricoles.

ÉLOIGNER SI BESOIN LES POPULATIONS (PERIMETRE D'ÉLOIGNEMENT)

L'éloignement vise principalement à soustraire les populations à l'exposition externe liée aux dépôts de particules radioactives dans l'environnement, lorsque les interdictions alimentaires seules ne permettent pas de réduire l'exposition des personnes à des niveaux suffisamment bas. L'éloignement doit être annoncé au moment de la levée des actions de protection d'urgence. L'éloignement peut s'effectuer dans un délai de l'ordre de 24 heures et vise à prévenir une exposition des personnes sur des durées longues, en cas de séjour prolongé (typiquement au cours du mois à venir, s'agissant de l'éloignement immédiat à la sortie de la phase d'urgence). Un éloignement est donc d'emblée prévu pour durer plusieurs semaines.

L'accès au périmètre d'éloignement est sécurisé et contrôlé. Il est limité aux seuls intervenants ayant à faire dans cette zone notamment en relation avec des activités non interruptibles. Ces intervenants doivent posséder une autorisation d'accès et bénéficier d'une information et, le cas échéant, d'une formation aux risques d'intervention en milieu contaminé, d'une protection et d'une surveillance ad hoc.

A la sortie de la phase d'urgence, s'il n'est pas possible de déplacer les animaux d'élevage présents dans le périmètre d'éloignement, une gestion spécifique est à prévoir. Les soins élémentaires aux animaux (nourrissage, traite, vêlage ...) des exploitations présentes au sein du périmètre d'éloignement sont assimilés à une activité non interruptible. L'intervention de personnels compétents doit donc être organisée dans un délai limité. En particulier, la situation radiologique de ces exploitations doit être rapidement évaluée pour déterminer le besoin de mettre en œuvre des actions de réduction de la contamination ou des prescriptions particulières pour les travailleurs impliqués.

INTERDIRE LA CONSOMMATION ET LA MISE SUR LE MARCHÉ DES DENRÉES ALIMENTAIRES DANS LA ZONE DE PROTECTION DES POPULATIONS (ZPP)

En vue de réduire, voire d'éviter, l'exposition de la population par ingestion de denrées alimentaires contaminées dans la ZPP, les pouvoirs publics prononcent par arrêté préfectoral une interdiction générale et systématique de consommer et de mettre sur le marché¹, au sens du règlement CE n°178/2002, les denrées alimentaires produites ou non protégées de la contamination dans la ZPP, et cela pour la durée de vie de la ZPP.

Les interdictions de consommation et de mise sur le marché des denrées alimentaires, des aliments pour animaux et des productions agricoles doivent être prononcées par les pouvoirs publics le plus tôt possible et, en tout état de cause, par anticipation à la levée des actions de protection de la phase d'urgence.

Les interdictions systématiques de consommation et de mise sur le marché visent les catégories de denrées alimentaires, aliments pour animaux au sens de la réglementation européenne [Cf. FICHE 4.2] et productions agricoles suivants :

- les productions agricoles et les productions agricoles transformées destinées à la consommation humaine produites dans la zone, quelle que soit leur nature ;
- les denrées alimentaires sans protection hermétique, stockées ou circulant dans la zone lors du rejet ;
- les fourrages et aliments du bétail sans protection hermétique, stockés ou produits dans la zone ;

En plus de celles qui sont définies dans la réglementation européenne, les catégories suivantes peuvent également être visées :

- les denrées alimentaires issues des potagers et vergers privés et des élevages familiaux situés dans la zone ;
- les produits de la chasse, de la pêche et de la cueillette.

A titre de précaution, toutes les denrées et les produits concernés dans la ZPP, quels que soient leur origine et leur circuit de distribution (vente directe ou cession gratuite, vente par intermédiaires, etc.) sont systématiquement déclarés non consommables et non commercialisables, indépendamment de leur niveau réel de contamination. Les denrées visées sont celles qui sont susceptibles d'avoir été contaminées compte tenu de leur exposition aux retombées radioactives, et donc produites ou stockées mais non protégées au moment de l'accident.

PRENDRE LES PREMIERES ACTIONS VIS-A-VIS DU MILIEU AGRICOLE

L'ensemble des choix de gestion effectués en sortie de phase d'urgence (ou au tout début de la phase de transition) s'adressent en **priorité aux cheptels, à la production laitière et aux récoltes et stocks de produits frais**. Cette gestion doit anticiper autant que possible le moyen et le long terme. En revanche, il n'y a pas d'urgence à mettre en œuvre des actions spécifiques concernant les productions végétales lors des premiers jours suivant la fin des rejets, en dehors des actions de protection du patrimoine agricole (ex : serres).

Concernant les cheptels et les denrées d'origine animale, devront être interdits, dès la sortie de la phase d'urgence et conjointement à la mise en place de la ZPP :

- les mouvements des animaux d'élevage, de leurs produits et des aliments servant à les nourrir (à l'exception d'aliments non contaminés), sauf dans le cas où la délocalisation des animaux résulte d'une décision de gestion des cheptels ;
- la mise au pâturage dans la ZPP d'animaux en provenance d'une autre zone.

Pour encadrer ces interdictions, il convient de **mettre sous séquestre les exploitations agricoles présentes dans la ZPP**. Cette **mise sous séquestre** est réalisée **par voie d'arrêté préfectoral** en application du code de la santé publique. Il convient d'être attentif aux modalités d'information des exploitants concernant la mise sous séquestre et les suites administratives (procédure d'indemnisation...).

¹ « Mise sur le marché » : la détention de denrées alimentaires ou d'aliments pour animaux en vue de leur vente, y compris l'offre en vue de la vente ou toute autre forme de cession, à titre gratuit ou onéreux, ainsi que la vente, la distribution et les autres formes de cession proprement dites

Par extension, les matériaux, les produits manufacturés et les produits agricoles non destinés à la consommation humaine ou animale sont immobilisés en ZPP, en attendant l'évaluation de leur niveau de contamination éventuel.

En matière d'abreuvement des animaux, des estimations réalisées *a priori* soulignent que l'activité volumique ajoutée au lait de vache (production la plus sensible) par l'abreuvement à partir d'une eau de surface ayant reçu des dépôts est très faible au regard des NMA fixés pour les produits laitiers. Ainsi, il n'y a pas lieu de modifier l'abreuvement des animaux d'élevage. De plus, il convient de garantir la bienveillance des animaux. Ce principe se traduit par la délivrance des soins élémentaires qui concernent en tout premier lieu leur alimentation. Il se traduit ensuite par des soins spécifiques selon les filières : soins d'hygiène essentiels, traitement des maladies, etc. Le maintien des animaux dans un périmètre d'éloignement de la population est conditionné par les soins que peuvent exiger ces animaux (présence en temps limité de l'opérateur). Leur déplacement vers d'autres zones moins contaminées (autres lieux de la ZPP, de la ZST ou hors zone contaminée) est envisageable uniquement s'il s'agit d'une décision de gestion.

La principale conséquence des interdictions systématiques de consommation et de mise sur le marché est que tous ces produits sont à gérer en tant que déchets « contaminés » et de façon spécifique en suivant les instructions définies par les pouvoirs publics [Cf. FICHE 2.10].

D'autres dispositions vont de pair et complètent la neutralisation de la production de denrées dans la ZPP. Ainsi, sont également interdits, dans cette zone, la transformation et le transport hors zone des productions agricoles locales, sauf en vue de leur élimination [Cf. FICHE 2.10].

EN PHASE POST-ACCIDENTELLE

En phase post-accidentelle, après la mise en place du zonage, la gestion du milieu agricole vise deux objectifs :

- un objectif à court terme de gestion des conséquences des interdictions de consommation et de mise sur le marché au niveau des exploitations (début de la phase de transition);
- un objectif à plus long terme d'amélioration de la qualité radiologique des systèmes de production (phase de transition et phase de long terme).

MAINTENIR ET RENFORCER LE DISPOSITIF DE GESTION DES DENREES DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

Le principe d'interdiction totale de consommation et de commercialisation des denrées produites localement doit être maintenu tant que l'exposition prévisionnelle de la population nécessite la mise en place d'une zone de protection des populations. Au-delà du premier mois suivant la fin de l'accident, l'exposition prévisionnelle est ainsi calculée sur une période d'un an à comparer à une valeur-guide de 10 mSv. Les territoires qui sortent de la ZPP au-delà du premier mois ont vocation à rejoindre la ZST. Les interdictions systématiques en vigueur dans ces territoires seront levées et la commercialisation des denrées alimentaires qui y sont produites deviendra possible sous réserve de la vérification du respect des NMA au travers de contrôles libératoires.

ENGAGER LES ACTIONS D'AMELIORATION DE LA SITUATION RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

L'objectif principal est de réduire l'exposition des populations qui vivront et travailleront dans les territoires contaminés (sauf exception, ces actions devront être conduites en présence de la population, voire avec son concours, et seront accompagnées des précautions nécessaires). Ces actions d'amélioration de la situation radiologique n'ont généralement pas pour objectif un retour à une situation totalement exempte de contamination, mais visent à réduire la contamination aux niveaux les plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des contraintes liées à leur mise en œuvre. Elles nécessiteront des moyens techniques et humains importants. Au cours de la phase de transition, compte tenu des moyens disponibles, ces actions seront menées préférentiellement en ZPP, en procédant par secteurs géographiques prioritaires. Un ordre de priorité devra donc être établi en prenant en compte la densité de la population et la présence d'établissements recevant du public, tout particulièrement les établissements scolaires et les lieux d'accueil des enfants.

En milieu agricole, des actions de nettoyage peuvent être mises en œuvre sur le siège des exploitations afin de limiter l'exposition des personnes y résidant ou y travaillant. En revanche, les actions de réduction de la contamination des terres agricoles et des milieux naturels ne sont pas à engager au début de la phase de transition et pourront être étudiées et mises en œuvre ultérieurement. Dans tous les cas, les actions seront à dimensionner en fonction des risques associés.

En milieu bâti, les actions d'amélioration de la situation radiologique sont à entreprendre le plus rapidement possible après la fin des rejets accidentels afin d'atteindre la meilleure efficacité. Il est indispensable de définir et de mettre en place une gestion adéquate des déchets générés par ces travaux, et de l'expliquer aux acteurs et aux particuliers concernés [Cf. FICHE 2.10]. D'autres actions de réduction de la contamination à l'extérieur des habitations sont à envisager à plus long terme, mais elles sont moins urgentes que le nettoyage et nécessiteront des moyens plus importants (retournement ou décapage des sols...).

ELABORER UNE STRATEGIE DE GESTION A MOYEN ET LONG TERMES

La détermination d'une stratégie destinée à atteindre ces objectifs tient compte en premier lieu des résultats de « l'évaluation des risques » décrivant l'état de contamination des filières agricoles, qui fournit des données de contamination et permet d'anticiper les cinétiques de contamination y compris le long des chaînes trophiques. En second lieu, les risques pour les exploitants agricoles (travailleurs), pour les animaux (bien-être), pour l'environnement (lié à la production de déchets) et pour l'activité économique, appréciés par les professionnels, sont pris en compte dans la détermination de la stratégie à retenir.

A l'issue de cette **analyse globale du risque**, partagée entre pouvoirs publics et acteurs économiques, deux types de stratégies peuvent être retenues, correspondant :

- à court terme, à la **gestion des productions en cours au moment de l'accident et à la gestion des stocks de produits** concernés par des interdictions ou restrictions de mise sur le marché :
 - l'objectif de la gestion des cheptels en ZPP lors de la phase de transition est ainsi de déterminer le devenir des animaux (les animaux seront « valorisés » à court ou moyen termes ou, au contraire, ne le seront pas) compte tenu des interdictions de consommation des denrées locales potentiellement contaminées et de la mise sous séquestre des animaux. Ces questions se posent dans l'ensemble de la zone et de façon plus aiguë, dans les territoires concernés par un éloignement des populations.
 - concernant les productions végétales, la gestion tend davantage vers une « non valorisation » des productions en cours.
- à moyen et long termes, à la **gestion de l'outil de production agricole** (parcelles végétales, cheptels, bâtiments, abris, etc.). La gestion de l'outil de production agricole doit ainsi permettre de préserver ou de restaurer les ressources et les moyens de production afin de préparer les cycles de production futurs. Cela contribue à terme à la reconquête économique progressive de la ZPP et de la ZST.

Les principales actions envisageables pour la mise en œuvre de ces stratégies sont décrites, filière par filière, dans la partie 1 du présent guide.

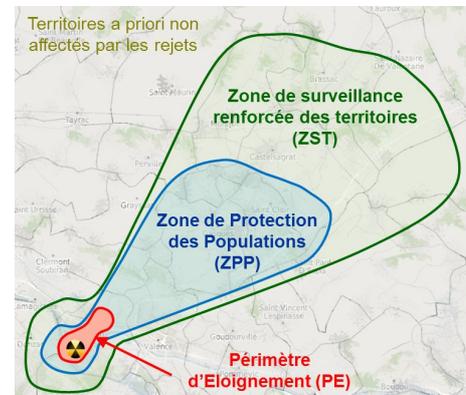
METTRE EN ŒUVRE UNE STRATEGIE DE SOUTIEN DES SYSTEMES DE PRODUCTION AGRICOLE

La gestion du milieu agricole en situation post-accidentelle fait intervenir les pouvoirs publics mais également l'ensemble de la profession agricole et les acteurs de l'industrie agro-alimentaire. La **mise en place rapide d'un dispositif d'indemnisation des exploitants agricoles**, ou tout au moins une information précise sur les montants alloués, est indispensable à l'adhésion de cette profession aux dispositions de gestion retenues, et concourt ainsi à la restauration de la qualité radiologique de l'environnement.

Actions à mettre en place dans la zone de surveillance renforcée des territoires (ZST)

Compte tenu du risque de dépassement des NMA [Cf. FICHE 4.2] dans cette zone et sachant que durant les premiers mois les moyens de contrôle de la contamination des produits agricoles seront sans doute limités, il est préconisé :

- dès la sortie de la phase d'urgence, d'interdire temporairement toute forme de mise sur le marché et de consommation des différentes productions agricoles et denrées alimentaires non protégées pendant le passage de la masse d'air contaminée, dans les périmètres de risque de dépassement des NMA ;
- dans un deuxième temps (dès la mise en place de dispositifs de contrôle radiologique adaptés à chaque filière de production agricole), d'autoriser la mise sur le marché des produits qui respecteraient les NMA tout en maintenant les recommandations visant à limiter la consommation de certaines denrées autoproduites ou issues de la chasse, de la pêche ou de la cueillette.



A LA SORTIE DE LA PHASE D'URGENCE

INTERDIRE LA MISE SUR LE MARCHÉ DES DENREES ALIMENTAIRES ET ACCOMPAGNER CES MESURES

A la sortie de la phase d'urgence, le préfet prononce des interdictions de consommation et de mise sur le marché, à titre conservatoire et sur une durée aussi courte que possible :

- soit à l'intérieur des périmètres où il existe un risque de dépassement des NMA pour une catégorie de denrée donnée ;
- soit dans l'ensemble de la ZST à des fins de simplification.

En complément, il convient que la mise sur le marché des produits de la chasse, de la pêche et de la cueillette reste interdite dans toute la ZST.

Pour encadrer ces interdictions, une mise sous séquestre des exploitations agricoles présentes dans la ZST est prononcée par voie d'arrêté préfectoral en application du code de la santé publique. Il convient d'être attentif à l'information des exploitants concernant la mise sous séquestre et ses suites administratives (indemnisation...).

Par extension, les matériaux et produits manufacturés ainsi que les produits agricoles non destinés à la consommation humaine ou animale sont immobilisés en ZST, dans l'attente de contrôles libératoires. Ces actions devront être accompagnées d'une communication adaptée et leurs conséquences en termes d'indemnisation systématiquement envisagées. Une délimitation des périmètres de surveillance par communes entières, lorsqu'elle sera possible, devrait faciliter la communication des décisions aux producteurs concernés et aux organismes des filières agricoles, ainsi qu'à la population, avec le concours des mairies. Ces dispositions doivent être connues du public et comprises. Il est indispensable de mettre en place, dès la sortie de la phase d'urgence, une communication expliquant le dispositif global de gestion du risque alimentaire, en resituant les NMA dans ce dispositif.

SE PREPARER A METTRE EN ŒUVRE LES CONTROLES LIBERATOIRES

Les contrôles libératoires devront être prescrits par un arrêté préfectoral (AP) applicable sur l'ensemble des communes de la ZST, en prenant soin de ne pas bloquer la mise sur le marché de denrées qui n'ont pas lieu d'être car ne présentant pas de risque de dépassement des NMA :

- denrées « importées » dans la ZST postérieurement à la phase d'urgence ;
- denrées emballées avant les rejets (cette disposition sera à assortir d'informations détaillées mais simples sur la capacité de protection des différents types d'emballages).

A la sortie de la phase d'urgence, la mise en œuvre de ces contrôles doit être préparée. D'une part, les **laboratoires compétents sont mobilisés et s'organisent en conséquence** (gestion d'un flux important d'échantillons, mesures à réaliser en dehors du cadre habituel). D'autre part, un **plan de mesures est élaboré en collaboration avec les professionnels des filières agro-alimentaires** concernées. Il sera nécessaire de différencier les programmes de contrôle des denrées à l'intérieur de la ZST en fonction des produits et des lieux de production et pendant une durée d'application propre à chaque catégorie de denrée. Outre les productions agricoles, un contrôle complémentaire des denrées transformées à partir de matières premières animales ou végétales issues de la ZST pourrait être instauré.

Une **stratégie de mesures dites « de tri »** doit permettre d'aboutir à l'un ou l'autre des statuts suivants pour les produits contrôlés :

- **produits dont la contamination éventuelle est inférieure aux NMA** : il serait alors possible de délivrer un « certificat de conformité » du produit. Ce type de certificat peut se révéler nécessaire au maintien de certaines filières économiques (au regard de la concurrence), y compris dans les territoires limitrophes de ceux qui ont été touchés par les retombées de l'accident ;
- **produits contaminés non conformes aux NMA** : le résultat de la mesure montre la présence de radionucléides imputable à l'accident avec des niveaux de radioactivité dépassant les NMA. La consommation et la mise sur le marché sont dès lors interdites. Le produit est susceptible d'être stocké en vue d'une décroissance, réorienté vers un autre usage ou d'être considéré comme un déchet.

EN PHASE POST-ACCIDENTELLE

COMMERCIALISER LES PRODUCTIONS AGRICOLES ORIGINAIRES DE LA ZST

La mise en œuvre d'un programme d'analyses des productions alimentaires de l'ensemble de la ZST, élaboré à la sortie de la phase d'urgence, doit permettre, au fur et à mesure de la réalisation du plan d'échantillonnage (contrôles) et en fonction des résultats d'analyses, de mettre ces productions sur le marché. Le dispositif de contrôles libérateurs permet de lever progressivement la mise sous séquestre des exploitations agricoles de la ZST et de mettre sur le marché des denrées alimentaires conformes à la réglementation (niveau de contamination inférieur aux NMA).

Des prélèvements représentatifs des diverses productions alimentaires locales (lait, légumes) sont réalisés par les services de contrôle de l'État et adressés aux laboratoires reconnus compétents pour la réalisation de mesures de contamination radioactive. Ces prélèvements sont réalisés en tant que **contrôles libérateurs** : cela signifie que les denrées ne pourront circuler librement (être mise sur le marché ou vendue directement au consommateur final) que si elles y sont autorisées, à l'issue d'un contrôle favorable indiquant une conformité aux NMA.

Dans la mesure où des controverses liées à la présence de radioactivité et au risque associé dans les produits autorisés sont susceptibles de se développer, certaines filières risquent de rencontrer des difficultés pour la mise sur le marché, notamment à l'exportation. En réponse, les opérateurs concernés pourront mettre en place des systèmes d'auto-surveillance en faisant appel à des laboratoires compétents. Les certificats attestant d'un niveau de contamination inférieur à des valeurs spécifiques définies avec les pays tiers destinataires s'appuieront cependant sur des analyses officielles.

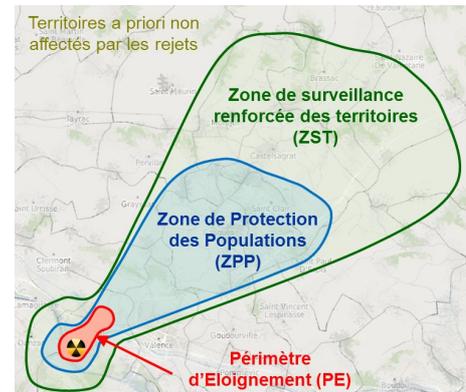
CONSOLIDER LE DISPOSITIF MIS EN PLACE

Au cours de la phase de transition, différentes actions devront être menées pour consolider le dispositif mis en place :

- **Diffuser une information sur le système mis en place pour assurer le contrôle de la conformité des produits alimentaires disponibles aux NMA.** Il est important que l'ensemble des consommateurs, qu'ils résident ou non dans les territoires contaminés, soient informés des dispositifs mis en place.
- **Aménager progressivement les recommandations en ZST.** La recommandation de ne pas consommer des produits résultant de l'activité personnelle peut être levée sous réserve, d'une part, de la mise à disposition de moyens de mesure accessibles à tous dans des lieux dédiés et, d'autre part, de la conformité aux NMA des produits mesurés. En complément, la chasse et la cueillette restent interdites dans ces zones.

Que faire en dehors de la ZST ?

En dehors de la ZST, une faible contamination de l'environnement imputable à l'accident peut être décelable mais à des niveaux ne justifiant pas une surveillance systématique. Les mesures d'expertise et les contrôles par sondage mis en place auront donc pour but de détecter d'éventuelles zones de concentration de la radioactivité dans l'environnement qui pourraient avoir été induites du fait de conditions météorologiques spécifiques (fortes pluies au moment de l'accident), de particularités du relief ou de la sensibilité particulière du milieu (zones forestières notamment).



La stratégie mise en place en ZPP et en ZST doit permettre de garantir que les produits de consommation (en particulier les denrées alimentaires) qui circulent en dehors du zonage post-accidentel sont conformes. En effet, par définition, aucune denrée alimentaire contaminée ne peut sortir de la ZPP et toute production agricole sortant de la ZST fait l'objet de contrôles de qualité radiologique pour sa mise sur le marché.

La protection des consommateurs est donc également assurée au-delà de la ZST, que ce soit sur le reste du territoire national ou, a fortiori, dans les pays importateurs des productions agricoles françaises.

Gestion des déchets en cas d'accident nucléaire

En temps normal, les exploitations agricoles produisent des déchets éliminés, dans la plupart des cas, dans des filières spécifiques et structurées. A la suite d'un accident nucléaire, il est probable que les filières d'élimination habituelles soient, au moins temporairement, perturbées, au moins temporairement. Aux déchets produits habituellement, s'ajoutent des déchets inhabituellement produits sur les exploitations agricoles et résultant des stratégies de gestion mises en œuvre. Les agriculteurs doivent donc faire face à des déchets de natures différentes et produits en quantités inhabituelles sur leur exploitation.

UNE STRATEGIE DE GESTION A DEUX NIVEAUX

UNE GESTION INDIVIDUELLE ET LOCALE

Il est probable que l'urgence de la situation accidentelle ne permette pas une gestion structurée et concertée des déchets produits sur les exploitations agricoles dès la sortie de la phase d'urgence. La gestion des déchets est alors, par conséquent, individuelle et locale. Elle se traduit par un **stockage temporaire des déchets sur les exploitations**, si les installations adaptées existent et si la nature des déchets est compatible avec leur stockage temporaire et leur manipulation ultérieure. Dans le cas de produits fortement putrescibles et/ou liquides (en-dehors des cadavres pour lesquels la filière de l'équarrissage reste privilégiée), si les installations de stockage adaptées ne sont pas disponibles sur l'exploitation, une **élimination directe** (épandage et enfouissement) **sur les parcelles environnantes** est préférée à un stockage temporaire. Pour rappel, la **crémation n'est pas autorisée sans analyse préalable des pouvoirs publics**. Cette opération ne générerait a priori pas d'apport significatif de contamination sur les parcelles environnantes mais une analyse préalable de la sensibilité des sols vis-à-vis, par exemple, d'une pollution organique en cas d'épandage de lait pourrait être nécessaire.

UNE GESTION COLLECTIVE SUR UN SITE DEDIE

Rapidement, l'Etat met en place une **gestion collective et concertée des déchets** qui se traduirait par la collecte des déchets produits ou stockés temporairement sur les exploitations (déchets stables, peu putrescibles) et par leur élimination sur un site dédié. L'échéance de mise en œuvre de ces filières d'élimination doit tenir compte des capacités de stockage souvent limitées des exploitations.

LES OBJECTIFS DES PREMIERS MOMENTS DE LA PHASE POST-ACCIDENTELLE

L'objectif majeur des premiers instants de la phase post-accidentelle est d'éviter, au maximum, de produire des déchets qui devraient être gérés durant les premiers instants de la phase post-accidentelle. Les agriculteurs doivent donc limiter, au minimum, la production, en dehors de l'exploitation, de produits « *non valorisables* » ou susceptibles de l'être, ce qui se traduit par :

- **l'arrêt de la production:** pour les troupeaux laitiers, par exemple, l'agriculteur peut interrompre la traite des vaches si le troupeau n'est plus destiné à être valorisé pour la production laitière. Les animaux sont maintenus en vie, dans des conditions convenables, jusqu'à leur élimination. Pour les productions végétales, les cultures en cours de développement au moment de l'accident mais susceptibles de ne pas être *valorisables* au moment de leur récolte peuvent être abandonnées puis détruites sur les parcelles agricoles.
- **la poursuite de la production et le stockage temporaire des déchets sur l'exploitation :** les éleveurs peuvent poursuivre la traite, si la valorisation du troupeau pour la production de lait est possible à court terme, et stocker temporairement les laits « *non valorisables* » dans la fosse à lisier de l'exploitation. La récolte des productions végétales peut éventuellement être reportée de quelques jours ou stockée plus ou moins temporairement. Cependant, dans certains cas, cette stratégie suppose une logistique importante et ne peut être que de courte durée.

- **l'élimination définitive des déchets sur parcelles environnantes**, notamment par épandage sur les parcelles, peut être envisagée de façon exceptionnelle, après évaluation des risques environnementaux.

En parallèle, les agriculteurs mettent en œuvre des actions visant à limiter, dans le temps et dans l'espace, la contamination des produits agricoles afin de retrouver, le plus rapidement possible, des produits dont les niveaux de contamination sont compatibles avec leur « *valorisation* ». Ces actions sont décrites dans le présent guide.

LES ACTIONS A ENGAGER EN SITUATION POST-ACCIDENTELLE

LA CARACTERISATION DES DECHETS

La première étape de la gestion des déchets en situation post-accidentelle consiste à **identifier les déchets contaminés et les déchets non contaminés**. Compte tenu de la mobilisation importante des moyens de mesure à la sortie de la phase d'urgence pour d'autres actions considérées comme prioritaires (caractérisation de l'environnement, contrôle de l'activité radiologique des denrées alimentaires...), cette identification devra être réalisée dans un premier temps en fonction du zonage post-accidentel :

- **dans la zone de protection des populations (ZPP) :**
 - les déchets suivants (liste non exhaustive) sont considérés comme « **contaminés** » et doivent être **pris en charge de façon spécifique** :
 - les produits issus de l'agriculture cultivés ou produits en ZPP ;
 - les produits alimentaires à destination des hommes ou des animaux non protégés durant le passage du panache radioactif ;
 - les déchets issus du nettoyage du milieu rural ou urbain ;
 - d'autres déchets pourront être traités comme des déchets « **non contaminés** » (ordures ménagères ou produits protégés durant le passage du panache radioactif...).
- **dans la zone de surveillance des territoires (ZST) et au-delà**, les déchets produits sont **a priori** considérés comme « **non contaminés** », **sauf indications contraires apportées par les experts**. Ils peuvent être traités ou éliminés conformément aux pratiques habituelles sous réserve d'aménagements, par exemple dans des installations équipées de portiques de détection de la radioactivité.

LA GESTION DES DECHETS PUTRESCIBLES

En sortie de phase d'urgence, **le devenir des déchets contaminés putrescibles est à traiter en priorité**. Plusieurs options de gestion des déchets contaminés pourront être mises en place. En fonction de leur nature, et en première intention, les déchets pourront être gérés :

- soit dans des zones d'entreposage mises en service à proximité du lieu de l'accident (idéalement en ZPP) ;
- soit par des dispositions exceptionnelles autorisées dès la sortie de la phase d'urgence lorsque des déchets putrescibles ne peuvent pas être entreposés (par exemple : épandage du lait), tenant néanmoins compte de la vulnérabilité des sols et des ressources en eau.

D'autres filières de traitement ou élimination peuvent être envisagées (en particulier équarrissage et compostage pour les déchets putrescibles) sous réserve d'un délai de mise en œuvre. En effet, des aménagements et des conditions d'utilisation particulières doivent être définis afin de réduire l'impact sur l'environnement et sur les intervenants :

- pour le compostage des déchets verts contaminés, aménagements visant à réduire la quantité d'effluents liquides produits (le compost ainsi produit peut être incinéré, épandu ou stocké) ;
- pour l'équarrissage des cadavres d'animaux contaminés, définition de campagnes dédiées et identification des procédés ou exutoires pouvant présenter un risque de rejet significatif de substances radioactives dans l'environnement.

Par contre, **il n'est pas recommandé d'envoyer les déchets contaminés putrescibles dans des incinérateurs existants**. Si la solution d'incinération est retenue, il faut envisager la construction d'une unité d'incinération dédiée au traitement des déchets contaminés.

Mesures de radioactivité dans l'environnement au cours d'une crise nucléaire

EQUILIBRE ENTRE CALCULS ET MESURES

Durant la phase initiale de la crise, les calculs prédictifs visent moins la recherche de la précision qu'une estimation raisonnablement enveloppe des conséquences du rejet sur l'environnement et les personnes, en vue de définir ou non la mise en œuvre d'actions de protection d'urgence des populations.

Au début de la crise, le nombre de mesures disponible est limité à celles issues des réseaux de mesures automatiques (exploitant, IRSN). Au fur et à mesure que la crise avance, l'ensemble des intervenants de la mesure est mobilisé et le nombre et le type de mesures disponibles augmentent (analyse de prélèvements de sols ...). Pour caractériser l'environnement, les résultats de mesure prennent progressivement le pas sur les résultats des calculs prédictifs.

Les calculs joueront cependant toujours un rôle important dans la gestion de crise car ils permettent d'interpoler ou d'extrapoler la contamination tant dans l'espace que dans le temps. Ils permettent ainsi non seulement d'anticiper le devenir de la contamination mais aussi de pallier les manques de mesure éventuels pour certaines zones géographiques.

LE ROLE DES MESURES

ROLE DES MESURES EN FONCTION DE LA PHASE DE L'ACCIDENT



Globalement, les mesures ont un double objectif :

- un **objectif d'expertise**, les résultats de mesure servant à préciser la connaissance des conséquences de l'accident pour les confronter aux évaluations prédictives ayant servi à définir les zonages et pour déterminer les doses réellement reçues par les personnes exposées, dans le cadre de la mise en place du suivi sanitaire des populations ;
- un **objectif de contrôle**, les résultats de mesure servant à vérifier la conformité des éléments surveillés à des critères prédéfinis (par exemple les niveaux maximaux admissibles (NMA) pour les denrées alimentaires), le niveau d'exposition des personnes ou l'efficacité des actions de nettoyage mises en place.

1 Durant la phase de menace, les résultats de mesures permettent de :

- déterminer l'état de référence de la contamination de l'environnement ;
- déceler les premiers signes de rejet ;
- alimenter la communication du (des) préfet(s).

2 Durant la phase de rejet, les résultats de mesures permettent de :

- vérifier que les ordres de grandeur des calculs prédictifs sont corrects ;
- confirmer la zone impactée par le panache radioactif ;
- confirmer les hypothèses liées au spectre de radionucléides rejeté ;
- alimenter la communication du (des) préfet(s).

3 Durant la phase post-accidentelle, les résultats de mesures permettent de :

- conforter les premières actions mises en œuvre au cours de la phase d'urgence en les ajustant, le cas échéant, et de vérifier que les territoires présumés épargnés l'ont effectivement été ;
- aider les services de l'État à mettre en place les actions visant à assurer une protection et un suivi satisfaisants des populations à la sortie de la phase d'urgence et au début de la phase de transition.

ROLE DES MESURES EN FONCTION DES ZONES POST-ACCIDENTELLES

Les priorités des mesures ne sont pas les mêmes selon les zones post-accidentelles mises en place.

Dans le périmètre d'éloignement (PE) :

- la réalisation de mesures dans le périmètre d'éloignement doit, d'une manière générale, être justifiée et optimisée afin de limiter l'exposition des équipes en charge des mesures à des doses aussi basses que raisonnablement possible. Les mesures d'expertise visent principalement à préciser la connaissance de l'état radiologique de la zone. Elles n'ont pas un caractère prioritaire : leurs résultats serviront, par la suite, dans la perspective d'un retour éventuel de la population dans tout ou partie de ce périmètre ;
- les mesures de contrôle doivent être faites en priorité là où se trouvent les différents intervenants, afin de définir les actions de protection appropriées.

Dans la zone de protection des populations (ZPP) (hors périmètre d'éloignement) :

- les mesures d'expertise doivent permettre de vérifier la pertinence du zonage initialement mis en place sur la base d'une modélisation prédictive, en s'intéressant en priorité aux zones où les retombées sont supposées les plus importantes ;
- les mesures de contrôle doivent en priorité porter sur les lieux de vie et accompagner le début des actions de réduction de la contamination ;
- étant donné l'interdiction systématique de consommation et de mise sur le marché des denrées alimentaires, la mesure de la contamination des denrées alimentaires produites dans la ZPP n'est pas une priorité à la sortie de la phase d'urgence.

Dans la zone de surveillance renforcée des territoires (ZST) :

- les mesures d'expertise sont destinées principalement à vérifier la pertinence du zonage initialement mis en place sur la base d'une modélisation prédictive, en s'intéressant en priorité aux zones où les retombées sont supposées les plus importantes ;
- les mesures de contrôle portant sur les productions agricoles dont la contamination est susceptible de dépasser les niveaux maximaux admissibles pour l'alimentation humaine ou sur le bétail sont à organiser avec les filières agro-alimentaires concernées dès la sortie de la phase d'urgence. Cependant, leur mise en œuvre pourrait n'être opérationnelle qu'en phase de transition.

À l'extérieur de la ZST :

- des mesures d'expertise sont effectuées lors de campagnes de prélèvements ciblées sur des denrées sensibles ou sur des territoires potentiellement plus exposés (notamment ceux qui ont reçu des précipitations importantes au cours de la phase de rejet). Elles sont complétées si nécessaire par la mise en place de stations d'observation permettant de suivre l'évolution temporelle de la contamination rémanente (sol, eau, milieux naturels) ;
- à la périphérie immédiate de la ZST, il convient d'adopter une densité et une fréquence des mesures plus élevées que pour le reste du pays afin de détecter d'éventuels lieux de concentration de radioactivité.

PERFORMANCES ET LIMITES DES MESURES

Les résultats de mesures sont nécessaires pour la validation objective des résultats des calculs prédictifs réalisés antérieurement et donc pour confirmer ou adapter les actions de protection éventuellement mises en œuvre.

Les ressources de mesures (personnes et matériels) sont limitées. Ces ressources sont à utiliser de la manière la plus rationnelle possible, mais cette limitation induit inévitablement un nombre de mesures faible au début de la crise, puis une couverture spatiale ou compartimentale de plus en plus importante au cours du temps.

Le nombre et la précision des mesures augmentent donc avec le temps. Par ailleurs, les techniques de mesures mises en œuvre sont de plus en plus élaborées : elles sont rudimentaires au début de la crise et sont adaptées au mieux à la situation au cours du temps.

Vu la nature même des transferts atmosphériques et des mesures de radioactivité, les résultats de mesures sont soumis à une variabilité intrinsèque dont il est toutefois possible de se défaire en procédant par analyse statistique, et ce seulement lorsque le nombre de mesures est suffisamment important.

LES TYPES DE MESURE ET LES MOYENS DE LEUR REALISATION

MOYENS HUMAINS

Plusieurs organismes sont fournisseurs de ressources de mesures : IRSN, exploitant accidenté, autres exploitants, sapeurs-pompiers, services déconcentrés de l'Etat (DDPP, DRAAF...), associations, etc.

MOYENS MATERIELS

Trois types de moyens matériels sont mis en jeu : des moyens fixes, des moyens transportables qui peuvent être déplacés mais qui requièrent pour cela du temps et des ressources particulières, des moyens portatifs qui sont aisément manipulables et qui constituent typiquement l'équipement déployé le plus rapidement sur le terrain.

- **Débit de dose**
Ce type de mesure reflète l'irradiation ambiante due au panache radioactif lorsqu'il est présent et au dépôt radioactif une fois le panache passé. C'est une mesure rapide mais peu sélective.
 - Réseaux automatiques fixes (IRSN, exploitants).
 - Matériels portatifs
- **Activité volumique de l'air**
 - Réseaux automatiques fixes (IRSN, exploitants)
 - Préleveurs d'air transportables
- **Activité surfacique sur les sols**
 - Matériels portatifs ou transportables
 - Système hélicoptère Hélinuc
- **Activité massique (ou volumique) d'échantillons (terre, végétaux, aliments, eaux)**
 - Laboratoires mobiles (camions dédiés)
 - Laboratoires fixes

Propriétés des principaux radionucléides rejetés en cas d'accident affectant un REP

Le comportement et la toxicité des éléments radioactifs peuvent être très différents. La connaissance des produits libérés en cas d'accident est, par conséquent, importante pour définir les actions de gestion de la population et des territoires contaminés.

LES PRODUITS DE FISSION

Les produits de fission résultent de la cassure des noyaux d'uranium 235 dans le combustible. Seule, une très faible fraction de ces produits passe dans le circuit primaire des réacteurs à travers les défauts d'étanchéité des gaines de combustible. Certains accidents peuvent cependant conduire à une libération de ces produits de fission par perte des propriétés de confinement des gaines.

	Radionucléides les plus importants		Périodes radioactives	Rayonnement dominant
GAZ RARES	⁸⁵ Kr	Krypton 85	10,8 ans	(β,γ)
	¹³³ Xe	Xénon 133	5,2 jours	(β,γ)
IODES A VIE COURTE	¹³¹ I	Iode 131	8,02 jours	(β,γ)
IODES A VIE LONGUE	¹²⁹ I	Iode 129	1,6.10 ⁷ ans	(β,γ)
CESIUM <i>¹³⁴Cs n'est pas un produit de fission</i>	¹³⁷ Cs	Césium 137	30,0 ans	(β,γ)
	¹³⁴ Cs	Césium 134	2,07 ans	(β,γ)
STRONTIUM	⁸⁹ Sr	Strontium 89	50,6 jours	(β,γ)
	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	Strontium 90 / Yttrium 90	28,8 ans	β
RUTHENIUM	¹⁰³ Ru	Ruthénium 103	39,26 jours	(β,γ)
	¹⁰⁶ Ru	Ruthénium 106	372,6 jours	(β,γ)
AUTRES PRODUITS DE FISSION	¹⁴⁴ Ce	Cérium 144	285 jours	(β,γ)
	⁹⁵ Zr	Zirconium 95	64,0 jours	(β,γ)
	¹⁴⁰ Ba / ¹⁴⁰ La	Baryum 140 / Lanthane 140	12,75 jours	(β,γ)

Légende du tableau ci-dessous : Plus la couleur est foncée, plus l'importance du phénomène associé est élevée.

	Exposition des populations	Comportement		Commentaires
		Sensibilité des denrées alimentaires	Sol	
Gaz rares (⁸⁵ Kr, ¹³³ Xe)	Externe (au panache) Inhalation	Non assimilés	Ne se déposent pas au sol	Éléments peu dangereux sauf par exposition externe au panache et inhalation
Famille des iodes (¹³¹ I, ¹²⁹ I ...)	Ingestion	Lait (rapide)	Très mobile (soluble dans l'eau du sol)	Les rejets d' ¹³¹ I et leurs conséquences à court terme sont très importants lors de leur rejet. Il est facilement assimilable et rapidement transféré chez l'homme. ¹²⁹ I a un rôle très secondaire en situation accidentelle (quantité peu importante dans les installations). Il persiste à long terme et pourrait être observé en faible quantité dans le lait principalement.
	Inhalation	Végétaux (rapide)		
	Externe	Viande Eau		
Famille des césiums (¹³⁷ Cs, ¹³⁴ Cs)	Externe (dépôt au sol)	Lait Végétaux	Peu mobile au-delà de la couche superficielle du sol (fixés par les argiles)	Le césium prédomine, avec l'iode, en cas d'accident de réacteur. Il pose les problèmes les plus importants à long terme. Il possède un comportement voisin du potassium et se répartit ainsi dans la masse musculaire des organismes.
	Ingestion	Viande		
	Inhalation	Eau		
Famille des ruthéniums (⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y)	Externe	Lait Viande	Peu mobile au-delà de la couche superficielle du sol	Le strontium accompagne souvent le ¹³⁷ Cs en cas d'accident de réacteur mais ses rejets sont beaucoup moins importants. Il est assez bien transféré aux végétaux par absorption racinaire. Il possède un comportement voisin du calcium et se répartit dans le squelette.
	Ingestion	Végétaux		
	Inhalation	Eau		
Famille des ruthéniums (¹⁰³ Ru, ¹⁰⁶ Ru)	Externe	Viande Lait	Généralement peu mobile dans les sols mais fonction de sa forme chimique	Le ruthénium est très faiblement transféré dans la chaîne alimentaire.
	Ingestion	Végétaux		
	Inhalation	Eau		
Autres produits de fission (¹⁴⁴ Ce, ⁹⁵ Zr, ¹⁴⁰ Ba/ ¹⁴⁰ La)	Externe	Viande Lait	Éléments peu mobiles dans les sols	Le transfert de ces éléments est généralement faible dans la chaîne alimentaire.
	Ingestion	Végétaux		
	Inhalation	Eau		

LES PRODUITS D'ACTIVATION ET DE CORROSION

Ces radionucléides sont formés à partir des atomes (fer, cobalt, nickel...) présents dans la structure métallique et le béton des réacteurs, par absorption de neutrons (ex : ⁶⁰Co, ⁵⁵Fe...). En fonctionnement normal, ces radionucléides sont présents dans le circuit primaire du réacteur du fait de la corrosion des structures qui conduit à la libération de très fines particules qui peuvent contenir des produits d'activation ou s'activer lors de leur passage dans le cœur du réacteur.

	Radionucléides les plus importants		Périodes radioactives	Rayonnement dominant
TRITIUM	³ H	Tritium gaz	12,3 ans	β (de très faible énergie)
AUTRES	⁶⁰ Co	Cobalt 60	5,3 ans	(β,γ)
	⁵⁴ Mn	Manganèse 54	312 jours	γ
	⁵⁵ Fe	Fer 55	2,7 ans	X
	⁵⁸ Co	Cobalt 58	70,8 jours	(β,γ)
	⁶⁵ Zn	Zinc 65	244 jours	(β,γ)
	^{110m} Ag	Argent 110m	250 jours	(β,γ)

Légende du tableau ci-dessous : Plus la couleur est foncée, plus l'importance du phénomène associé est élevée.

	Exposition des populations	Comportement		Commentaires
		Organismes vivants & Chaîne alimentaire	Sol	
³ H	Ingestion (très faible toxicité)	Eau	Par temps de pluie, l'eau tritiée pénètre dans le sol	Initialement sous forme de gaz, il peut se combiner à des molécules d'eau et donner de l'eau tritiée (HTO). Sous cette forme, il suit le cycle de l'eau dans la biosphère et s'élimine assez rapidement des végétaux, principalement par temps sec. Dans une moindre mesure, le tritium peut aussi se présenter sous forme organique. Il a un grand pouvoir de pénétration dans l'organisme qui l'élimine rapidement dans sa quasi-totalité (période d'une dizaine de jours).
		Végétaux		
	Inhalation	Viande		
	Externe	Lait		
⁶⁰ Co ⁵⁴ Mn ⁵⁵ Fe ⁵⁸ Co ⁶⁵ Zn ^{110m} Ag	Ingestion	Eau	Mobilité généralement faible, favorisée en milieu acide et oxydant	Faible probabilité qu'un accident engendre une libération importante de ces éléments radioactifs. Problèmes liés à l'utilisation de l'eau (irrigation, boisson)
		Végétaux		
	Inhalation	Viande		
	Externe	Lait		

LES EMETTEURS ALPHA

Ils sont produits dans le combustible et résultent de l'absorption de neutrons par les noyaux des isotopes de l'uranium. Les nouveaux noyaux formés ont une masse atomique supérieure à celle de l'uranium (ex : plutonium 239, américium 241...). On les appelle transuraniens. Ils sont tous radioactifs. Ils sont dits artificiels car ils n'existent pas à l'état naturel.

	Radionucléides les plus importants		Périodes radioactives	Rayonnement dominant
EMETTEURS ALPHA ARTIFICIELS	²⁴¹ Am	Américium 241	432,6 ans	(α,γ)
	²³⁹ Pu	Plutonium 239	24100 ans	α
	²³⁸ Pu	Plutonium 238	87,7 ans	α
	²⁴⁰ Pu	Plutonium 240	6561 ans	α
URANIUM ET DESCENDANTS	²³⁸ U	Uranium 238	4,5.10 ⁹ ans	(α,β,γ)
	²³⁵ U	Uranium 235	7.10 ⁸ ans	(α,β,γ)
	²³⁴ U	Uranium 234	2,5.10 ⁵ ans	(α,β,γ)
RADIUM ET DESCENDANTS	²²⁶ Ra	Radium 226	1600 ans	(α,β,γ)

	Exposition des populations	Comportement		Commentaires
		Organismes vivants Chaîne alimentaire	Sol	
²⁴¹ Am	Inhalation (principale)	Eau	Très peu mobiles, composés insolubles dans l'environnement	Les émetteurs alpha artificiels sont peu absorbés par les racines et très faiblement transférés vers les produits animaux. Chez les animaux, ils se fixent préférentiellement sur le squelette et les organes épurateurs (foie).
²³⁹ Pu		Végétaux		
²³⁸ Pu	Ingestion	Viande		
²⁴⁰ Pu	Externe	Lait		
²³⁸ U	Inhalation	Eau	Mobilité moyenne, favorisée par des conditions acides et oxydantes	Principaux composants de l'uranium naturel (²³⁸ U : 99,28% ; ²³⁵ U : 0,71% ; ²³⁴ U : 0,005% ; % en masse). Ils sont peu impliqués dans les situations accidentelles (sauf si associé au fluor). Toxicité mixte à la fois chimique et radiologique
²³⁵ U		Végétaux		
²³⁵ U	Ingestion	Viande		
²³⁴ U	Externe	Lait		

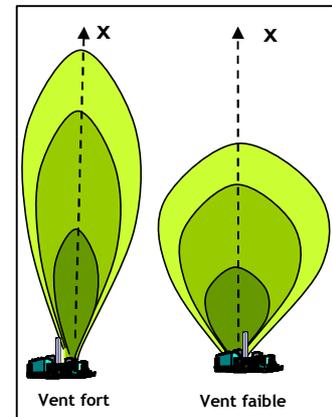
Contamination de l'air ambiant et répartition des dépôts dans l'environnement

CONTAMINATION DE L'AIR AMBIANT

AU COURS DES REJETS

En cas de rejets atmosphériques, l'air ambiant est le premier milieu contaminé. Il se forme un panache radioactif (le « nuage radioactif »), dont la contamination, dans le cas d'un rejet au niveau du sol, est d'autant plus importante que l'on est proche du point de rejet et de l'axe du vent.

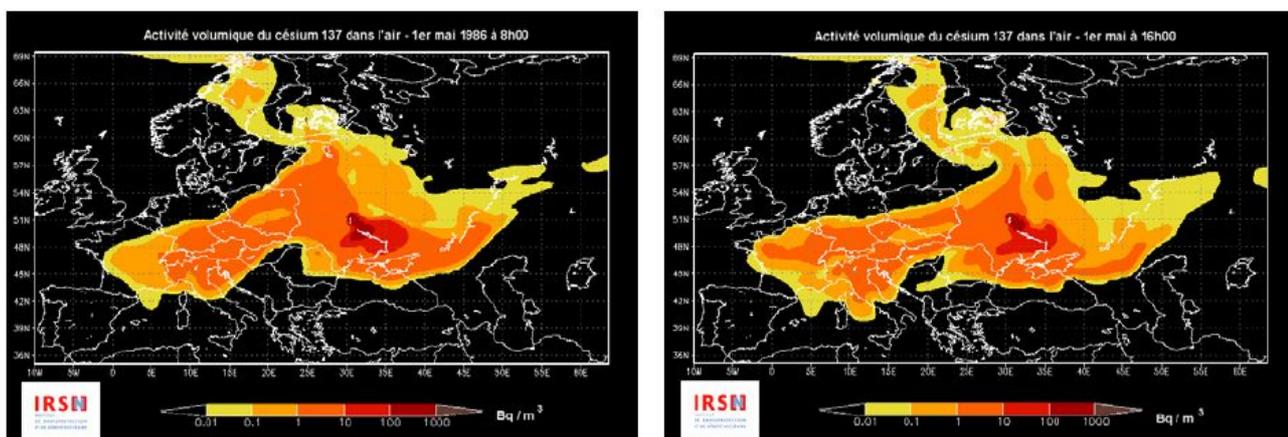
Dans ce panache, l'activité diminue avec le temps, par décroissance radioactive et dilution. A la suite des dépôts occasionnés par la chute des particules radioactives sous l'effet des précipitations pluvieuses et du contact des masses d'air avec les reliefs, le nuage est appauvri tandis que le couvert terrestre est contaminé.



Source : IRSN

Les conditions météorologiques au cours du rejet et la durée de celui-ci jouent un rôle prépondérant dans le déplacement de la masse d'air contaminée et, par la suite, sur l'ampleur et la répartition des dépôts.

Même s'il n'est pas transposable à tous les accidents, l'exemple de l'accident de Tchernobyl met en évidence l'importance des conditions météorologiques au cours d'un rejet dans la dispersion de la contamination à grande échelle. Dans le cas de cet accident, les rejets incontrôlés ont duré 10 jours durant lesquels, poussée par des vents changeants, la masse d'air polluée a emprunté plusieurs trajets et contaminé la plupart des pays d'Europe dans des proportions variables. Cela a également été le cas lors de l'accident de Fukushima Dai-ichi, survenu en mars 2011 au Japon.



Calculs de l'évolution de l'activité volumique du césium dans l'air à la suite de l'accident de Tchernobyl - Source : IRSN

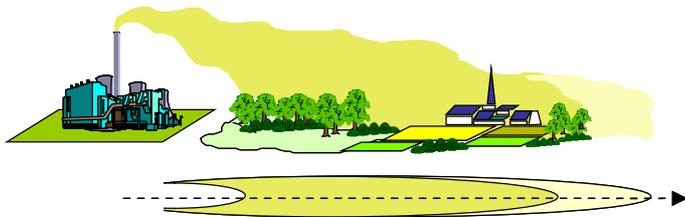
A LA FIN DES REJETS ET A PLUS LONG TERME

A la fin du passage du panache, la contamination de l'air devient très faible. Les éléments radioactifs déposés sur le sol peuvent cependant être remis en suspension, principalement par le vent ou certaines pratiques humaines (circulation automobile, labour...) mais les conséquences de ce phénomène restent locales et n'engendrent pas des niveaux de contamination de l'air importants.

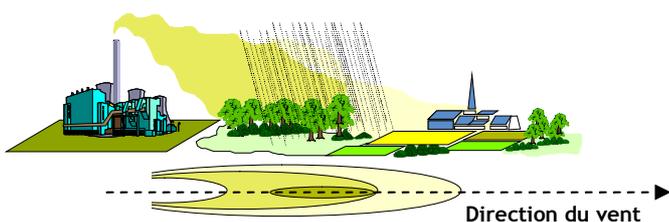
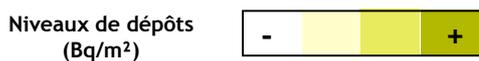
LA REPARTITION DES DEPÔTS

Les surfaces, quelles qu'elles soient (naturelles, agricoles, bâties, extérieures et intérieures des bâtiments), sont contaminées à des niveaux plus ou moins élevés par les dépôts de particules radioactives contenues dans le panache. L'intensité des dépôts varie principalement en fonction des conditions météorologiques mais aussi du relief et de la couverture du sol.

INFLUENCE DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES



Source : IRSN



Source : IRSN

Par temps sec, les particules se déposent sous l'effet du vent, des turbulences qu'il engendre et de la gravité. Seule l'activité de la couche d'air située à proximité du sol est concernée. Les dépôts sont par conséquent plus faibles (en Bq/m²) qu'en cas de pluie. Pour les aérosols¹, la taille des particules rejetées est également un paramètre important. Pour les gaz, la vitesse de dépôt est surtout influencée par les affinités chimiques entre les radionucléides et la surface de dépôt.

⁽¹⁾particules en suspension dans l'air, de dimensions comprises entre quelques fractions de nanomètre et 100 micromètres.

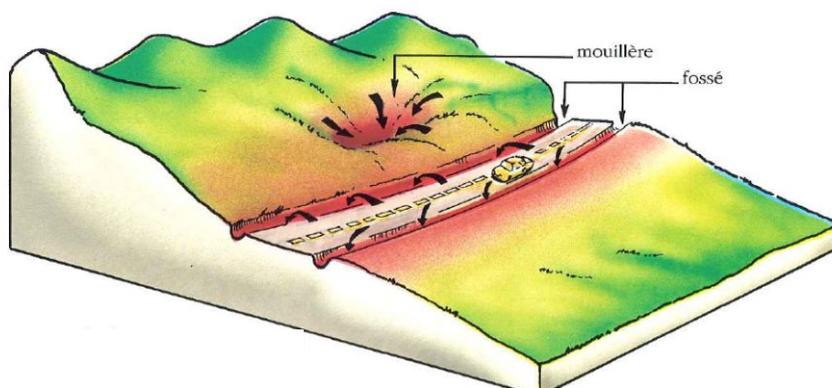
Par temps de pluie, les gouttes d'eau entraînent les particules vers le sol. Par rapport au dépôt sec, le lessivage concerne une couche d'air beaucoup plus importante. Sous les averses, les dépôts peuvent être 10 fois plus importants que par temps sec. On parle alors de « taches de contamination ». La répartition spatiale et la nature des dépôts sont très hétérogènes.

INFLUENCE DE LA COUVERTURE DU SOL

Une végétation haute et couvrante intercepte efficacement les particules radioactives. En forêt, les dépôts secs peuvent être jusqu'à deux fois plus importants qu'en terrain découvert.

INFLUENCE DU RELIEF

A la rencontre d'un relief, les turbulences de l'air s'amplifient et les précipitations s'intensifient. Les dépôts sont, par conséquent, a priori plus forts qu'en plaine. A une échelle locale, lors de dépôts pluvieux ou après la fonte des neiges, le ruissellement contribue à l'accumulation des éléments radioactifs dans les points bas par le lessivage des terrains en pente.



Source : « Agriculture, Environnement et Nucléaire : Comment réagir en cas d'accident » - FNSEA, CNIEL, IPSN

Contamination de l'environnement bâti d'une exploitation agricole

Au moment des dépôts, la contamination des surfaces (quelles qu'elles soient) est principalement influencée par la **nature** de celles-ci et les structures bâties qu'elles composent et par les **conditions météorologiques**. Les radionucléides déposés sur une même surface se répartissent en fonction de leur nature en deux phases : la « **fraction mobile** », facilement remobilisable par l'eau (notamment les premières pluies suivant l'accident), et la « **fraction fixée** » plus fermement liée à la surface de dépôt et plus lentement remobilisable.

CARACTERISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT BÂTI D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE

ETANCHEITE DES BATIMENTS VIS-A-VIS DE L'AIR EXTERIEUR

Tous les bâtiments, abris ou installations ne présentent pas la même étanchéité vis-à-vis de l'air extérieur en cas de passage d'un nuage radioactif.

Les **bâtiments ouverts** présentent une **étanchéité très faible** de leur structure vis-à-vis de l'air extérieur. Ils sont même parfois construits de manière à favoriser la circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment, comme c'est le cas pour certains bâtiments d'élevage. Il s'agit principalement des tunnels plastiques dont les bâches sont généralement trouées ou en mauvais état, des bâtiments d'élevages anciens ou vétustes (stabulations entravées, ...), de certains types de bâtiments d'élevage de volailles, des stabulations libres pour l'élevage (bovins, ovins, caprins) et des hangars de stockage (matériel agricole, paille...).

Les **bâtiments fermés et aérés** présentent une **étanchéité qui peut être importante** de leur structure vis-à-vis de l'air extérieur. Les **systèmes d'aération** ou de **ventilation** fonctionnent soit de manière **statique** soit de manière **dynamique**. Leurs ouvertures et fermetures peuvent être commandées manuellement ou automatiquement. Il s'agit principalement des habitations, des bâtiments d'élevage pour porcs, volailles, veaux, de certains bâtiments de stockage comme les silos et des serres agricoles, notamment en verre, voire en plastique.

CARACTERISTIQUES DES SURFACES A L'INTERIEUR DES BATIMENTS OU DES INSTALLATIONS

L'intérieur des bâtiments ou des installations agricoles abrite, en fonction du type d'activité pratiquée, des surfaces de natures diverses (sol brut, terre battue, béton...) dont le nettoyage est plus ou moins aisé.

Dans les **bâtiments d'élevage**, on trouve :

- des **surfaces en terre battue recouverte ou non de litière** (majorité des élevages de poulets, dindes, pintades, bovins viande et génisses). Leur nettoyage est en général effectué par enlèvement des effluents d'élevage, stockés ou non dans des ouvrages prévus à cet effet avant épandage sur les surfaces agricoles ;
- des **surfaces bétonnées recouvertes ou non de litière** (bâtiments d'élevage des troupeaux laitiers), nettoyées à l'eau et raclées plusieurs fois par jour. Les effluents sont stockés dans des fosses avant épandage ;
- des **caillebotis** (majorité des bâtiments d'élevage de porcs et de canards). Leur nettoyage est effectué à l'eau, en fin de bande. Les effluents sont stockés dans les fosses à lisiers ;
- **d'autres types d'installations**, comme les cages (souvent superposées les unes sur les autres) dans les élevages de poules pondeuses ou de gavage de canards gras. Leur nettoyage est effectué à la fin de chaque bande (un nettoyage par an pour les poules pondeuses, tous les 14 jours pour les canards).

Dans les **serres en verre ou en plastique abritant des cultures hors sol**, l'allée centrale est souvent bétonnée. Le reste de la surface du sol est le plus souvent recouvert d'un film en plastique (qui peut donc être retiré).

Les **chais de vinification et de vieillissement** peuvent également présenter des surfaces diverses : terre battue, aires bétonnées....

LES ABORDS DES BATIMENTS AGRICOLES

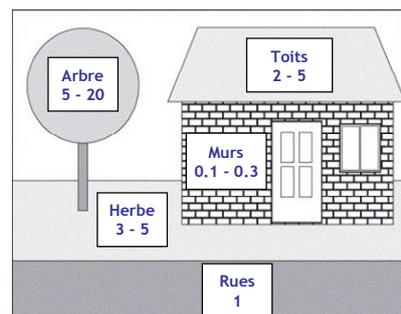
Les abords des bâtiments peuvent être constitués de **surfaces en terre battue**, de **surfaces enherbées** et d'**aires bétonnées, pavées ou stabilisées**. Il n'existe généralement pas de systèmes de récupération des eaux pluviales.

CONTAMINATION DE L'ESPACE BATI

EN CAS DE DEPOT SEC

En cas de dépôt sec, la contamination des surfaces horizontales est très souvent supérieure à celle relevée sur les surfaces verticales, avec un niveau de dépôt plus faible des aérosols « volatils » (I, Cs, Ru) que pour les aérosols « réfractaires » (Ba, Ce, Zr).

Sur les murs, les dépôts sont généralement plus faibles que pour les toits et les surfaces enherbées. Cependant, la force et la direction du vent peuvent conduire à une contamination forte et irrégulière des murs les plus exposés. Une partie des radionucléides dispersés dans l'air peut pénétrer à l'intérieur des bâtiments par les différentes ouvertures (ventilation...). Pendant le passage du panache radioactif, la concentration à l'intérieur des bâtiments reste néanmoins inférieure à la concentration à l'extérieur. Après le passage du panache, par contre, la concentration à l'extérieur a tendance à décroître plus rapidement qu'à l'intérieur du fait de la pluie, du ruissellement... Au cours du temps, l'intérieur des bâtiments est également contaminé par l'entrée de particules remises en suspension et par les mouvements de personnes ou d'animaux.

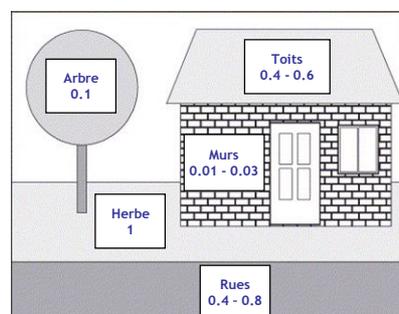


Dépôt sec relatif pour 1 Bq déposé de 137Cs

En phase post-accidentelle, l'importance relative de la « fraction mobile » du dépôt sec décroît dans le temps. La plupart des radionucléides appartenant initialement à cette fraction sont transférés dans les eaux de ruissellement par la pluie ou bien renforcent la « fraction fixée ». L'importance relative de ces phénomènes est fonction du délai d'occurrence et de l'intensité des premières pluies, les interactions entre les radionucléides et les surfaces augmentant au cours du temps. En général, la première pluie suivant le dépôt peut remobiliser une grande partie de la fraction mobile du dépôt. A plus long terme, l'activité déposée tend à décroître dans le temps du fait de la décroissance radioactive ainsi que des processus naturels de ruissellement et de remise en suspension.

EN CAS DE DEPOT HUMIDE

En cas de dépôt humide, le niveau de contamination des surfaces bâties est fonction de la quantité de pluie reçue par celles-ci. La contamination apportée aux surfaces est plus importante que par dépôt sec [Cf. FICHE 3.2] mais une part de celle-ci (« fraction mobile ») est directement emportée par l'eau de pluie. Des séries de mesures effectuées à Gävle (Suède) après l'accident de Tchernobyl ont montré que, en cas de dépôt humide, 40% à 80 % du césium est retenu sur les surfaces pavées, 30% à 90 % sur les toits et 1% à 3% sur les murs. A l'intérieur des bâtiments fermés, aucune pénétration de radionucléides n'a été observée.



Dépôts secs relatifs pour 1 Bq déposé de 137Cs

En conditions froides, la neige peut engendrer des dépôts légèrement supérieurs aux dépôts humides. Par contre, contrairement aux dépôts humides, les dépôts accompagnés de neige ne sont pas suivis d'un lessivage immédiat des surfaces, celui-ci ne se produisant qu'au moment de la fonte de la neige.

	Contamination à l'intérieur des bâtiments fermés	Evolution du dépôt à l'extérieur
EN CAS DE DEPOT SEC	<p>Bâtiments fermés : Entrée des gaz et aérosols par les systèmes de ventilation.</p> <p>Bâtiments ouverts : Contamination à l'intérieur semblable à celle de l'extérieur du bâtiment.</p>	<p>Lessivage de la fraction mobile (%) par les premières pluies.</p> <p>Fixation progressive des radionucléides sur les surfaces.</p>
EN CAS DE DEPOT HUMIDE	<p>Bâtiments fermés : Négligeable.</p> <p>Bâtiments ouverts : Contamination à l'intérieur plus faible qu'à l'extérieur (mais fonction du bâtiment et des conditions météorologiques).</p>	<p>Dépôt composé principalement de la fraction fixée aux surfaces.</p>

Contamination des productions végétales et des sols agricoles

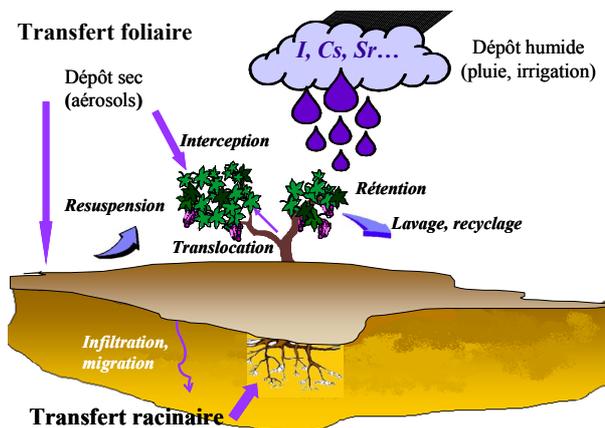
La contamination des productions végétales et des sols agricoles dépend en premier lieu de la couverture du sol au moment du passage du nuage radioactif. Celle-ci peut varier au cours de l'année, en fonction du type de production végétale et des pratiques agricoles. On distingue ainsi :

- les cultures à cycle court, comme de nombreuses cultures maraîchères (épinards, salades, carottes...) qui peuvent s'enchaîner au cours d'une année sur une parcelle ;
- les cultures annuelles, semées à l'automne ou au printemps, comme les grandes cultures de céréales ou d'oléoprotéagineux dont les périodes de culture alternent avec des périodes dites d'interculture, courtes (moins d'un mois) ou longues (jusqu'à 6 mois), durant lesquelles le sol peut être laissé nu, présenter des repousses de plantes cultivées ou adventices ou être cultivé (cultures pièges à nitrates ou cultures fourragères dérobée) ;
- les cultures pluriannuelles, telles que la luzerne (7 ans), les asperges (10 ans), ou les prairies temporaires (souvent de 3 à 6 années), qui couvrent le sol durant la durée de la culture ;
- les cultures pérennes, comme la vigne, les arbres fruitiers mais également les prairies permanentes.

CONTAMINATION DES VEGETAUX

Il existe deux voies principales de contamination des végétaux :

- Le **transfert foliaire** : dépôt direct sur les parties aériennes des plantes
- Le **transfert racinaire** : absorption racinaire des radioéléments accumulés dans le sol.



Source : IRSN

DEPOT DIRECT SUR LES PARTIES AERIENNES

Le transfert vers la plante des radionucléides présents dans l'atmosphère dépend de plusieurs facteurs :

- les **conditions climatiques** : à dépôt total constant, les contaminations foliaires des produits agricoles sont plus fortes pour les dépôts secs que pour les dépôts humides. En effet, lors d'un dépôt humide, la pluie crée un film d'eau à la surface des feuilles. Ce film d'eau ne peut pas dépasser une certaine épaisseur (en moyenne 2mm) sur les feuilles. Si la pluie est trop importante (en moyenne à partir de 5mm), les feuilles ne peuvent pas retenir la totalité de l'eau et s'égouttent. L'eau contaminée tombe alors sur la terre et augmente ainsi les dépôts au sol, alors que les dépôts sur les feuilles restent constants.
- la **capacité d'interception**, fonction de la nature de la végétation et de son stade végétatif au moment du dépôt. De même, la structure de certaines feuilles fait qu'elles retiennent bien les poussières ou l'eau (ex : feuilles de thym). En général, plus le stade végétatif de la culture est proche de la maturité commerciale, plus la capacité d'interception est élevée.
- le **radionucléide** : une fraction de la radioactivité déposée peut pénétrer à l'intérieur du végétal et se répartir dans les différents organes. Ce phénomène de contamination par transfert et stockage dans la plante est appelé « **translocation** » et varie selon les radionucléides (ex : le césium pénètre facilement, le strontium moins, le plutonium très peu). C'est ainsi qu'une petite partie des éléments radioactifs déposés sur les feuilles peut se retrouver dans les fruits et les racines.
- la **vitesse d'élimination naturelle** du dépôt sur les surfaces (lessivage par les pluies, chute des feuilles...) et la **dilution par croissance** des végétaux (dilution de la contamination dans la quantité de matière végétale)

ABSORPTION RACINAIRE

Cette contamination se manifeste au fur et à mesure que les radionucléides se répartissent dans la couche racinaire. L'importance de cette voie de contamination dépend :

- de l'**élément radioactif** : tous les radionucléides ne sont pas retenus dans les sols, ni absorbés de la même manière : l'iode et le chlore migrent très vite en profondeur, le césium reste majoritairement en surface ; le strontium et l'iode sont assez bien absorbés par les végétaux, le césium moins bien, le plutonium très peu.
- de la nature du sol : les sols acides, sableux ou à faible capacité d'échange sont favorables à des transferts plus élevés que les sols lourds ou argileux pour les principaux radionucléides (cations).
- du **travail du sol** (enfouissement mécanique, notamment par le labour) et l'**apport de fertilisants ou d'amendements analogues des radionucléides** (potassium et calcium sont des compétiteurs respectifs du césium et du strontium...).

Pour les cultures présentes au moment des dépôts, le transfert foliaire est la principale voie de contamination. Les végétaux à feuilles comme les salades ou les épinards sont les plus sensibles à la contamination par dépôt direct sur les parties aériennes. A long terme, le transfert racinaire prédomine nettement et se poursuit tant que le radionucléide est présent dans la zone racinaire.

CONTAMINATION DES SOLS AGRICOLES

AU MOMENT DU PASSAGE DU PANACHE ET A COURT TERME

En cas de dépôt sec, une partie non négligeable de la contamination peut être interceptée par la végétation couvrant le sol, si celle-ci est suffisamment dense et développée. Les premières pluies ou l'irrigation par aspersion amèneront, par la suite, la majorité de cette contamination au sol. A court terme, la radioactivité déposée sur le sol reste très superficielle.

En cas de dépôt humide, la majorité de la contamination atteint rapidement le sol et s'infiltré sur quelques centimètres.

A MOYEN ET LONG TERMES

A moyen et long termes, le ruissellement contribue au **transfert oblique** de la contamination et à l'accumulation de radioéléments dans les points bas des terrains en pente [Cf. FICHE 3.2].

Dans les sols, le **transfert vertical** des radionucléides dépend de leur mobilité, spécifique à chaque type de sol. Ce phénomène est accéléré par le **travail du sol** qui contribue à répartir la contamination dans la couche de labour, par la **pluie** et, parfois, par les **mouvements de la nappe phréatique**. Ces mouvements dépendent également beaucoup de la nature des radioéléments.

Mobilité verticale des radioéléments en fonction de la nature des sols

Sols alcalins (argilo-calcaires)	Faible
Sols riches en matière organique	Variable (généralement faible)
Sols acides, à faible CEC (sols sableux)	Forte

Mobilité verticale de quelques radioéléments dans les sols

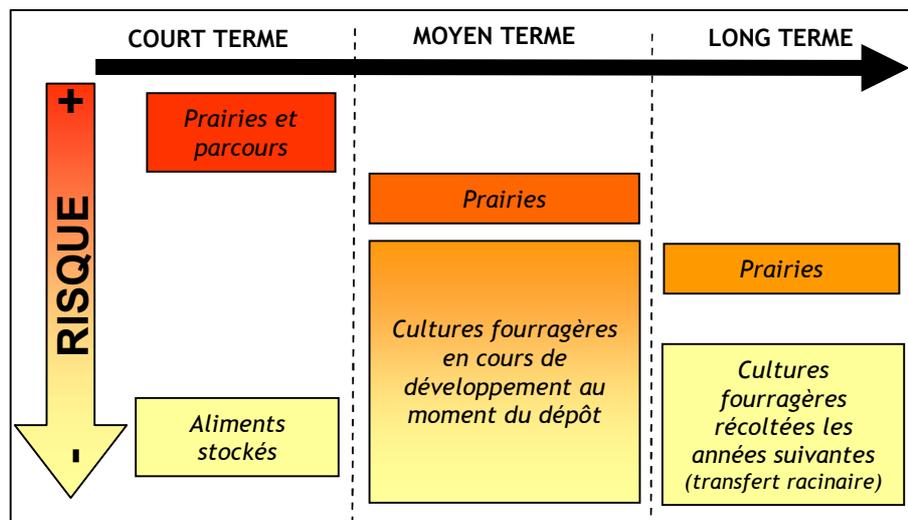
Strontium 90 (⁹⁰ Sr)	A court terme, le strontium est peu retenu par le complexe absorbant du sol. Progressivement, il s'y intègre et sa mobilité diminue. A la fin de la première année, il reste présent dans les premiers centimètres du sol.
Césium 137 et 134 (¹³⁷ Cs et ¹³⁴ Cs)	Le césium est rapidement et fortement retenu par l'argile et la matière organique. Dans les sols non agricoles, il reste très longtemps dans les premiers centimètres du sol. Dans les sols agricoles labourés, il se maintient dans la couche de labour.
Ruthénium 106 (¹⁰⁶ Ru) Terres rares (la plupart) Transuraniens	Le ruthénium, les terres rares et les transuraniens ne sont pas mobiles.
Certains iodes	Certains composés de l'iode suivent les mouvements de l'eau. Cependant, la majorité des isotopes de l'iode disparaissent par décroissance radioactive avant d'atteindre la nappe phréatique.
Tritium (³ H)	Le tritium est étroitement associé à l'eau dont il suit le comportement.

Contamination des productions animales

PRINCIPALE VOIE DE CONTAMINATION : L'INGESTION DE DENREES CONTAMINEES

Les produits d'origine animale sont principalement contaminés à la suite de l'ingestion d'aliments (et de lait pour les mammifères) et d'eau contaminés. L'inhalation et le transfert à travers la peau sont négligeables devant l'ingestion.

- **A court terme**, les contaminations les plus élevées concernent les animaux présents à l'extérieur au moment du passage du panache et dans les jours suivants. Leur alimentation est alors difficilement maîtrisable et elle est composée d'aliments directement contaminés par le dépôt (herbe, graines, eau...). A l'intérieur des bâtiments d'élevage, les animaux sont essentiellement nourris à partir d'aliments stockés et en partie protégés par la structure de stockage. Leur alimentation y est, en outre, plus facilement maîtrisable.
- **A moyen terme**, le risque majeur de contamination provient des pâturages et des cultures fourragères en cours de développement au moment des dépôts, contaminées par dépôt direct et transfert foliaire [Cf. FICHE 3.4].
- **A plus long terme**, les prairies non améliorées (vis-à-vis de la contamination radiologique) constituent la source de contamination la plus importante. Le travail du sol conjugué à un transfert racinaire réduisent fortement la contamination des cultures fourragères.

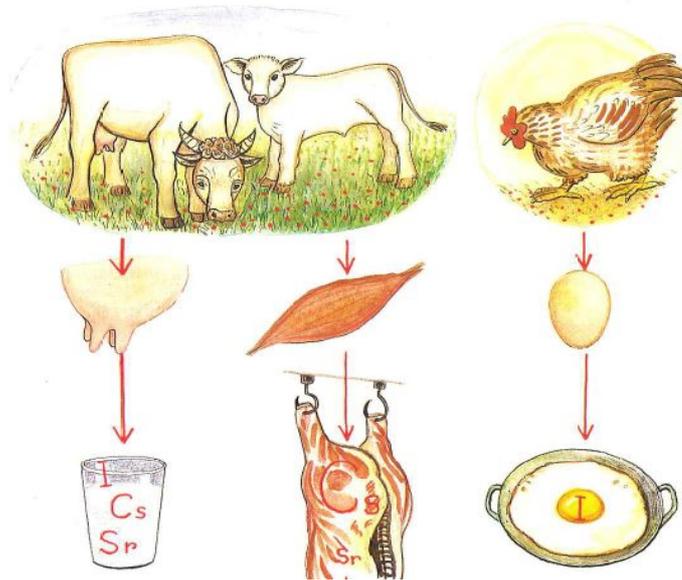


REPARTITION HETEROGENE DES RADIONUCLEIDES

En fonction de leur nature et des organismes qu'ils contaminent, les radionucléides ne sont pas métabolisés de la même manière et se différencient par :

- leur **répartition dans l'organisme** (ex : le césium se retrouve principalement dans la viande, le strontium dans les os et l'iode dans le lait et les œufs) ;
- leur **cinétique de transfert** (ex : l'iode se retrouve très rapidement dans le lait, tandis que le césium atteint sa contamination maximale un mois après la fin des dépôts) ;
- leur **cinétique d'élimination** (période biologique) : les radioéléments sont éliminés par les déjections (urines, fèces) et les produits animaux (lait, œufs) à des vitesses variables suivant leur nature et l'animal. La gestion des déjections animales, stockées temporairement sur les exploitations agricoles puis ramenées aux champs par épandage, constitue donc une source possible de contamination de ces surfaces. Néanmoins, l'ajout de

contamination ne sera pas significatif si l'alimentation des animaux provient de parcelles dont les niveaux de contamination sont proches de la parcelle servant à l'épandage des déjections (fonctionnement en circuit fermé).



Source : La Dépêche Vétérinaire - Supplément technique n°25

CONSEQUENCES POUR LES ANIMAUX

Des effets, mortels ou non, ne s'observent sur les animaux que pour des expositions très élevées. Chez l'animal, les doses létales 50% varient avec l'espèce. De telles expositions ne pourraient résulter que d'un accident majeur et dans la zone proche du site accidenté, c'est-à-dire dans des circonstances où les problèmes posés à la population seraient très largement dominants.

Protection de la population et des travailleurs en situation normale et en cas d'accident nucléaire

En situation d'urgence comme en situation post-accidentelle, les exploitants agricoles doivent respecter les consignes adressées à la population générale.

LES PRINCIPES FONDAMENTAUX (ARTICLE L. 1333-1 DU CODE DE LA SANTE PUBLIQUE)

Les activités nucléaires¹ ainsi que les interventions destinées à prévenir ou réduire un risque radiologique consécutif à un accident ou à une contamination de l'environnement, doivent satisfaire aux principes suivants :

LA JUSTIFICATION DE L'UTILISATION DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Une activité nucléaire ou une intervention ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure, notamment en matières sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels elle est susceptible de soumettre des personnes.

L'OPTIMISATION DE LA PROTECTION

L'exposition des personnes aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ou interventions doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché.

LA LIMITATION DES DOSES INDIVIDUELLES (UNIQUEMENT EN SITUATION NORMALE)

L'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une activité nucléaire ne doit pas porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire. Ces limites réglementaires sont fixées à un niveau suffisamment bas pour que leur respect assure une protection absolue contre les effets déterministes et aussi élevée que possible pour les effets stochastiques.

PROTECTION DE LA POPULATION ET DES TRAVAILLEURS EN SITUATION NORMALE

La réglementation française relative à la protection de la population et des travailleurs contre les rayonnements ionisants est conforme aux directives de la Communauté européenne (EURATOM 96/29...) fondées elles-mêmes sur les principes énoncés par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR).

PROTECTION DE LA POPULATION (ARTICLE R.1333-8 DU CODE DE LA SANTE PUBLIQUE)

Le Code de la Santé publique fixe une limite annuelle de dose due aux activités nucléaires de 1 mSv/an. Sans préjudice de celle-ci, des limites de dose équivalente admissibles pour le cristallin et la peau sont également établies (cf. tableau). Ces limites ne tiennent pas compte de l'exposition due à la radioactivité naturelle et ne s'appliquent pas aux personnes ou intervenants en cas de situation d'urgence (cf. page suivante).

PROTECTION DES TRAVAILLEURS (ARTICLES R.4451-12 A 15 DU CODE DU TRAVAIL)

Le Code du travail fixe une limite de 20 mSv pour les doses efficaces (externe et interne) reçues sur douze mois consécutifs par un travailleur du nucléaire. Sans préjudice de cette limite, des limites de doses équivalentes sont également fixées pour les différentes parties du corps exposées (cf. tableau).

	Public	Travailleurs
Tout l'organisme	1 mSv / an	20 mSv/an
Mains, avant-bras, pieds et chevilles	-	500 mSv/an
Peau (dose moyenne sur toute surface de 1 cm ² , quelle que soit la surface exposée)	50 mSv/an	500 mSv/an
Cristallin	15mSv/an	150 mSv/an

¹ Activité comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, émanant soit d'une source artificielle, soit d'une source naturelle lorsque les radionucléides naturels sont traités ou l'ont été

NIVEAUX D'INTERVENTION EN SITUATION D'URGENCE RADIOLOGIQUE

PROTECTION DES POPULATIONS EN PHASE D'URGENCE (Arrêté du 20 novembre 2009 relatif aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique)

En phase d'urgence, la protection de la population repose, en dernier lieu, sur la mise en œuvre des dispositions prévues dans les Plans Particuliers d'Intervention [Cf. FICHE 2.3]. Ces derniers définissent, entre autres, des périmètres de mise en œuvre d'actions de protection de la population. Les périmètres sont définis sur la base de niveaux d'intervention. En cas d'accident, ces niveaux sont utilisés pour définir les actions à mettre en œuvre sans toutefois constituer des limites strictes.

En situation d'urgence, les consignes formulées par les pouvoirs publics (mise à l'abri, prise d'iode, voire évacuation) doivent être respectées par les exploitants agricoles. Au-delà des périmètres de mise en œuvre de ces actions de protection, par contre, certaines actions visant à limiter la contamination des stocks et du bétail sont recommandées et détaillées dans le présent guide.

	Dose prévisionnelle	Niveau (mSv)
Mise à l'abri	efficace	10
Evacuation	efficace	50
Administration d'iode stable	équivalente à la thyroïde	50

NB : les doses prévisionnelles s'entendent comme des doses individuelles susceptibles d'être reçues par tous et notamment par les personnes les plus radiosensibles, en particulier les enfants et les femmes enceintes.

PROTECTION DES INTERVENANTS EN PHASE D'URGENCE

Pour une intervention en situation d'urgence radiologique, dans le cadre des dispositions prévues par le Code de la santé publique (article R.1333- 83), des niveaux de référence d'exposition individuelle des travailleurs sont établis, constituant des repères pratiques (cf. tableau suivant). Un dépassement de ces niveaux de référence peut être admis exceptionnellement, afin de sauver des vies humaines, pour des intervenants volontaires et informés du risque que comporte leur intervention. Par ailleurs, les personnels appelés à intervenir doivent bénéficier de protections individuelles et être munis de dispositifs dosimétriques appropriés.

	Groupe 1	Groupe 2
Niveaux de référence d'exposition individuelle (Dose efficace reçue pendant la durée de l'intervention)	100 mSv (300 mSv pour protéger des personnes)	10 mSv
Dose efficace totalisée sur la vie entière de l'intervenant	< 1 Sv	< 1 Sv

Groupe 1 : équipes spéciales d'intervention technique, médicale ou sanitaire, préalablement constituées pour faire face à une situation d'urgence radiologique. Elles font l'objet d'une surveillance radiologique et d'un contrôle d'aptitude médicale (article R.1333-85 du CSP).

Groupe 2 : personnes n'appartenant pas à des équipes spéciales mais intervenant au titre des missions relevant de leur compétence. Elles bénéficient d'une information adaptée sur le risque associé à une exposition aux rayonnements ionisants.

Les dispositions du Code du travail en matière de protection contre les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants s'appliquent, dès lors que les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à un risque (articles R4451-1 et R4451-2) :

- résultant d'activités nucléaires soumises à un régime d'autorisation ou de déclaration (article L. 1333-4 du code de la santé publique), telles les installations nucléaires, les activités de transport de matières radioactives ;
- survenant au cours d'interventions (article L. 1333-1 du code de la santé publique) en situation d'urgence radiologique ou en situation d'exposition durable ;
- résultant d'activités à l'origine d'une exposition professionnelle accrue aux rayonnements d'origine naturelle.

La somme des doses efficaces reçues par les travailleurs par exposition externe et interne ne doit pas dépasser 20 mSv sur douze mois consécutifs (art R.4451-12 du CT). Il ne peut être dérogé à cette valeur limite d'exposition que pour des expositions exceptionnelles, préalablement justifiées et devant être réalisées dans certaines zones de travail et pour une durée limitée, sous réserve de l'obtention préalable d'une autorisation spéciale délivrée par l'inspection du travail, dans la limite d'un plafond n'excédant pas deux fois la valeur limite annuelle d'exposition (art R. 4451-15 du CT).

VALEURS-GUIDES EN PHASE POST-ACCIDENTELLE

PROTECTION DE LA POPULATION EN POST-ACCIDENTELLE

Le Code de la Santé Publique (article R1333-90) indique qu'en cas d'exposition durable de personnes aux rayonnements ionisants (article R1333-77), le préfet met en œuvre, après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire, une ou plusieurs des mesures suivantes :

- Délimitation du périmètre à l'intérieur duquel il est procédé à la mise en œuvre des dispositions visant à réduire cette exposition ;
- Mise en place d'un dispositif de surveillance des expositions et, si nécessaire, de surveillance épidémiologique des populations ;
- Réglementation de l'accès ou de l'usage des terrains et des bâtiments situés dans le périmètre délimité ;
- Restriction de la commercialisation ou de la consommation des denrées alimentaires et des eaux produites et distribuées à l'intérieur du périmètre délimité ;
- Modalités de la prise en charge des matériaux contaminés.

La mise en œuvre de ces principes se traduit, en cas d'évènement, par :

- La signature d'un arrêté des ministres chargés de la santé, de l'agriculture et de l'environnement, pris après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire, qui détermine les niveaux de dose à partir desquels ces actions sont mises en œuvre.
- La mise en place du zonage post-accidentel en se référant aux valeurs-guides définies précédemment **[Cf. FICHE 2.5]** ;
- L'information, par le préfet, de la population concernée sur le risque couru en cas d'exposition durable et sur les actions entreprises en application des alinéas précédents.

PROTECTION DES INTERVENANTS EN PHASE POST-ACCIDENTELLE

Selon le Code de la santé publique (article R1333-92), dans les situations d'exposition durable, si les doses estimées le justifient, les intervenants bénéficient de la protection accordée par la réglementation en vigueur aux travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, à savoir une limite de dose efficace de 20 mSv/an.

Les travailleurs réalisant des interventions entraînant une exposition durable aux rayonnements ionisants, telle que définie en application du 3° de l'article L. 1333-20 du Code de la santé publique, sont couverts par les dispositions du Code du travail (article R4451-1). En particulier, sont applicables :

- la limite annuelle de dose efficace ;
- l'évaluation du risque ;
- le classement des travailleurs ;
- les protections collectives et individuelles ;
- le suivi dosimétrique ;
- le suivi médical ;
- l'information et la formation.

EXPOSITION DES INTERVENANTS AGRICOLES EN PHASE POST-ACCIDENTELLE

En situation post-accidentelle, pour la population, les principales voies d'exposition à la radioactivité sont l'exposition externe aux substances radioactives présentes dans l'environnement et l'ingestion de denrées contaminées. Les exploitants agricoles, de par la nature de leurs travaux, sont en général plus exposés que la population générale. Ils passent en effet généralement plus de temps à l'extérieur (exposition externe) et peuvent également être exposés par inhalation de particules remises en suspension par exemple lors d'un labour. Les évaluations réalisées montrent cependant que l'exposition supplémentaire des exploitants agricoles par rapport à l'exposition de la population générale et due à l'exercice de leur profession est limitée et tend de plus à diminuer avec le temps.

En situation post-accidentelle comme en situation d'urgence, les exploitants agricoles doivent respecter les consignes adressées à la population générale. Cependant :

- **Si un éloignement des populations est envisagé, des dispositions particulières** pourront être mises en œuvre pour permettre aux exploitants agricoles d'intervenir pour la mise en œuvre des activités non interruptibles, notamment dans le cas des élevages. Ainsi, un agriculteur devant se rendre, dans ces conditions, sur son exploitation, est considéré comme un intervenant en situation d'exposition durable au même titre qu'une « personne mandatée par les pouvoirs publics, exerçant une activité dans une zone où existe une élévation de la radioactivité due à un accident nucléaire ». Il bénéficie du régime des travailleurs exposés au cours d'expositions exceptionnelles soumises à autorisation préalable, prévu par le code du travail (article R.4451-15) et donc d'une information suffisante sur les risques d'exposition. Il peut bénéficier d'équipements de protection individuelle. **Aucune intervention au sein du périmètre d'éloignement ne peut être imposée à un agriculteur.**
- dans les premiers moments de la phase post-accidentelle, du fait des conditions de travail particulières **[Cf. FICHE 1.2]**, une certaine prudence est recommandée pour l'exercice des professions agricoles, notamment au sein de la **Zone de protection des populations (ZPP)**. Les activités non indispensables au fonctionnement des exploitations peuvent être réduites. Dans certains cas l'utilisation d'équipements de protection disponibles sur l'exploitation pourrait être conseillée pour certaines activités menées à l'extérieur. Par la suite, la caractérisation radiologique de l'environnement permet d'affiner les évaluations de l'exposition de la population et des professionnels et, par conséquent, d'affiner les consignes de protection.

Réglementation relative à la commercialisation des produits agricoles en cas d'accident nucléaire

En cas d'accident radiologique, l'autorité de sûreté nucléaire française appliquerait les règlements communautaires.

REGLEMENTATION RELATIVE A LA MISE SUR LE MARCHE INTERIEUR EUROPEEN

DEFINITIONS

Les règlements EURATOM 3954/87, 944/89 et 770/90 fixent les Niveaux Maximaux de contamination radioactive Admissibles pour la commercialisation (NMA), dans le cas d'un accident nucléaire ou toute autre situation d'urgence radiologique futurs :

- des denrées alimentaires (tableau 1)
- des denrées alimentaires de moindre importance (tableau 2)
- des aliments pour bétail (tableau 3)

Les NMA ne sont pas des normes sanitaires. La définition des NMA a pour objectif de réguler la mise sur le marché au sein de l'Union Européenne de denrées alimentaires potentiellement contaminées qu'elles soient produites en Europe ou dans un pays tiers (importation). Ce dispositif assure une protection des consommateurs européens résidant à distance du lieu de l'accident. En cas d'évènement, ce règlement serait mis en place rapidement mais devra être réexaminé (au maximum sous 3 mois) afin de s'assurer qu'il remplit ses fonctions.

Tableau 1 : Règlement EURATOM N°3954/87 du Conseil du 22 décembre 1987, modifié par le règlement EURATOM N°2218/89 du Conseil du 18 juillet 1989

	DENREES ALIMENTAIRES (Bq/kg)			
	Aliments pour nourrissons (2)	Produits laitiers (3)	Autres denrées alimentaires (à l'exception de celles de moindre importance)	Aliments liquides destinés à la consommation (4)
Isotopes du strontium (⁹⁰ Sr)	75	125	750	125
Isotopes de l'iode (¹³¹ I)	150	500	2000	500
Isotopes du plutonium et d'éléments transplutoniens à émission alpha (²³⁹ Pu et ²⁴¹ Am)	1	20	80	20
Autres nucléides à période radioactive >10j (¹³⁴ Cs et ¹³⁷ Cs) (1)	400	1000	1250	1000

- (1) Le carbone 14, le tritium et le potassium 40 ne sont pas compris dans ce groupe.
- (2) Aliments uniques couvrant l'ensemble des besoins alimentaires sur les 4 à 6 premiers mois, avec étiquetage particulier « aliment pour nourrisson »
- (3) Laits et crèmes de lait (concentrés ou non, additionnés ou non de sucres ou autres édulcorants) en dehors des laits pour nourrissons.
- (4) Eaux, jus de fruits ou de légumes, boissons alcooliques, vinaigre

Tableau 2 : Règlement EURATOM N° 944/89 du Conseil du 12 avril 1989

	DENREES ALIMENTAIRES DE MOINDRE IMPORTANCE (Bq/kg) (2)
Isotopes du Strontium (⁹⁰ Sr)	7 500
Isotopes de l'Iode (¹³¹ I)	20 000
Isotopes du plutonium et d'éléments transplutoniens à émission alpha (²³⁹ Pu et ²⁴¹ Am)	800
Autres nucléides à période radioactive >10j (¹³⁴ Cs et ¹³⁷ Cs) (1)	12 500

(1) Le carbone 14, le tritium et le potassium 40 ne sont pas compris dans ce groupe.

(2) Se référer au règlement pour obtenir la liste des « denrées alimentaires de moindre importance »

Tableau 3 : Règlement EURATOM N° 770/90 du Conseil du 29 mars 1990

	ALIMENTS POUR BETAIL (radioactivité cumulée en ¹³⁴ Cs et ¹³⁷ Cs en Bq/kg)
Porcs	1250
Volailles	2500
Autres animaux	5000

PRINCIPALES REGLES D'UTILISATION

Trois principales règles s'appliquent au calcul des NMA :

- (1) Pour les **produits secs ou concentrés**, le niveau applicable est calculé sur la base du produit reconstitué prêt à la consommation.
- (2) Un produit alimentaire est dit « *supérieur aux NMA* » dès lors qu'un groupe de radionucléides dépasse sa valeur réglementaire.
- (3) Pour un groupe de radionucléides et une denrée alimentaire donnés, il convient de sommer les concentrations de tous les radionucléides du groupe dans cette denrée avant de comparer cette somme à la valeur réglementaire.

	Concentration dans une salade (Bq/kg)	Concentration à retenir pour le calcul NMA	Valeur NMA de référence (Bq/kg)
I131	3200	3200	2000
Cs134	750	} Σ = 1780	1250
Cs136	350		
Cs137	680		

PROCEDURES D'APPLICATION EN CAS D'ACCIDENT NUCLEAIRE

Au niveau européen, la Commission adopte très rapidement un règlement rendant applicables les NMA pendant une durée maximale de 3 mois. Dans un délai d'un mois à partir du règlement initial, elle adopte un nouveau règlement confirmant ou adaptant les valeurs initiales à partir des avis d'experts et des normes de base de la radioprotection afin de maintenir aussi basse que possible toute exposition et de protéger la santé publique.

En France, à la sortie de la phase d'urgence, les NMA sont pris en compte pour la définition de la zone de surveillance renforcée des territoires [Cf. FICHE 2.6].

HYPOTHESES ET REGLES DE CALCULS

Les valeurs énoncées dans la réglementation sur les NMA sont fondées sur l'évaluation de la dose par ingestion découlant de la consommation des denrées contaminées et la prise en compte de :

- 19 radionucléides susceptibles d'être rejetés en cas d'accident affectant un réacteur à eau sous pression, regroupés en 4 catégories en fonction de leur radiotoxicité et de leur période radioactive.
- 3 classes d'âge pour la population (1 an, 10 ans, adultes).
- 5 groupes d'aliments principaux (produits laitiers, viande, céréales, légumes et fruits, eaux et autres boissons).
- pour chaque classe d'âge, un régime alimentaire représentatif d'un comportement alimentaire européen moyen, tenant compte des groupes d'aliments.
- un facteur correctif de 0,1 traduisant la prise en compte de la décroissance de la contamination dans le temps et dans l'espace, et l'impossibilité de trouver simultanément tous les aliments au niveau maximum de radioactivité dans une ration alimentaire donnée.

REGLEMENTATION RELATIVE A L'EXPORTATION AU NIVEAU EUROPEEN

Le règlement (CEE) n° 2219/89 du Conseil du 18 juillet 1989, fondé sur le traité CEE, fixe les conditions particulières d'exportation des denrées alimentaires et des aliments pour le bétail produits au sein de l'Union Européenne vers des pays tiers, après un accident nucléaire ou dans tout autre situation d'urgence radiologique. Pour le Conseil, il ne serait pas acceptable de permettre l'exportation vers des pays tiers de produits dont le niveau de contamination dépasserait les niveaux maximaux admissibles applicables aux produits destinés à la consommation dans la Communauté (Cf. Règlements EURATOM 3954/87, 944/89 et 770/90).

LE CODEX ALIMENTARIUS

La commission du *Codex Alimentarius* a adopté en 2006 des limites indicatives révisées (LIR) pour les radionucléides dans les aliments à la suite d'une contamination nucléaire accidentelle. Il s'agit ici de recommandations internationales. Ces limites s'appliquent uniquement aux radionucléides qui contaminent les aliments faisant l'objet d'un commerce international à la suite d'un accident nucléaire ou d'un événement radiologique et ne concernent pas les radionucléides naturellement présents dans les denrées alimentaires. Elles restent applicables pendant un an après l'accident nucléaire. Les règles d'utilisation sont les mêmes que pour les NMA.

Limites indicatives révisées pour les radionucléides dans les denrées alimentaires contaminées du fait d'un accident nucléaire ou d'un événement radiologique pour l'emploi dans le commerce international (2006) - rapport ALINORM 06/29/12.

Règles d'utilisation : pour un groupe de radionucléides et une denrée alimentaire donnés, il convient de sommer les concentrations de tous les radionucléides du groupe dans cette denrée avant de comparer cette somme à la valeur réglementaire	Limites indicatives (Bq/kg)	
	Aliments pour nourrissons*	Autres aliments
^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am	1	10
^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{131}I , ^{235}U	100	100
$^{35}\text{S}^{**}$, ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{106}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{192}Ir	1 000	1 000
$^3\text{H}^{***}$, ^{14}C , ^{99}Tc	1 000	10 000

* Lorsqu'ils sont destinés à cet usage.

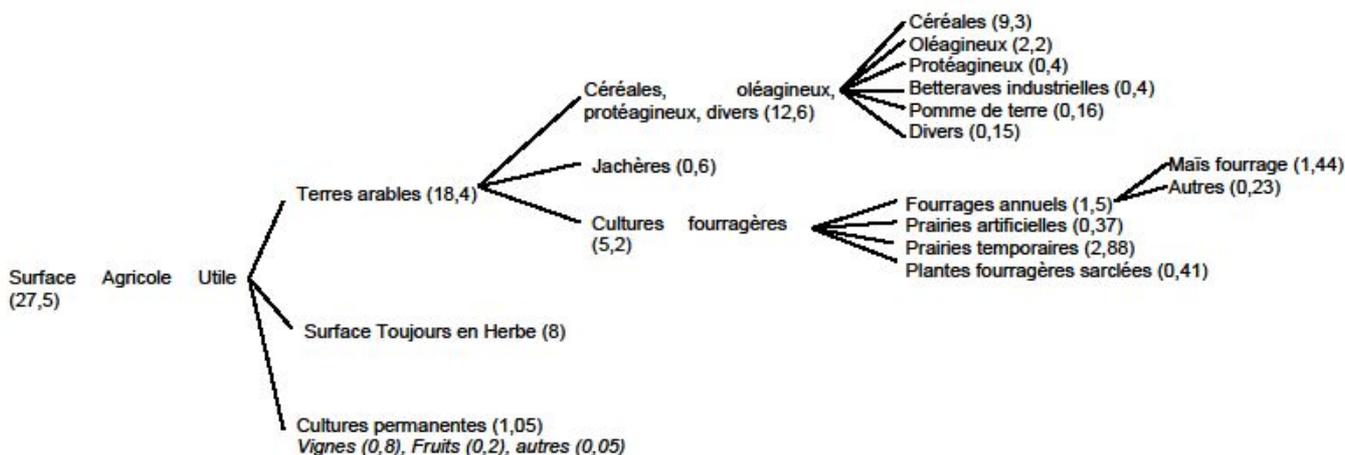
** Ceci correspond à la valeur pour le sulfure (organiquement lié)

*** Ceci correspond à la valeur pour le tritium (organiquement lié)

Eléments sur la filière Grandes cultures

QUELQUES ELEMENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA FILIERE

Les surfaces cultivées, notamment les grandes cultures, représentent une part importante de la surface du territoire.



Source : AGRESTE Statistique agricole annuelles 2010
Unité en millions d'hectares

Figure 1 : Les surfaces en France en 2010

Les principales grandes cultures françaises occupent des surfaces importantes (Cf. figure 2). Parmi elles, les céréales occupent une place prépondérante, contrairement aux cultures de protéagineux et de pommes de terre. Avec le développement des biocarburants, les surfaces en oléagineux (colza notamment) ont augmenté au cours des dernières années.

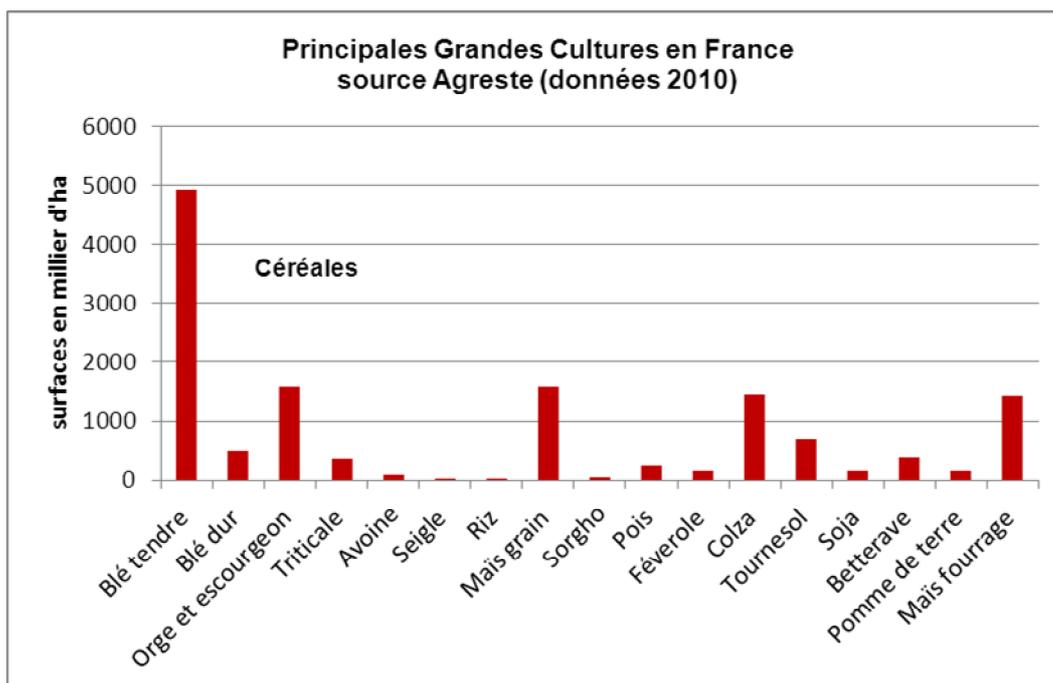


Figure 2 : Surfaces occupées par les grandes cultures

LA PRODUCTION DE CEREALES

Les **céréales** occupent une place importante dans l'agriculture française, tant en surfaces de culture qu'en valeur. Plus d'un quintal de blé sur deux est exporté, ce qui est une particularité en Europe et qui fait de la France un important exportateur au plan mondial.

De nombreuses espèces de céréales sont cultivées en France comptant chacune plusieurs variétés. Les espèces les plus produites en France sont le blé (semé en automne), le maïs, l'orge d'hiver, l'orge de printemps et les céréales dites « secondaires » comme le blé dur, le triticale (hybride du seigle et du blé qui remplace le seigle dans les zones difficiles), l'avoine, le sorgho, le seigle, le riz...

L'espèce et la variété sont choisies en fonction de la situation géographique

(le maïs demande plus d'eau que le blé), de la rotation et des débouchés. Parmi ceux-ci, citons les industries alimentaires pour les humains (meunerie, semoulerie, malterie...), l'industrie de l'alimentation animale et l'alimentation fermière des animaux. L'alimentation animale est le premier poste d'utilisation des céréales en France avec une consommation de blé deux fois plus importante que l'alimentation humaine.

LA PRODUCTION D'OLEAGINEUX

Les oléagineux sont essentiellement issus des cultures de colza et de tournesol et, dans une moindre mesure, par le soja et le lin oléagineux. Les graines oléagineuses produites en France ne sont pas consommées telles quelles mais subissent systématiquement une transformation. La principale transformation industrielle des graines oléagineuses est la trituration qui permet d'obtenir de l'huile brute (qui subit ensuite généralement un raffinage) utilisée pour l'alimentation humaine ou pour des débouchés industriels (biocarburant, autres...) et du tourteau qui est la fraction déshuilée, riche en protéines et valorisée pour l'alimentation animale.

La culture oléagineuse la plus importante sur le territoire français est le colza. La surface cultivée a nettement augmenté et couvre 1,5 millions d'hectares sur la période 2008-2011. Son principal débouché est le biocarburant (2/3 de la production), puis vient l'alimentation humaine (huile raffinée) et l'alimentation animale (tourteaux).

Le tournesol est la deuxième culture oléagineuse en France. Elle couvre 650 000 ha. L'huile de tournesol est principalement destinée à l'alimentation humaine, mais également à des débouchés non alimentaires (biocarburants, oléochimie). Les tourteaux sont destinés à l'alimentation animale. Une faible part du tournesol non trituré est utilisée pour l'alimentation humaine sous forme de graines entières (« tournesol de bouche ») et l'oisellerie.

La surface de soja cultivée en France est de l'ordre de 35 000 à 45 000 ha, avec des débouchés pour l'alimentation humaine (soyfood) et animale sous forme de graines entières traitées thermiquement (extrusion, toastage...).

Le lin oléagineux est cultivé en France sur 18 000 ha. Il est destiné principalement à l'alimentation animale sous forme de graines entières pour les filières animales de qualité, mais également à l'alimentation humaine (sous forme de graines entières). Enfin une faible partie est destinée à la trituration pour la production d'huile (alimentation humaine et usages non alimentaires) et de tourteaux (alimentation animale).

LA PRODUCTION DE BETTERAVES

La betterave industrielle est cultivée dans environ 26 000 exploitations dans le nord du bassin parisien, en Alsace et en Limagne, soit 29 départements. La surface totale cultivée varie de 320 000 à 400 000 ha selon les années, soit moins de 2 % de la Surface Agricole Utile (SAU) nationale. L'irrigation concerne moins de 10 % des surfaces (Beauce, Gâtinais). La surface moyenne par exploitation est de 14 ha. Chaque année, plus de 30 millions de tonnes de racines sont acheminées vers 25 sucreries et sucreries-distilleries où sont fabriquées plus de 3 millions de tonnes de sucre alimentaire, 8,9 millions d'hectolitres d'alcool et plus de 1,3 millions de tonnes de pulpes (en matière sèche) utilisées pour l'alimentation animale. La production de sucre et d'alcool génère des coproduits (écumes, vinasses, mélasses) valorisés pour l'alimentation animale ou comme engrais et amendement. Le rayon moyen d'approvisionnement d'une usine est de 20 km. La filière emploie directement près de 45 000 personnes. Son chiffre d'affaire est de plus de 3 milliards d'euros.

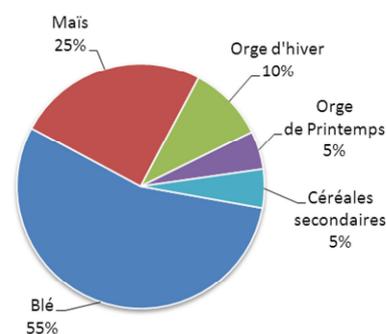


Figure 3 : Contribution des espèces à la production totale de grains de céréales en France

Les betteraves sont semées au printemps, en mars et avril, et récoltées de la mi-septembre à la mi-décembre. La campagne de transformation en usine commence mi-septembre et se termine en janvier. La betterave est généralement cultivée dans des sols profonds et possède un enracinement puissant et profond. Les rendements en racines sont régulièrement supérieurs à 75 t/ha, ce qui correspond à une production de plus de 13 tonnes de sucre par hectare.

LA PRODUCTION DE PROTEAGINEUX

Les **protéagineux** sont surtout représentés par le pois et la féverole. Les surfaces de lupins sont anecdotiques. Les pois peuvent être récoltés sous forme de fourrage pour les ruminants. Ils peuvent être récoltés sous forme de grains pour l'alimentation humaine (à forte humidité correspondant à une récolte précoce pour les pois de conserve, et à faible humidité pour les pois secs) et animale. Dans ce cas, les variétés sont différentes pour répondre à des critères de qualité propres à chaque débouché (tendreté pour l'alimentation humaine et rendement pour l'alimentation animale).

LA PRODUCTION DE POMMES DE TERRE

La **pomme de terre** est cultivée dans toutes les régions de France, mais plus particulièrement dans les régions Nord-Pas-de-Calais, Picardie et Champagne-Ardenne. En France, sur environ 29 millions d'hectares de surface agricole utile (SAU) dont 18 millions de terres arables, les superficies consacrées à la culture de la pomme de terre couvraient, en 2010, environ 160 000 ha pour une production de l'ordre de 6 600 000 tonnes.

La diversité des climats et des sols français autorise tous les types de production : plants de pommes de terre (450 000 t ; 17 000 ha), pommes de terre de primeur (155 000 t ; 7 000 ha), pommes de terre de conservation (4 900 000 t ; 115 000 ha), pommes de terre féculières (990 000 t ; 20 000 ha).

Les plants de pommes de terre

Les plants de pommes de terre destinés à la reproduction sont cultivés principalement dans les régions qui bénéficient de conditions écologiques favorables au maintien de leur bon état sanitaire : les départements côtiers du Nord, la Bretagne et certaines zones du Centre de la France. Aujourd'hui la quasi-totalité des plants de pommes de terre sont conservés en bâtiments isothermes ventilés ou (cas de plus en plus fréquents) en chambres froides réfrigérées à des températures de l'ordre de 2°C à 4°C. Selon les destinations, la commercialisation se déroule entre l'automne (exportation) et les dernières plantations de l'année suivante.

Les pommes de terre de consommation

La grande majorité des pommes de terre de consommation est destinée à l'alimentation humaine, soit à l'état frais, soit après transformation. On distingue, selon la date de récolte, les pommes de terre de primeur et les pommes de terre de conservation.

Les pommes de terre de primeur

En culture de plein champ, maraîchage et en cultures associées ou dérobées, les pommes de terre de primeur, appelées également nouvelles, sont récoltées avant maturité, alors qu'elles sont encore souvent peuleuses, et commercialisées avant le premier août. Elles sont produites dans des zones où le climat est relativement clément et où les terres, souvent légères, se réchauffent rapidement. Les principales régions de production de primeurs sont l'Ouest (Bretagne, Basse-Normandie, Pays de la Loire), l'Aquitaine et le Sud-Est (Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur). La récolte débute en Provence et dans les Iles de l'Atlantique début mai ; elle atteint son optimum dans le sud de la France entre le 15 mai et le 15 juin. En Bretagne, elle est effectuée essentiellement de la fin mai à la fin juin. Les autres cultures prennent ensuite le relais.

Les pommes de terre de conservation

Les pommes de terre de conservation sont récoltées après avoir atteint leur maturité naturelle ou après défanage, entre août et octobre.

Grâce à leur peau bien subérisée, elles peuvent être conservées jusqu'en mai-juin, voire juillet de l'année suivante, à condition toutefois de les maintenir à des températures relativement basses (de 4°C à 10°C, selon la variété et l'utilisation), dans des bâtiments isothermes ventilés par l'air extérieur ou plus récemment avec un appoint d'air réfrigéré, et en utilisant un produit inhibiteur de la germination. Elles sont produites dans toutes les régions, mais essentiellement dans le Nord-Pas-de-Calais et en Picardie, là où sont implantées les usines de transformation. Les autres régions importantes sont Champagne-Ardenne, Centre et Haute-Normandie.

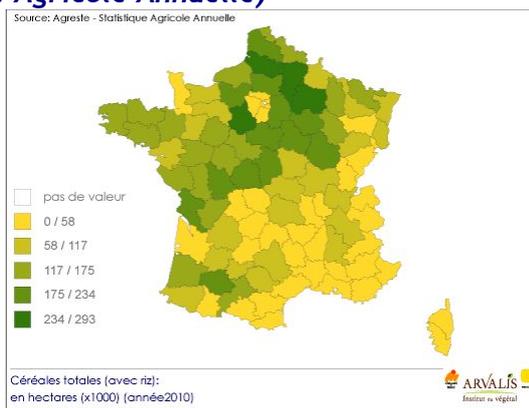
La grande majorité des pommes de terre de conservation est consommée « en l'état » [35 à 40 kg par habitant et par an (y compris les pommes de terre de primeur)] mais avec une forte progression de l'utilisation des produits transformés : frites surgelées, chips, produits déshydratés, produits stérilisés et pasteurisés, soit environ 25 kg par habitant et par an. Actuellement, environ 1,1 million de tonnes de pommes de terre sont destinées à l'industrie de transformation. Enfin, pour une part grandissante, 1,2 million de tonnes en moyenne sont exportées, principalement vers l'Espagne, le Portugal et l'Italie.

Les pommes de terre féculières

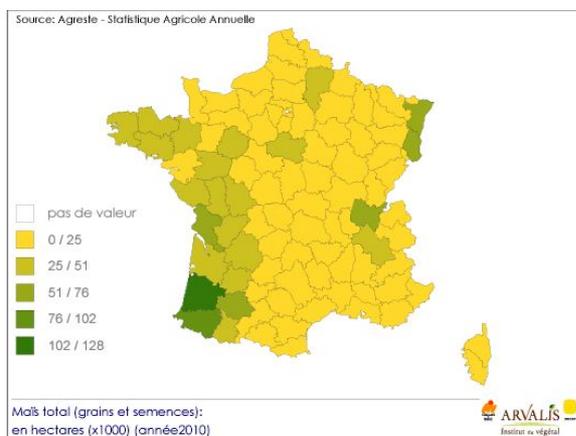
La production de pommes de terre féculières est concentrée dans les régions Nord-Pas-de-Calais, Picardie et Champagne. Pour des raisons économiques, un fort pourcentage de la production est encore stocké dans des silos en plein air, ventilés par convection naturelle en attendant la livraison à l'usine entre octobre et janvier.

REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES GRANDES CULTURES EN FRANCE (ANNEE 2010)

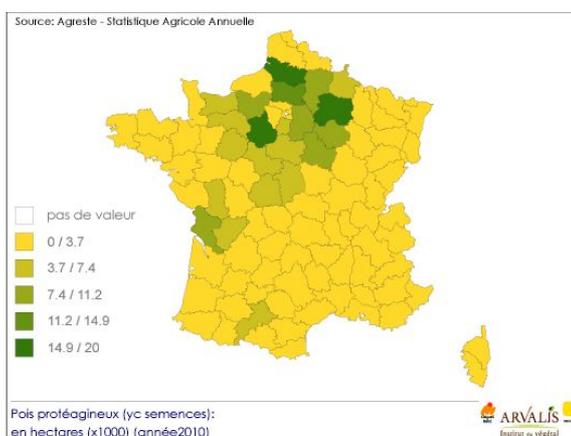
(Source Agreste - Statistique Agricole Annuelle)



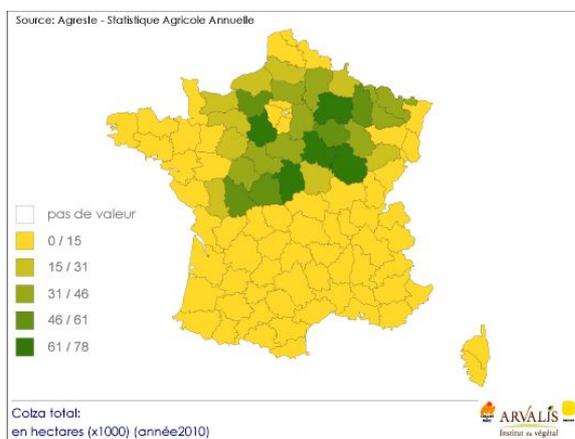
Céréales totales (en milliers d'ha)



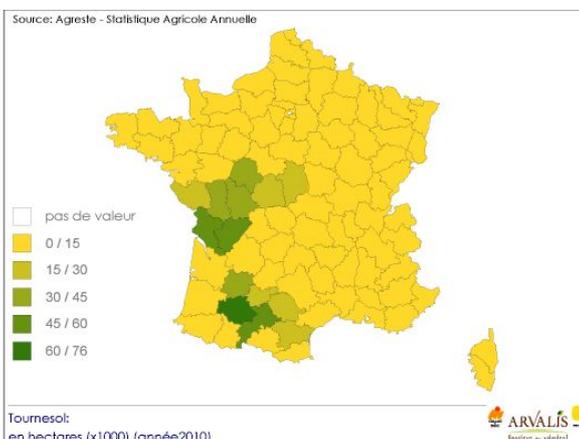
Maïs (grain et semences) (en milliers d'ha)



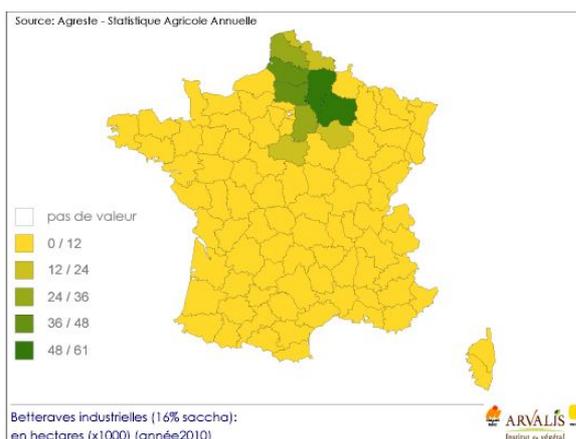
Pois protéagineux (en milliers d'ha)



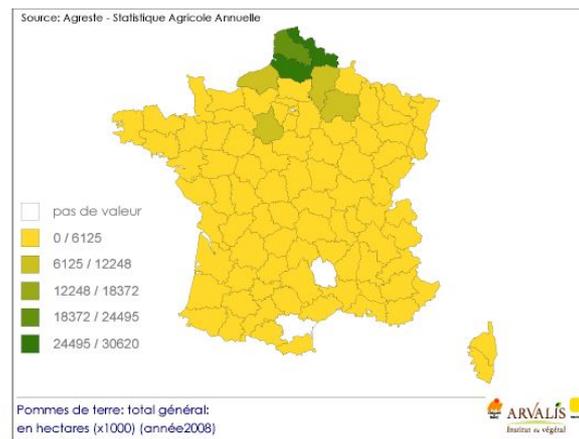
Colza total (en milliers d'ha)



Tournesol (en milliers d'ha)



Betteraves industrielles (en milliers d'ha)



Pommes de terre (en ha)

GENERALITES SUR LA CONDUITE DES GRANDES CULTURES EN FRANCE

LA PRODUCTION DE CEREALES

Le cycle de la culture des céréales comporte plusieurs phases :

- la **préparation du sol** : elle est réalisée traditionnellement par un labour, mais elle se fait de plus en plus souvent par des techniques de travail du sol simplifiées permettant une implantation plus rapide mais nécessitant toutefois un matériel spécifique ;
- le **semis** : la date dépend de l'espèce et du lieu. Ainsi, la plupart des céréales à paille (blé, orge, triticale, avoine, seigle...) sont semés à l'automne, à partir du mois d'octobre, et pendant l'hiver. L'orge de printemps est semée en fin d'hiver tandis que le maïs et le sorgho sont semés au printemps, à partir du mois d'avril.

Le choix de l'espèce et de la variété se raisonne en fonction de la situation géographique de la rotation et des débouchés. Le semis est suivi par la levée et le début du développement des plantes ;

- la **croissance des tiges et des feuilles** : cette phase correspond à la croissance des organes végétatifs qui vont couvrir une part importante de la surface du sol ;
- l'**épiaison** (apparition des épis) suit cette phase de croissance et est suivie de la fécondation qui donne naissance aux grains. Les substances photosynthétisées par les tiges et les feuilles permettent le remplissage des grains en substances de réserve ;
- la **maturité physiologique des grains** : elle est atteinte lorsque ceux-ci arrêtent d'accumuler des réserves. Ce stade de maturité est suivi par une perte en eau. La récolte se fait lorsque la teneur en eau des grains est suffisamment faible pour qu'ils se conservent (cas des céréales à paille) ou lorsque cette teneur ne diminue plus (cas du maïs et du sorgho). La récolte des céréales à paille s'échelonne entre fin juin (blé et orge dans le sud de la France) et juillet-août (blé dans le nord de la France). La date de récolte du maïs varie également selon la zone géographique mais aussi selon l'index de précocité de la variété. Elle est généralement comprise entre fin septembre et mi-décembre.

Une des raisons du développement important de la culture de céréales est le fait que les grains sont facilement manipulables et facilement conservables pendant plusieurs années lorsqu'ils sont stockés avec un taux d'humidité faible (en moyenne 15% d'humidité). Cette faible humidité est habituellement obtenue d'une façon naturelle au champ pour les céréales à paille, mais requiert une opération de séchage pour le maïs et le sorgho qui sont habituellement récoltés à 24-25 % d'humidité. Dans certains cas particuliers, les grains de céréales à paille sont récoltés humides (environ 20% à 22 %) mais néanmoins physiologiquement mûrs puis stockés après broyage dans des silos puis tassés. L'oxygène y est en partie remplacé par du gaz carbonique produit par la respiration, ce qui empêche le pourrissement : on parle « d'inertage ». Cette technique est utilisée pour l'alimentation animale. Les grains de maïs et de sorgho pour l'alimentation animale peuvent aussi être récoltés sans être séchés (mais ils doivent être tassés) : si l'humidité à la récolte est de l'ordre de 24 %, on parle de « grains inertés » et si l'humidité est de l'ordre de 36 %, on parle de « grains ensilés ». Dans ce dernier cas, c'est l'acide lactique produit qui assure la bonne conservation. Pour l'ensilage de maïs grain pour les animaux, il faut signaler une technique particulière qui consiste à récolter non seulement les grains, mais aussi une partie de la rafle (en dérégulant un peu la moissonneuse-batteuse). Cette technique est peu répandue en France.

Les céréales peuvent aussi être récoltées immatures. Dans ce cas, la récolte concerne la plante entière et non plus les grains seuls, et est destinée à alimenter des ruminants (du fait que la plante entière contient plus de fibres que les grains seuls et que les ruminants peuvent consommer des rations plus fibreuses que les porcs et les volailles). La récolte peut être donnée aux animaux directement après la coupe ou être conservée ensilée. Pour éviter l'ambiguïté associée au terme « ensilage », on parle d'ensilage de maïs plante entière, d'ensilage de blé plante entière. Cette pratique concerne surtout le maïs (qui couvre à peu près autant de surface que le maïs grain) mais commence à concerner le blé. Elle ne nécessite pas de variété particulière. Un producteur-éleveur peut avoir l'objectif de récolter sous forme de plantes entières ou sous forme de grains et changer d'avis en cours de culture (par exemple, en cas d'attaque de fusariose ou en cas de consommation précoce des réserves pour les animaux, un producteur-éleveur peut décider de détourner une culture destinée à produire des grains à commercialiser pour récolter un fourrage pour ses ruminants). Cependant, ce

changement d'orientation ne peut pas se faire à n'importe quelle période ; un changement tardif n'est pas recommandé car la plante entière est beaucoup trop riche en fibres dures (ce qui empêche un bon tassement des silos et donc une bonne conservation ; par ailleurs, plus la plante est vieille, plus elle est riche en lignine ce qui diminue sa valeur alimentaire). Une récolte à 30 % de matière sèche dans le maïs plante entière est un objectif.

LA PRODUCTION D'OLEAGINEUX

La production de colza

Le colza produit en France est quasiment exclusivement du type colza d'hiver.

Le labour n'est pratiqué que sur 50 % des surfaces cultivées en moyenne (2010) et ce chiffre est en diminution, en particulier dans le sud-ouest où il ne concerne que 10% des surfaces. La pratique du semis direct (sans aucun travail du sol en interculture) reste marginale (1% des surfaces de colza à l'échelle nationale en 2010). La pratique du non-labour (par un travail du sol superficiel ou profond en interculture, sans retournement) se développe de plus en plus.

Le colza est semé pendant la deuxième quinzaine d'août (nord de la France) et la première quinzaine de septembre (sud). La floraison commence entre fin mars et fin avril selon les régions. Elle dure de 3 à 5 semaines selon les conditions climatiques. La maturité physiologique (fin d'accumulation de matière sèche dans les graines) intervient lorsqu'une teneur en eau des graines voisine de 35 % est atteinte (juin). Une particularité de cette culture est que ses feuilles sénescentes se détachent des tiges et tombent toutes au sol tout au long du cycle (de novembre à juin). Le colza est récolté en juin (sud de la France) et en juillet, lorsque les graines atteignent une teneur en eau permettant leur conservation (9% à 10% d'humidité). Les graines se forment à l'intérieur des siliques.

La production de tournesol

Globalement, 72% des surfaces sont labourées avant le semis du tournesol (2009). En l'absence de labour, un travail du sol profond est majoritairement pratiqué dans le sud-ouest et l'Auvergne. Dans les autres régions, le travail superficiel est aussi souvent pratiqué que le travail profond. La pratique du semis direct reste encore très marginale (1 % en 2009).

Le tournesol est une culture de printemps, semée en avril-mai. La floraison a lieu en juillet. Elle dure environ 2 semaines à l'échelle d'une parcelle. La maturité physiologique (fin d'accumulation de matière sèche dans les graines) intervient lorsqu'une teneur en eau des graines voisine de 40 % est atteinte (août). Le tournesol est récolté de fin août à fin septembre selon les années et les régions, lorsque les graines atteignent une teneur en eau permettant leur conservation (8% à 9% d'humidité). Les graines sont regroupées sur des capitules.

La production de soja

Le soja est une culture de printemps. Il est semé en avril-mai et récolté en octobre. Les graines se forment à l'intérieur de gousses.

LA PRODUCTION DE PROTEAGINEUX

La culture des pois et des féveroles ressemble à celle des céréales. La plupart des surfaces sont semées au printemps. Seuls quelques pourcents de la sole sont cultivés pour la production de pois d'hiver. La récolte intervient un peu avant celle des blés.

LA PRODUCTION DE POMMES DE TERRE

Selon la zone et le type de production, les dates de plantation s'échelonnent de janvier à février (pommes de terre primeur les plus précoces) à la fin mai, l'essentiel étant réalisé entre la mi-mars et la fin avril. La durée du cycle végétatif est très variable. A titre indicatif, elle est de 70 à 150 jours en France : elle dépend de l'état physiologique des tubercules qui sont plantés, de l'ensemble des facteurs agroclimatiques, des variétés utilisées et du type de production. La culture est le plus souvent réalisée en buttes de 75 cm à 90 cm d'écartement mais aussi (plants, pommes de terre de consommation à chair ferme) en planches ou en billons dans le but d'obtenir une meilleure

répartition des plantes. L'irrigation a été beaucoup développée au cours de ces 15 dernières années. En France, le taux d'irrigation est de l'ordre de 37%, soit 4% des surfaces irriguées, tous types de cultures confondus. Environ 80% des surfaces de pommes de terre irriguées sont situés dans les régions Picardie, Champagne-Ardenne, Centre et Nord-Pas-de-

Calais. Le taux d'irrigation est plutôt faible dans la région Nord-Pas-de-Calais (8% à 25 %). Il est moyen en Picardie (42% à 51%) et dans la Marne (36%) et très élevé dans la région Centre et dans l'Aube (supérieur à 80%). A l'exception des pommes de terre de primeur, commercialisées dès la récolte (avant le 31 juillet), tous les autres types sont susceptibles d'être conservés pendant une période pouvant aller de quelques semaines à plus de 8 à 10 mois.

QUELQUES CRITERES TECHNIQUES CONCERNANT LES GRANDES CULTURES EN FRANCE

REPERES TEMPORELS SUR LA CONDUITE DES CULTURES

Préparation du sol	Labour ou travail de sol simplifié (avant le semis)												
Semis													
<i>Céréales à paille (sauf orge et avoine de printemps)</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Orge et avoine de printemps, maïs, pois, féverole, tournesol, soja</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Pommes de terre</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Colza</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Betterave</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Récolte													
<i>Céréales à paille (blé, orge, etc.), colza</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Maïs ensilage, tournesol</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Maïs grain, soja</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Pois et féverole</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Pommes de terre primeur</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Pommes de terre de conservation</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<i>Betteraves</i>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	

ORDRES DE GRANDEUR DES PRODUCTIONS DES CULTURES

Cultures	Rendements
Blé	60 à 120 q/ha (entre 13% et 16% d'humidité) à 75-78 kg/hl 5 à 8 t MS/ha de paille (9 à 10% d'humidité) à 100-150 kg/m ³
Orge	60 à 80 q/ha (entre 13% et 16% d'humidité) à 60-71 kg/hl 4 à 5 t MS/ha de paille (9 à 10% d'humidité) à 100-150 kg/m ³
Maïs grain	70-110 q/ha (14 à 15% après séchage, la récolte étant effectuée à 25%) 70-76 kg/hl
Maïs ensilage (plante entière)	12 à 18 t MS*/ha (à 30 % d'humidité environ)
Pois et Féverole	35-50 q/ha (14 à 15% d'humidité) à 75-84 kg/hl 4-5 t MS/ha de paille (9 à 10% d'humidité) à 100-150 kg/m ³
Pomme de terre conso et féculerie	35-55 t/ha (brut) à 90 kg/hl
Colza	20 à 50 q/ha (entre 8% et 10% d'humidité)
Tournesol	10 à 40 q/ha (entre 7% et 9% d'humidité)
Soja	25 à 40 q/ha en culture irriguée 20 à 30 q/ha sans irrigation (12% à 14% d'humidité) à 68-78 kg/hl

*MS : matière sèche

Remarque : pour les céréales, la biomasse est maximale environ un mois avant la récolte. Passé ce stade, on observe une diminution de la biomasse verte par dessèchement du pied.

Eléments sur la filière des fruits et légumes

QUELQUES ELEMENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA FILIERE

La filière des fruits et légumes repose sur des exploitations dont les modes de production sont très diversifiés.

La **production de légumes frais** (plus de 40 espèces) est un secteur d'activité très diversifié. Cette production représente près de 246 000 ha de légumes, sur moins de 1 % de la superficie agricole utilisée (données CTIFL, source Agreste SAA 2010). Les circuits de commercialisation des légumes peuvent être locaux, nationaux, voire européens. Les haricots verts représentent près de 28 000 ha, le chou-fleur près de 23 000 ha et les carottes et les navets ou encore la salade représentent près de 15 000 ha en France (données CTIFL, source Agreste SAA 2010).

On peut distinguer trois modes de culture pour les légumes :

- les cultures de plein air, qui sont dominantes : 93 % des producteurs de légumes pratiquent ce mode de cultures, ce qui représente 91 % des surfaces légumières développées ;
- les cultures sous abris bas, qui concernent 17 % des exploitants et 5 % des superficies légumières totales ;
- les cultures sous abris hauts, présentes dans 20 % des unités, pour une surface qui représente un peu plus de 3 % des surfaces légumières totales. 4 % des producteurs de légumes sont des serristes purs.

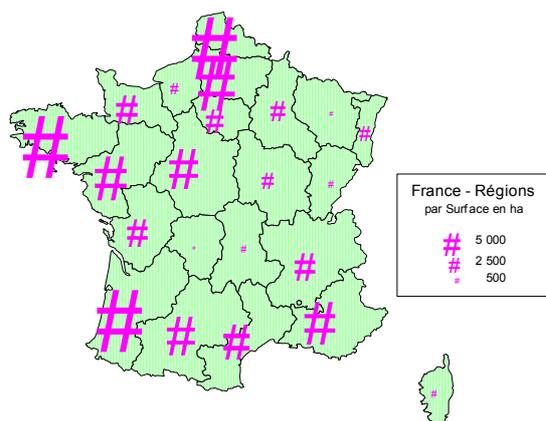
La **production de fruits** est également un secteur d'activité très diversifié. Elle repose sur la culture d'une dizaine d'espèces cultivées en vergers (poire, pêche, prune, abricot, cerise, kiwi, noix, agrumes). Les produits sont destinés à la vente en frais, mais également, pour certains spécifiquement, à la transformation (pêche Pavie, bigarreau d'industrie, pruneau, etc.). On compte près de 165 000 ha de vergers (ce qui correspond à moins de 1 % de la SAU) dont 40 000 ha de vergers de pomme, 14 000 ha de vergers de fruits à noyaux (abricots et pêches, nectarines) et, respectivement, 9 000 ha et 7 000 ha de vergers de cerises et de poires (données CTIFL, sources Agreste SAA 2010).

Près d'un tiers des exploitations fruitières ont moins d'un hectare de vergers, mais elles ne détiennent que 3 % des surfaces totales. A l'opposé, 16 % des unités ont plus de 10 ha et cultivent les deux tiers des vergers en France.

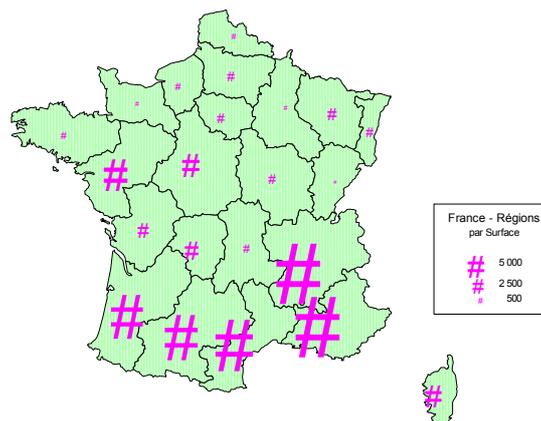
Les structures de production diffèrent beaucoup d'une espèce à l'autre. Ainsi les vergers de plus de 10 ha représentent respectivement 68 % des surfaces de pommiers, 63 % des surfaces d'agrumes, 60 % des surfaces de pêcheurs et 54 % des surfaces de pruniers d'Ente. Pour ces 4 espèces, la prépondérance des grands vergers va de pair avec une tendance à la monoculture fruitière. En revanche, les vergers de poiriers, pruniers de table, abricotiers, cerisiers, kiwis et noyers dépassent rarement 10 ha et sont souvent associés à d'autres cultures, fruitières ou agricoles.

REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES PRODUCTIONS DE FRUITS ET LEGUMES EN FRANCE

Des productions de fruits et légumes sont présentes sur tout le territoire français, même si ces cultures spécialisées sont plus importantes dans certains départements. La figure ci-dessous présente les surfaces en production légumière ou fruitière dans les différentes régions françaises.



Surfaces légumières par région en 2005
(légumes frais et transformés)



Surfaces fruitières par région en 2005
(fruits frais)

GENERALITES SUR LA CONDUITE DES PRODUCTIONS LEGUMIERES EN FRANCE

LA PRODUCTION LEGUMIERE EN FRANCE

Les serres verre

Des serres verre sont présentes dans des exploitations hautement spécialisées qui constituent des unités de quelques hectares (2 à 10). Ces équipements permettent une gestion commandée par ordinateur de l'ambiance et de l'irrigation. Ce sont des investissements lourds (de l'ordre de 150 €/m²).

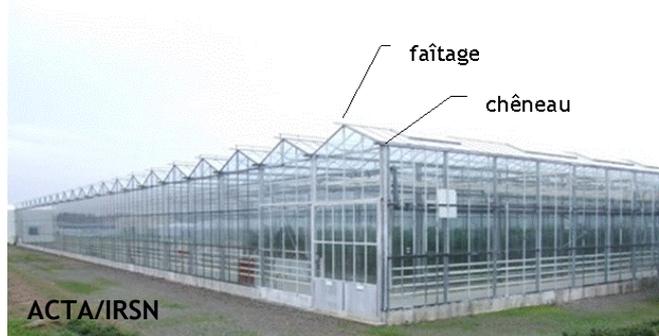
Les serres verre sont chauffées au gaz ou fioul lourd. Quelques unités présentes près de centrales nucléaires récupèrent l'eau chaude de refroidissement (Chinon, Saint-Laurent-des-Eaux, Dampierre-en-Burly...).

Ces serres "multichapelle" ont une hauteur sous chênneau de 4,5 m. Les chapelles sont larges de 8 m ou 9 m. Les allées sont généralement bétonnées ce qui facilite la circulation des engins mus électriquement.

Elles abritent des cultures hors sol sur pains de laine de roche ou substrat organique posés sur un sol nivelé, tassé et recouvert d'un film polyéthylène de 80 µ d'épaisseur. Des chariots élévateurs permettent de réaliser toutes les opérations culturales : effeuillage, ébourgeonnage, palissage, récoltes, etc.

En fin de culture (novembre), la végétation est évacuée (vers le compostage) ainsi que les ficelles, les sacs de laine de roche (recyclage possible) et le film au sol. L'ensemble de la structure est alors désinfecté à l'aide de fongicides ou de bactéricide et d'insecticide avant remise en culture fin novembre ou début décembre.

Pour éviter les températures excessives en été (surtout dans le sud), plusieurs techniques peuvent être utilisées : blanchiment des vitres à la chaux, aspersion d'eau sur les toitures, brumisation à l'intérieur des serres.



Calendrier des principales productions produites sous serres verre

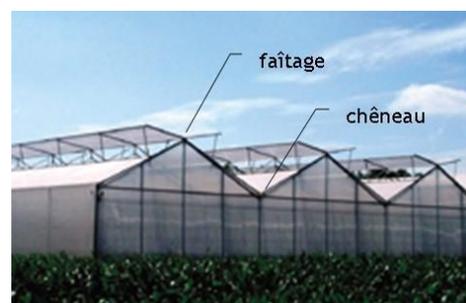
- plantation : fin novembre début décembre
- récolte :
 - tomate : de février à octobre (rendement en fruits = 50 kg/m²)
 - concombre : de janvier à octobre (rendement = 60 kg/m²)
 - poivron : de mars à octobre (rendement = 25 à 30 kg/m²)
 - aubergine : de mars à octobre (rendement 35 kg/m²)

Les serres plastique

Les serres plastique sont des équipements moins onéreux que les serres verre. Elles présentent une hauteur sous chênneau de 2,5 m, les chapelles mesurent 8 m ou 9 m de large. L'aération est continue au faîtage. Le film plastique utilisé (de 200 µ d'épaisseur) a une durée d'utilisation limitée (4 à 5 saisons).

Ces serres sont conçues de manière à optimiser l'ambiance à l'intérieur des serres. Il existe des serres à double paroi (dites « gonflables ») pour économiser l'énergie. Elles sont généralement implantées dans le sud (car les parois engendrent une perte de lumière) et abritent très souvent des cultures hors sol comme les serres verre, avec des résultats techniques un peu inférieurs.

Il existe également des serres plastique avec chauffage antigel (gaz ou fioul léger) et culture en terre avec irrigation par aspersion et goutte-à-goutte. Les successions de cultures sont généralement les suivantes : une ou deux cultures de **salades** en hiver (octobre à mars), suivies d'une culture de **tomates (ou concombres, poivrons...)** de mars à fin septembre. Les rendements sont deux à trois fois inférieurs à ceux obtenus dans les serres verre.



Les tunnels plastique

Les tunnels plastique sont de diverses dimensions. Ils sont définis par leur largeur (qui conditionne aussi leur hauteur et la possibilité ou non de les déplacer). On trouve des largeurs de 4 m à 9 m, des longueurs de 50 m à 100 m. Les bâches de ces abris (d'une épaisseur de 150 μ à 200 μ) sont changées toutes les 5 ou 6 saisons. Plus les tunnels sont larges, plus les performances techniques sont bonnes car les équipements (chauffage antigel, irrigation, aspersion et goutte-à-goutte, aérations plus ou moins mécanisées) sont meilleurs (investissements plus importants).



De tels abris sont souvent présents chez les maraîchers qui produisent aussi en plein air, ce qui leur permet d'étaler leurs calendriers de production. Les tunnels permettent la production des plants en motte ou godet pour les cultures sous abri ou de plein air.

Les productions les plus courantes concernent les **salades** (surtout en automne, en hiver, au début de printemps), la **tomate**, la **courgette** précoce, le **poivron**, l'**aubergine**, le **céleri en branche**, la **fraise**, l'**asperge verte**, les légumes en botte de type **radis**, **navet**, **oignon blanc**, mais aussi des productions plus spécifiques comme les **plantes aromatiques** et **condimentaires**.

Les productions légumières de plein champ

Les légumes de plein champ rentrent dans des rotations avec des céréales. Le matériel utilisé en grande culture peut également être utilisé dans la conduite des cultures légumières (travail du sol, traitement, rotavator, girobroyeur, etc.). Cependant, certaines cultures nécessitent du matériel spécifique (parfois disponible en CUMA), tel qu'une butteuse, une billonneuse, une dérouleuse de film plastique de paillage, une arracheuse ou récolteuse de légumes, une remorque maraîchère (basse pour les caisses de récolte et le conditionnement au champ), une planteuse et un semoir de précision. Certaines productions sont conduites en hiver sous des abris bas, dits chenilles ou tunnels nantais. Cette pratique est très localisée à la région nantaise.

MATERIELS, EQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS SPECIFIQUES DES EXPLOITATIONS LEGUMIERES

Le matériel de récolte est constitué de palox en bois ou en plastique ou de caisses en plastique plus ou moins spécifiques aux différents produits. Les exploitations disposent de stocks de plastique pour le paillage, la couverture des tunnels (les besoins pour la saison), des bâches pour les silos (betterave potagère, céleri rave), des engrais en sacs sous hangar (les citernes pour les engrais liquides sont assez rares), des emballages pour le conditionnement sous hangar (protection contre la pluie).

Certaines exploitations disposent également de matériels de conditionnement : les produits peuvent être livrés bruts de cueille à l'usine ou à la station de conditionnement (coopérative ou privée), avec parfois un prétri à la ferme, ou conditionnés à la ferme pour être prêts à la vente. Dans ce cas, les opérations sont effectuées dans un local plus ou moins fermé : lavage et épluchage (nécessité d'une grande quantité d'eau, pas souvent recyclée), triage, calibrage, bottelage, conditionnement, stockage au réfrigérateur (un à quelques jours).

QUELQUES CRITERES TECHNIQUES CONCERNANT LES PRODUCTIONS LEGUMIERES EN FRANCE

LEGUMES POUR LA CONSERVE FAISANT L'OBJET D'UN CONTRAT

Pour plus d'information s'adresser à UNILET, 45 avenue Paul Claudel, 80480 DURY LES AMIENS Tél. 03 22 45 41 09

	Semis ou plantation	Cycle cultural ou récolte	Rendement
haricot vert	semis de début mai à début août	60 à 80 jours	5 à 10 t/ha
haricot flageolet	semi de début mai à mi-juillet	90 à 100 jours	5 à 8 t/ha
petit pois	semis de mars à avril	récolte entre juin et juillet	5 t/ha
épinard	semis de mi-août à septembre	récolte entre octobre et novembre puis entre mars et avril (plusieurs coupes)	20 t/ha
céleri branche	plantation en mai	récolte en septembre	30 à 50 t/ha brut
tomate (dans le sud uniquement)	semis de mi-avril à mi-mai	récolte entre mi-août et fin septembre	brut en fruit : 100 t/ha avec tiges et feuilles au maximum de la végétation : 30 t/ha

LEGUMES POUR LE MARCHÉ DU FRAIS

	Etapes de la conduite	Compléments d'information
Betteraves potagères	Semis de mai à juin Récolte entre septembre et octobre Mise en silo ou au réfrigérateur	
Endives <i>(production de racines)</i>	Semis entre mai et juin Arrachage de septembre à novembre Stockage en réfrigérateur ou en silo Forçage en salles chauffées pour la production de chicons ou endives d'octobre à juin (3 semaines de forçage)	Rendement de 30 à 50 t/ha Rendement de 20 à 30 t/ha
Melons <i>- sous bâches ou chenilles plastiques</i> <i>- en plein champ</i>	Plantation : mi-avril Récolte en juillet Plantation de mi-mai à mi-juin Récolte de fin juillet à mi-septembre	Rendement brut de 20 à 30 t/ha de fruit et de 10 t/ha en tiges et feuilles Toutes les cultures sont conduites sur paillage plastique transparent (épaisseur 20 µ, largeur 1,20 m, soit 100 kg/ha)
Oignon jaune de conservation	Semis de mi-mars à mi-avril Récolte de mi-août à fin septembre Stockage en silo ventilé ou au réfrigérateur	Rendement brut de 100 t/ha
Courgettes <i>- cultures précoces dans le sud sous tunnels ou chenilles plastique</i> <i>- cultures de plein champ</i>	Plantation début avril Récolte de mi-mai à mi-juillet Plantation ou semis en mai Récolte de juillet à septembre	Rendement de 30 à 50 t/ha On estime à 35 t/ha quantité de biomasse (tiges et feuilles) au maximum de la végétation.
Poireaux <i>- poireaux primeur (Loire Atlantique)</i> <i>- poireaux d'automne hiver</i>	Semis ou plantation en octobre sous chenille plastique Récolte de mi-mai à juillet Plantation de mi-juin à fin juillet Récolte de mi-septembre à fin mars	Rendement de 50 t/ha Rendement de 20 à 40 t/ha
Salades vertes <i>(laitue, scaroles, batavia)</i>	Cycle des cultures suivant la saison (hiver sous abri) et l'espèce : 40 jours (en été) à 120 jours	Rendement 30 à 50 t/ha, film de paillage plastique noir de 25 à 35 µ, largeur : de 1,5 m à 6 m, poids : de 150 à 200 kg/ha
Asperges <i>Plante pérenne (durée 10 ans), tige souterraine (rhizome), racines descendant à 1 m de profondeur</i>	Récolte à partir de la troisième année sous butte de terre (asperge blanche) recouverte d'un film de paillage de mi-mars à mi-juin Végétation de mi-juin à mi-novembre Broyage et enfouissement des fanes sèches	Rendement 4 t/ha Paillage : épaisseur 25 à 35 µ, largeur 1,5 à 1,8 m, soit environ 150 kg/ha
Carottes <i>- carotte primeur souvent commercialisée en bottes (Loire Atlantique et Landes)</i> <i>- carotte de garde</i>	Semis de fin octobre à février (sous bâche ou chenille plastique) Récolte de début mai à mi-juillet Semis de mars à début juillet Récolte d'août à avril Conservation en terre avec buttage ou paille pour les protéger du gel ou en réfrigérateur	Rendement de 30 à 50 t/ha, Rendement 20 à 50 t/ha suivant les pertes hivernales Les semis hivernaux ou précoces sont recouverts de bâches soit polyéthylène perforé épaisseur 30µ pour un poids de 250 kg/ha, soit voile non tissé épaisseur 17 à 19 µ pour un poids de 150 à 200 kg/ha
Chou-fleur <i>- chou-fleur d'automne</i> <i>- chou-fleur d'hiver</i> <i>- chou-fleur d'été</i>	Semis en pépinière (souvent sous abri) Plantation 1 à 1,5 mois après Semis de mi-mai à mi-juin Récolte de septembre à décembre Semis de mi-mai à mi-juin Récolte de décembre à mai juin Semis sous abri et repiquage en mars ou avril Récolte juin à septembre	Rendements bruts de 50 à 70 t/ha
Fraisiers <i>- Fraisier de printemps</i> <i>- Fraisier remontant</i>	Plantation de mi-juin à fin juillet Montage des tunnels en janvier ou février Récolte d'avril à mi-juin (les cultures sont parfois gardées pour une deuxième année) Plantation entre octobre ou mars Montage des tunnels mi-juin Récolte de début juillet à mi-novembre (culture gardée en deuxième année avec production d'avril à fin septembre)	Cultures sur paillage plastique noir (épaisseur = 50 µ, largeur = 1,5 m soit 650 kg/ha), et (la plupart) sous tunnels légers (largeur = 4 ou 5 m), déplaçables. Un hectare de culture de fraise peut nécessiter par exemple 19 tunnels de 4 m de large et 100 m de long, avec bâche de 150 µ et 7 m de large soit 1900 kg/ha de polyéthylène (durée deux saisons). Après la récolte, les tunnels sont démontés et souvent transférés sur d'autres cultures.

QUELQUES PRODUCTIONS FRUITIERES SOUS ABRI

- **Fraise** : culture hors sol (appelée aussi jardins suspendus), sous serres plastique ou tunnels, chauffées ou non, 300 ha aujourd'hui en France.
- **Framboise** : les framboisiers sont le plus souvent produits sous abris (tunnels) permanents pour la framboise de printemps (production en mai et juin) ou temporaires pour la framboise remontante (production été ou automne et jusqu'en novembre). Cultivé en sol, le framboisier est une culture pluriannuelle (10 ans), qui nécessite en fin de cycle des rotations pour des raisons sanitaires. Il existe des productions hors sol dans des pots plastiques de 10 litres. La durée de culture est alors de 4 à 5 ans.

GENERALITES SUR LA CONDUITE DES VERGERS EN FRANCE

ROTATION

La durée de vie moyenne d'un verger est de 15 à 20 ans. Cependant, elle dépend de l'espèce cultivée et de l'exigence de renouvellement de la gamme variétale (par exemple, la durée de vie des vergers de châtaigniers, noyers, oliviers ou vignes est beaucoup plus longue).

PLANTATION ET TRAVAUX CULTURAUX : MATERIELS SPECIFIQUES

La mise en place d'un verger représente un investissement très lourd, les premières récoltes n'intervenant qu'après quelques années (variable suivant les espèces).

La préparation d'une parcelle nécessite des interventions spécifiques le plus souvent réalisées par une entreprise ou une CUMA¹ : défoncement allant jusqu'à l'éclatement des roches, sous-solage profond, labour profond (pas toujours possible), drainage si nécessaire, apports d'amendement et fertilisation de fond, trous de plantation effectués à la tarière mécanique, enfonce pieux pour le palissage.

Une fois planté, un verger ne se laboure pas afin de ne pas endommager le système racinaire. Seuls des travaux superficiels sont pratiqués pour décompacter la couche superficielle du sol (pour éviter les ruissellements), détruire les mauvaises herbes et pratiquer des enherbements permanents ou temporaires avec passage de girobroyeur pour la tonte.

Les équipements nécessaires à l'entretien d'un verger sont des appareils de traitement spécialisés capables de traiter de très grands volumes de végétation de grande hauteur. Des appareils adaptés pour le désherbage chimique localisé sur la ligne de plantation ou autour des troncs sont également présents dans les exploitations fruitières.

Il existe du matériel spécialisé pour les interventions sur les arbres : taille hivernale à l'aide de sécateurs pneumatiques, scies circulaires pour l'élagage ou l'éclaircissage des fruits (pour assurer un calibre suffisant des fruits), pour la récolte (remorques avec passerelles plus ou moins hautes, nacelles). Pour la récolte, on peut avoir des secoueurs de troncs ou de branches charpentières pour faire tomber les fruits soit sur un tapis pour amortir la chute (prunes, cerises, pêches pour l'industrie), soit sur un filet (olives), soit au sol (noix, châtaignes, pommes à cidre). Les fruits ainsi au sol sont ensuite ramassés mécaniquement mais le sol aura été auparavant spécialement préparé (nivelé, nettoyé, roulé). Le cassis est récolté avec des machines à vendanger.

Les tracteurs sont adaptés aux caractéristiques du verger, à voies étroites mais avec de fortes puissances pour les haies fruitières.

Pour la récolte, les fruits peuvent être mis en palox (avec chargeur automatique de palox), ou en caisses plastique plus ou moins adaptées aux produits, ou dans des seaux ou des sacs à fond amovible pour faciliter leur vidage, parfois disposés directement dans l'emballage de vente pour les fruits les plus fragiles (framboise, cerise, raisin).

AUTRES EQUIPEMENTS SPECIAUX

De nombreux vergers de pommiers, mais aussi de kiwis, sont équipés de filets paragrêle disposés au-dessus de la végétation.

¹ Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole

Des vergers de cerisiers sont équipés de couvertures plastique faisant office de parapluie pour éviter l'éclatement et la pourriture des fruits (en développement). Les kiwis sont conduits en pergolas (le kiwi est une liane).

La protection contre le gel peut être réalisée soit par aspersion au-dessus de la végétation, soit par brassage d'air par des grandes hélices au-dessus de la végétation, soit par des chaufferettes.

L'irrigation est le plus souvent réalisée localement soit par des goutteurs soit par des microasperseurs. Dans ce cas la fertilisation peut être apportée par l'irrigation.

Des haies brise-vent peuvent être aménagées (équipement nécessaire dans la vallée du Rhône et le Languedoc Roussillon). Ces haies servent de réservoir à la faune auxiliaire. Les essences sont choisies en conséquence (Protection Biologique Intégrée). Des nichoirs à oiseaux insectivores peuvent y être installés.

De nombreuses espèces fruitières nécessitent la présence de ruches pour assurer la pollinisation (4 à 6 ruches par hectare).

STATIONS DE CONDITIONNEMENT

Les produits peuvent être livrés bruts de cueille à un expéditeur ou à une coopérative de conditionnement et de vente. Le producteur peut également conditionner lui-même ses productions selon la nature des produits, la taille de l'exploitation et le système de vente.

Les stations fruitières sont dans des locaux plus ou moins fermés, équipés de systèmes d'aération statique ou dynamique, plus ou moins climatisés ou isolés thermiquement. Elles abritent du matériel de triage (d'une simple table à un triage électronique), de calibrage (plus ou moins perfectionné), de conditionnement en barquettes ou de plateaux en bois ou en carton, de « filmeuses » de barquette et de plateau, de mise sur palettes, etc.

Des chambres frigorifiques permettent de stocker la production sur de courtes périodes (quelques jours) ou sur plusieurs mois (pomme, poire). Certaines exploitations disposent de tunnel de congélation pour le cassis et la framboise et du stockage correspondant.

QUELQUES CRITERES TECHNIQUES CONCERNANT LES PRODUCTIONS FRUITIERES EN FRANCE

	Floraison	Récolte
Arbres fruitiers à feuillage caduque		
Amandier	mars	septembre
Abricotier	mars	juin-juillet
Cerisier	mars-avril	de mai à juillet suivant les variétés et les régions
Pêcher	mars	de mi-juin à mi-septembre (étalement assuré par la précocité relative des variétés) pas de stockage longue durée
Prune	avril	de juillet à septembre suivant variété et région
Pommier	avril-mai	de août à mi-novembre
Poirier	mars-avril	août à novembre
Kiwi	mars	octobre-novembre (stockage de longue durée)
Raisin de table	mai-juin	de août à octobre
Cassis	mai	juillet
Framboise de printemps	mars-avril	de mai à juillet
Framboise remontante	juin à septembre	de juillet à novembre
Noyer	mai	octobre
Châtaignier	mai-juin	septembre-octobre
Noisetier	mars	août (en vert) septembre
Espèces à feuillage persistant		
Olivier	été	de novembre à février
Clémentinier	été	décembre-janvier

Eléments sur la filière vitivinicole

QUELQUES ELEMENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA FILIERE

Le secteur vitivinicole a un poids important dans l'économie française. Le vignoble s'étend en 2009 sur plus de 836 000 ha ce qui correspond à environ 3% de la surface agricole utilisée. En 2009, la France représente 24,4 % du marché mondial des vins. La viticulture génère 9,5 milliards d'euros dont 5 milliards à l'exportation, ce qui correspond à 15 % de la valeur agricole produite. En 2009, la récolte a été estimée à 47,4 millions d'hL. Sur ce volume, 60 % du vin produit est destiné au marché intérieur français et 27 % à l'exportation. Le reste est distillé.

Quelques chiffres :

- le rendement de la vigne varie fortement en fonction des régions et est souvent compris entre 45 et 90 hL/ha. Une vigne produit 8 tonnes de raisin par hectare cultivé ;
- une souche très vigoureuse produit environ 1 kg de sarments par cep. En moyenne, 2 à 3 tonnes de bois sont produites annuellement par hectare par une vigne ;
- la densité de plantation est comprise entre 4 000 et 10 000 pieds (ceps de vigne) par hectare ;
- les indices foliaires pour la vigne sont variables et compris entre 2 et 4.

Pour la vinification, les flux suivants peuvent être indiqués :

- un hectolitre de vin produit entraîne la formation de 2 à 4 litres de bourbes, de 2 à 4 litres de lies et de 15 à 20 kg de marcs ;
- 0,5 à 3 litres d'effluents sont produits par litre de vin élaboré.

PRODUCTION-TRANSFORMATION-COMMERCIALISATION

Le premier maillon de la chaîne « production-transformation-commercialisation » est le viticulteur récoltant qui cultive la vigne et récolte le raisin. Il peut ensuite vinifier lui-même son vin (récoltant vinificateur) ou l'apporter dans une coopérative (récoltant coopérateur).

La coopérative réalise les étapes allant de la vinification à l'embouteillage et la commercialisation des bouteilles mais peut également commercialiser une partie en vrac. Les récoltants vinificateurs peuvent également commercialiser leurs produits en vrac ou en bouteilles. La mise en bouteilles peut être réalisée par des prestataires de service dont le matériel peut être mobile et transiter d'une région à une autre.

Les clients des coopératives, comme ceux des récoltants vinificateurs, sont les négociants, les cavistes, les grandes surfaces, la restauration ou les particuliers, sur le territoire national comme à l'étranger. Les transactions peuvent passer par un courtier. Les négociants procèdent à des assemblages de vins provenant de différentes zones et commercialisent dans les grandes surfaces, chez les cavistes, les restaurants ou les particuliers. Les cavistes vendent leurs produits aux restaurants et aux particuliers.

Mis à part les étapes réalisées au niveau des coopératives, chaque type de transaction peut avoir lieu sur le territoire national ou à l'étranger, ce qui peut être à l'origine d'une dispersion d'un produit contaminé au niveau mondial.

LES ORGANISMES DE LA FILIERE

La filière vitivinicole française est complexe. Elle regroupe de nombreux organismes ayant des missions précises. L'objet de ce paragraphe est de présenter les principaux organismes professionnels qui pourraient être des parties prenantes en cas d'accident nucléaire ou lors de la gestion post-accidentelle. Tous ces organismes ont des implantations régionales et une représentation nationale (souvent à Paris).

- Les organismes représentant l'État

La filière vitivinicole française est très morcelée. Il n'existe pas une unique interprofession mais différents organismes régionaux. Parmi ces organismes, on trouve :

- FranceAgriMer est l'établissement national des produits de l'agriculture et de la mer. Il exerce ses missions pour le compte de l'État, en lien avec le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire. Ces missions consistent principalement à favoriser la concertation au sein des filières de l'agriculture et de la pêche, à assurer la connaissance et l'organisation des marchés, ainsi qu'à gérer des aides publiques nationales et communautaires ;
- l'Institut national de l'origine et de la qualité (INAO) est un établissement public administratif placé sous la tutelle du Ministère de l'agriculture. Il accompagne les producteurs qui s'engagent dans les démarches d'Appellation d'Origine Contrôlée (la filière vitivinicole française compte 357 appellations). Un service central à Paris et 26 centres en province implantés au cœur des aires géographiques d'appellation d'origine orientent la démarche initiale des demandeurs, préparent le travail des commissions d'enquête et des experts en délimitation, contrôlent le respect des conditions de production et le déroulement des opérations d'agrément.

- **Vignerons indépendants et vignerons coopérateurs**

Dans les exploitations viticoles françaises, deux types d'organisation existent :

- le viticulteur peut posséder des vignes mais pas de chai de vinification ; dans ce cas, il apporte sa vendange à une cave coopérative ; on parle alors de viticulteur coopérateur.
- le viticulteur possède à la fois des vignes et des chais de vinification ; on parle alors de viticulteur vinificateur.

Il existe également des organisations intermédiaires où les viticulteurs vinifient une partie de leur production eux-mêmes et livrent le reste de leur production à une cave coopérative ou à une grande maison (Champagne, Cognac...).

Schématiquement, il faut retenir que, dans les régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte-d'Azur, la coopération représente plus de 60 % de la production de vin, alors qu'en Aquitaine, dans la Vallée de la Loire ou en Bourgogne, la coopération ne représente que 20 % de la production de vin. Sur tout le territoire français, on dénombre 797 caves coopératives groupant 95 000 adhérents.

Ces deux types d'organisation sont regroupés dans deux organisations professionnelles :

- la Confédération des Coopératives Viticoles de France (CCVF) est le prolongement de ses 21 fédérations (départementales ou régionales) implantées dans les 42 départements viticoles français. A travers ses fédérations, la CCVF représente l'ensemble des caves coopératives françaises. La CCVF a pour objectifs :
 - o la représentation des caves coopératives auprès des pouvoirs publics et des instances nationales, européennes et internationales ;
 - o l'information et la défense des intérêts des caves coopératives, unions et des vignerons coopérateurs dans leur ensemble ;
 - o la promotion.
- les Vignerons Indépendants de France (VIF) est un organisme syndical qui œuvre au travers de 33 fédérations départementales, regroupées en 10 fédérations régionales. Toutes les régions viticoles françaises sont représentées au sein du Conseil d'Administration. Parmi leurs missions, on peut noter :
 - o la défense des intérêts des adhérents dans les domaines moral, technique, social, économique et administratif ;
 - o la participation à la politique de développement viticole aux échelons local, national et européen.

- **Les autres organismes professionnels de la filière**

D'autres organismes professionnels de la filière vitivinicole peuvent être cités :

- l'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) est qualifié en tant qu' « institut technique agricole » et en tant qu' « institut technique agro-alimentaire ». Il coordonne les activités de recherche appliquée.

- le Comité National des Interprofessions des Vins à appellation d'origine contrôlée (CNIV) réunit les interprofessions viticoles afin que ce dernier soit le porte-parole de leurs missions et des gestions régionales auprès des autorités nationales et communautaires. En France, on dénombre une vingtaine d'organismes interprofessionnels viticoles, organismes privés, reconnus par l'État, regroupant en leur sein les partenaires de l'amont et de l'aval de la filière viti-vinicole et couvrant plus de 90% de la production. Par ailleurs, ces organismes conduisent ensemble un nombre important d'études dans les domaines de la santé, de la recherche qualité, de l'information économique et juridique.
 - la Confédération Nationale des producteurs de vins et eaux de vie à Appellation d'Origine Contrôlée (CNAOC) représente l'ensemble des syndicats d'appellation auxquels les viticulteurs AOC adhèrent. On dénombre en France 470 appellations de vin différentes. Les 17 fédérations d'AOC sont réunies au sein de la CNAOC afin de promouvoir une meilleure harmonisation des conditions générales de production. La confédération travaille à l'optimisation de la gestion des AOC et assure la défense des intérêts des producteurs viticoles d'AOC tant en France qu'à l'échelle communautaire.
 - l'Association Nationale Interprofessionnelle des Vins de Table et des Vins de Pays (ANIVIT) a pour missions principales, d'une part de représenter l'interprofession devant les instances nationales et communautaires puisque le vin fait l'objet d'une organisation commune de marché dans l'Union européenne, d'autre part de défendre et de promouvoir les vins de table et les vins de pays par des actions publicitaires et promotionnelles menées en accord avec les différentes organisations représentées en son sein.
 - la Confédération Française des Vins de Pays (CFVDP) représente les producteurs de Vins de Pays dans le monde vitivinicole et devant les instances gouvernementales. Sa principale mission est de défendre les intérêts des producteurs de Vins de Pays tant sur le plan national qu'international. Elle a pour objet d'établir la politique des Vins de Pays et d'organiser la défense de cette notion. La Confédération Française des Vins de Pays étant présente dans toutes les instances (régionales, nationales, internationales) du secteur vitivinicole, elle peut intervenir sur tous les sujets susceptibles d'intéresser les Vins de Pays.
- Les représentants du négoce
 - les Entreprises de Grands Vins de France (EGVF) est une fédération de syndicats chargée de représenter les entreprises vinicoles françaises et de défendre leurs intérêts. Actuellement, Entreprises de Grands Vins de France fédère 14 syndicats de vins tranquilles, 7 syndicats de vins effervescents, 1 syndicat de vins doux naturels et 3 syndicats de distribution.
 - l'Association Française des Éleveurs, Embouteilleurs et Distributeurs de vins et spiritueux (AFED) regroupe les acteurs économiques les plus impliqués sur les marchés, des Fédérations et des Syndicats régionaux. L'ensemble des membres de l'AFED commercialisent 18 millions d'hectolitres par an, en France et à l'exportation. L'AFED représente l'ensemble des vins présents sur le marché et tous les vignobles de France : producteurs, éleveurs, négociants, embouteilleurs, exportateurs, importateurs, filiales de groupe de distribution alimentaire...
 - Les représentants de l'œnologie
 - l'Union des Œnologues de France (UOEF) est le syndicat professionnel chargé d'assurer la reconnaissance et la défense de la profession d'œnologue. Regroupant environ 1 500 adhérents, l'UOEF est administrée par un Comité de direction et est structurée en huit antennes régionales réparties dans le vignoble. Elle assure la défense professionnelle des œnologues et permet à ses membres la mise à jour permanente de leurs connaissances techniques et scientifiques.
 - l'Union Française des Laboratoires et Industries Œnologiques (UFLIO) regroupe l'ensemble des fabricants de produits œnologiques français. Les membres sont l'Institut Œnologique de Champagne, la société Laffort, la

société Lamothe Abiet, la société Sofralab, la société OenoFrance, la société Littorale Œnologie et la société Boetto. Dans le cadre de ses missions, l'UFLIO contribue à l'étude des problèmes techniques et commerciaux que présentent le développement et l'amélioration de la production et des échanges internationaux de vin. L'UFLIO, de par ses adhérents, représente le plus gros employeur d'œnologues et le plus important financeur de la recherche privée dans le domaine œnologique en partenariat étroit avec les centres de recherches français.

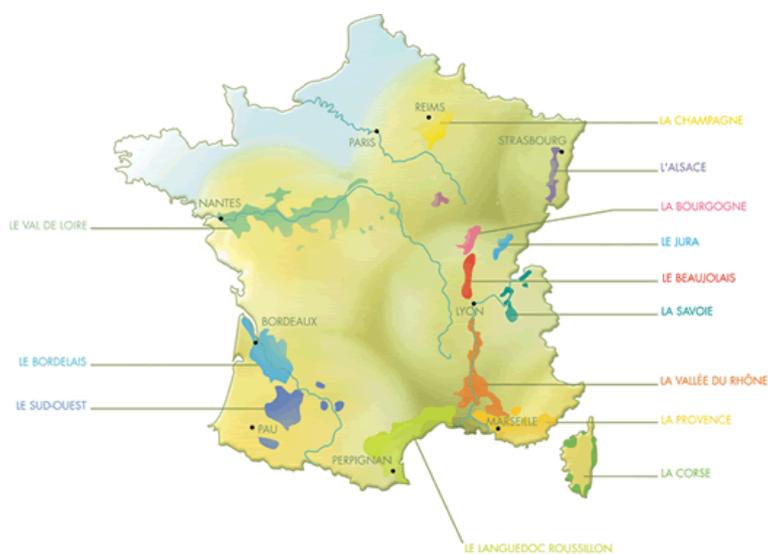
- **Organisations relatives aux distilleries**

Deux types de distilleries existent en France, les distilleries coopératives et les distilleries indépendantes, représentées par deux syndicats professionnels : l'Union Nationale des Distilleries Vinicoles (UNDV) et la Fédération Nationale des Coopératives de Distillerie Vinicoles (FNCDV). Elles sont toutes situées dans des régions de production de vins et recyclent les sous-produits de la filière : Languedoc-Roussillon (20), Provence Alpes Côte d'Azur (6), région bordelaise (6), dans le Sud Ouest (3), Beaujolais (2), Bourgogne (1), Alsace (1), Champagne (1), Côtes du Rhône (1), Val de Loire (1), Charente (1).

REPARTITION GEOGRAPHIQUE

Les principales régions viticoles sont l'Alsace, le Bordelais, la Champagne, la Bourgogne, le Sud-Ouest, le Languedoc-Roussillon, la Provence, la Val-de-Loire, les Côtes-du-Rhône et le Beaujolais (cf. carte ci-contre).

À cette carte, il faut rajouter le Cognac (Charente) et l'Armagnac (Lot-et-Garonne) qui sont des régions productrices d'eaux-de-vie issues du raisin.



Carte du vignoble français

Les installations nucléaires françaises sont implantées à proximité des vignobles suivants :

Région Viticole	Installations nucléaires
Bordeaux	Le Blayais
Sud-Ouest	Golfech
Vallée du Rhône	Marcoule, Tricastin, Cruas, Saint Alban, Creys-Malville, Bugey
Alsace	Fessenheim
Champagne	Nogent, Soulaïnes
Val-de-Loire	Chinon, Civaux, Saint-Laurent-des-Eaux, Dampierre, Belleville-sur-Loire

GENERALITES SUR LA CONDUITE DE LA VIGNE EN FRANCE

LES STADES PHENOLOGIQUES

A la fin de l'automne, après la chute des feuilles (et seulement après pour permettre à la vigne de constituer des réserves pour l'hiver), le vigneron taille les ceps. Un homme seul taille de 10 à 15 hectares durant les 4 mois d'hiver. Cette saison est aussi propice au travail et à la fertilisation de la terre.

Dès le mois de mars, le système racinaire se réveille, de la sève s'échappe du bois taillé : la vigne pleure. Les bourgeons débourrent en avril, la végétation apparaît progressivement. Il faut alors la protéger contre les maladies et les parasites, et ce jusqu'à la récolte.

La floraison intervient au début du mois de juin dans les zones précoces. On peut alors "écimer" le feuillage pour faciliter le passage des engins de culture et améliorer l'ensoleillement des grappes. Les grains grossissent (c'est la nouaison) puis perdent leur couleur verte à la fin juillet pour se colorer de rouge ou de jaune or (c'est la véraison). Entre la fin du mois d'août et mi-septembre, en fonction des régions, on procède aux contrôles de maturité qui permettent de fixer la date optimale pour débiter les vendanges.

Période	Stade	Définition
Mars-avril	Débourrement	Apparition des bourgeons
Avril-mai	Feuillaison	Apparition des feuilles
Mai-juin	Floraison	Apparition des fleurs
Juin-juillet	Nouaison	Fructification (chaque fleur fécondée donne un grain de raisin)
Août	Véraison	Changement de couleur des baies
Août-octobre	Maturation	Maturation des baies

NB : ces dates sont données à titre indicatif et varient fortement en fonction des régions, des conditions climatiques et des cépages.



LES OPERATIONS CULTURALES

- Calendrier des travaux de la vigne**

Le tableau ci-après reprend le calendrier des travaux viticoles réalisés annuellement. Les différents travaux sont détaillés par la suite.

	Repos végétatif			Période végétative								Chûte des feuilles	
	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
taille													
arcure et liage													
plantation des jeunes vignes													
épamprage													
palissage, rognage et effeuillage													
entretien du sol													
protection phytosanitaire													
maturation													
vendange													

- **Description des principaux travaux de la vigne**

- **la taille** : lors du repos végétatif de décembre à mars, le viticulteur laisse sur chaque cep un, voire deux sarments de longueur variable. C'est le travail le plus long de l'année. Durant cette période, les viticulteurs amendent les sols avec du fumier ou de l'engrais.
- **l'arcure et le liage** : chaque brin de taille est fixé sur le fil lieur.
- **les plantations des jeunes vignes** : la plantation est manuelle ou mécanique. Les plants utilisés sont des greffés soudés. Cette opération « associe » le porte-greffe qui sera mis en terre et le greffon qui donnera la variété du raisin.
- **l'épamprage** : cette opération consiste à éliminer les rameaux issus du tronc et donc non fructifères.
- **le palissage, le rognage et l'effeuillage** : le palissage consiste à positionner les rameaux vers le haut, en les maintenant entre deux paires de fils. Le palissage, le rognage et l'effeuillage sont de plus en plus réalisés à l'aide de machines, contrairement à l'effeuillage, réalisé à la main, qui consiste à éliminer les feuilles situées à proximité des grappes.
- **l'entretien du sol** : l'enherbement naturel maîtrisé (E.N.M) est une technique qui se généralise. Elle consiste à laisser s'implanter la flore naturelle du sol et à la maîtriser par des désherbants foliaires ou par broyage, lorsque la végétation atteint environ 20 cm.
- **la protection phytosanitaire** : elle vise à maintenir le potentiel de production de la plante au maximum en luttant contre les maladies et les parasites par des traitements phytopharmaceutiques ou d'autres méthodes.
- **la maturation** : elle débute au cours du mois d'août et s'étale sur une période d'environ 45 jours. La peau des raisins change de couleur ; le taux de sucre augmente considérablement et l'acidité diminue. Les viticulteurs désépaississent parfois le feuillage de la vigne.
- **les vendanges** : elles débutent lors de l'arrivée à maturité des raisins, généralement 100 jours après le stade de mi-floraison. Elles sont mécaniques ou manuelles. Le transport de la vendange de la vigne au chai se fait soit dans des bacs, soit dans des bennes à vendanges.



vendange manuelle



vendange mécanique



GENERALITES SUR LA VINIFICATION ET LA DISTILLATION

VINIFICATION EN BLANC

Les vins blancs sont élaborés à partir de raisins blancs ou rouges foulés¹ puis pressés. Après un débourbage² par le froid et l'introduction de levures sélectionnées, la fermentation alcoolique démarre. La température est maintenue entre 16°C et 18°C afin de préserver le maximum d'arômes. La fermentation malolactique n'est pas recherchée, favorisant ainsi la fraîcheur des vins blancs. Après soutirage³ et filtration, le vin est mis en bouteilles. Le vin blanc peut également être passé en barrique.

Diagramme d'élaboration des vins blancs, précisant l'apparition des sous-produits

VINIFICATION EN ROUGE

Les vins rouges sont vinifiés à partir de raisins rouges. Les raisins sont foulés, égrappés⁴ dans la majorité des cas puis mis en cuve. La fermentation alcoolique, souvent due à l'introduction de levures sélectionnées, est effectuée à une température comprise entre 25°C et 30°C afin d'extraire les arômes et d'obtenir une bonne structure. Le temps de cuvaison varie de 3 à 15 jours, selon que l'on recherche un vin léger ou un vin de garde. On écoule le jus de la cuve, puis on presse les parties solides. Ce jus de presse est réincorporé ou non, en fonction du type de vin désiré. La fermentation malolactique, réalisée par des bactéries lactiques débute généralement spontanément.

A l'issue de la fermentation malo-lactique, le viticulteur peut s'il le souhaite assembler différentes cuves de vin.

L'élevage a lieu soit en cuve pour les vins fruités consommés rapidement dans leur jeunesse, soit au contact du bois pour accentuer la palette d'arômes et faciliter le vieillissement ultérieur en bouteille. Cette phase permet aussi de clarifier le vin et d'éliminer les dépôts et les lies.

En fin d'élevage, le vin est embouteillé, après une éventuelle filtration.

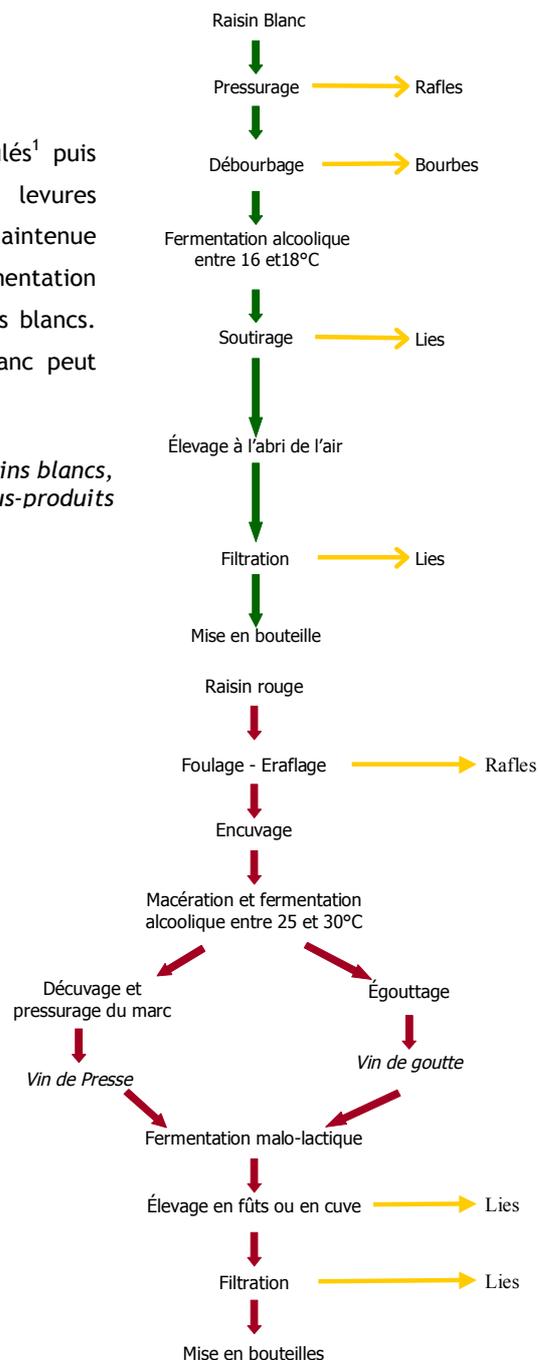


Diagramme d'élaboration des vins rouges, précisant l'apparition des sous-produits

Élevage en fûts



Elevage en cuve



¹ Le foulage a pour objet d'ouvrir les grains de raisins afin de faciliter la fermentation et surtout la diffusion des principes colorants contenus dans la peau.

² Le débourbage consiste à séparer les bourbes (débris végétaux...) des moûts blancs avant la fermentation.

³ Le soutirage permet de séparer le vin clair de ses lies ; cette opération peut également oxygéner les vins

⁴ L'égrappage permet de séparer les grains de raisins de la rafle, qui apporterait des notes gustatives herbacées et des tanins excessivement après

VINIFICATION EN ROSE

Les vins rosés sont vinifiés à partir de raisins rouges à chair blanche. Les raisins sont foulés puis macèrent de 4 à 24 heures. Plusieurs techniques permettent l'élaboration des vins rosés.

- Saignée traditionnelle : les cépages reçus à la cave sont mis en cuve après un léger foulage pour entamer un début de coloration des moûts. Après quelques heures, le vinificateur procède à un soutirage par le bas de la cuve. Ce jus de "goutte" est envoyé dans une autre cuve dans laquelle est ajouté le jus issu d'un léger pressurage des raisins restés dans la cuve de réception. A partir de ce stade, on agit comme pour une fermentation en blanc, à basse température.
- Pressurage direct : lorsque l'on cherche à obtenir des rosés très pâles, on procède à un pressurage direct des cépages sélectionnés. Le moût ainsi obtenu est vinifié comme pour un vin blanc.
- Macération à froid : le jus est maintenu dans une cuve pendant 4 à 5 jours à une température comprise entre 5°C et 8°C en vue d'extraire des arômes de fruits supplémentaires. La fin des opérations de vinification est identique aux cas précédents, avec blocage de la fermentation malolactique dans la plupart des cas. Après cette première étape, la fermentation alcoolique a lieu à une température comprise entre 18 et 22°C, pour conserver le maximum d'arômes. La fermentation malolactique suit naturellement ou après l'ajout de bactéries lactiques. Ensuite, l'élevage a lieu le plus souvent en cuve afin de conserver au jeune vin tout son fruité. Cette phase permet aussi de clarifier le vin, d'éliminer les dépôts et les lies. En fin d'élevage, le vin est embouteillé après une éventuelle filtration.

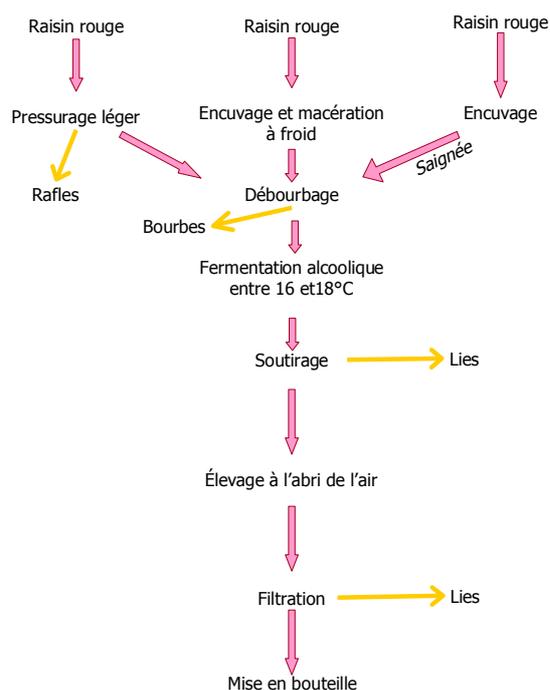


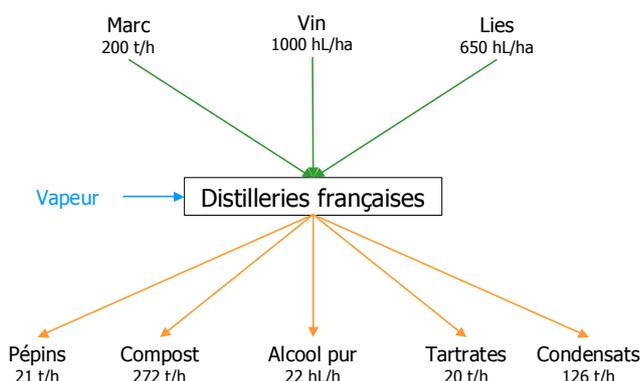
Diagramme d'élaboration des vins roses, précisant l'apparition des sous-produits

LES DISTILLERIES VINICOLES EN FRANCE

Les distilleries vinicoles françaises traitent les sous-produits de la filière. Il est possible de considérer l'ensemble des distilleries vinicoles comme une seule entreprise traitant les quantités horaires précisées sur le schéma ci-après. D'une manière générale, on considère qu'une tonne de produit (marc, lie, vin) permet aux distilleries de produire approximativement 0,5 tonne de compost, 0,6 tonne de condensats et 0,1 tonne de pépins.

L'alcool pur produit par les distilleries est ensuite transformé en alcool brut, en brandy ou en carburant. En outre, les distilleries proposent selon leurs équipements les produits suivants : acide tartrique, polyphénols, anthocyanes, huile de pépin de raisin, colorants alimentaires, ingrédients pour la nutrition animale.

Les déchets liés à l'activité des distilleries sont soit sous forme solide (permettant la fabrication de compost ou la production d'énergie), soit sous forme liquide (dans ce cas le liquide clair est traité en lagune de sédimentation, le liquide concentré est alors valorisé sous forme de compost).



Flux des sous-produits traités par les distilleries françaises (Source : UNGDA)

Eléments sur la filière des ruminants

QUELQUES ELEMENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA FILIERE

QUELQUES REPERES DANS LES FILIERES BOVINE, OVINE ET CAPRINE

Au 1^{er} janvier 2011, la France compte :

- 3 641 milliers de têtes de vaches laitières. La production de lait de vache s'élevé à 22 728 millions de litres ;
- 4 173 milliers de têtes de vaches allaitantes ;
- 3 904 milliers de têtes de brebis allaitantes. La taille moyenne des troupeaux ovins allaitants est de 80 brebis, mais dans les grandes régions de production Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes, Auvergne et Limousin, elle est supérieure à 100 têtes. Avec 290 brebis par élevage, c'est en région PACA que les structures sont les plus importantes. En viande ovine, la France ne produit que 53% de ce qu'elle consomme ;
- 1 827 milliers de têtes de brebis laitières. La collecte de lait s'élevé à 253 millions de litres. La taille moyenne des troupeaux de brebis laitières est de l'ordre de 296 brebis dans le rayon de Roquefort et de 241 brebis par élevage dans le bassin des Pyrénées-Atlantiques ;
- 1 252 milliers de têtes de caprins. La production de lait de chèvre s'élevé à 548 millions de litres. La taille des élevages peut varier de 50 à 200 chèvres selon la zone de production. Les principales régions caprines sont Poitou-Charentes, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes, Centre et Pays-de-la-Loire.

FILIERE LAITIERE

L'industrie laitière est composée pour moitié de coopératives et pour moitié de laiteries privées qui comprennent de grosses unités de transformation à caractère régional, des installations moyennes à vocation locale et des entreprises artisanales (fromagerie). Une grande hétérogénéité existe dans l'étendue de la collecte et dans les transformations effectuées. Le lait est ramassé chez les producteurs tous les deux jours par le laitier dans des camions-citernes de 15 000 à 25 000 litres. Lors d'une tournée, le laitier ramasse le lait d'environ 10 fermes. Le laitier prélève un échantillon dans chacun des tanks des producteurs lors du ramassage (pour assurer la traçabilité). Une fois arrivé à l'usine, le lait de mélange de chaque citerne est analysé avant d'être envoyé à la transformation.

Le Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL) regroupe les acteurs de la filière laitière à savoir : les producteurs de lait (à travers la Fédération Nationale des Producteurs de Lait (FNPL)), les coopératives laitières (à travers la Fédération Nationale des Coopératives Laitières (FNCL)) et les industries laitières (à travers la Fédération Nationale des Industries Laitières (FNIL)).

On observe une forte concentration des exploitations laitières dans l'ouest de la France. Les régions Bretagne, Pays-de-la-Loire, Basse-Normandie rassemblent 45% des livraisons. Les brebis laitières sont essentiellement localisées autour de la zone de Roquefort. Les chèvres laitières sont situées surtout en Poitou-Charentes et le sud-est.

FILIERE VIANDE

Les produits issus des élevages producteurs de viande et mis sur le marché relèvent de plusieurs catégories qui présentent des contraintes de production et de commercialisation très différentes :

- les animaux maigres :
 - veaux dits « broutards », mâles ou femelles, élevés sous la mère jusqu'à leur sevrage à l'âge de 6 à 9 mois ;
 - génisses maigres, vendues à un âge compris le plus souvent entre 12 et 24 mois ;
 - vaches adultes, vendues à l'issue de leur carrière de reproductrice ; c'est un produit « indirect » de l'activité, mais dont la valeur économique est généralement importante.

- les animaux dits « de boucherie » :
 - les veaux de boucherie : animaux âgés d'environ 5 mois, non sevrés dont l'alimentation est essentiellement composée d'aliments à base de produits laitiers et d'une ration complémentaire à base de céréales. Ils sont issus du cheptel laitier et conduits en bandes, après séparation de leur mère, dans des bâtiments réservés à cet usage. Pour une faible part, les veaux de boucherie sont issus du cheptel allaitant. Ils sont alors élevés « sous la mère » jusqu'à l'âge d'abattage.
 - les gros bovins de boucherie, qui comprennent :
 - les jeunes bovins mâles : après leur sevrage, ils sont élevés à l'auge de manière intensive avec du maïs ensilé et des céréales, et vendus vers l'âge de 18 mois à un poids de l'ordre de 650 à 750 kg vif (380 à 450 kg de carcasse) ;
 - les génisses de boucherie : très majoritairement issues du cheptel allaitant, elles sont élevées durant 2 à 3 ans avec des phases de pâturage et des périodes d'alimentation à l'auge ;
 - les vaches grasses : vaches laitières de réforme engraisées au pâturage ou à l'auge durant 3 mois environ.

La combinaison des types de produits et de leurs origines conduit à distinguer différents systèmes de production :

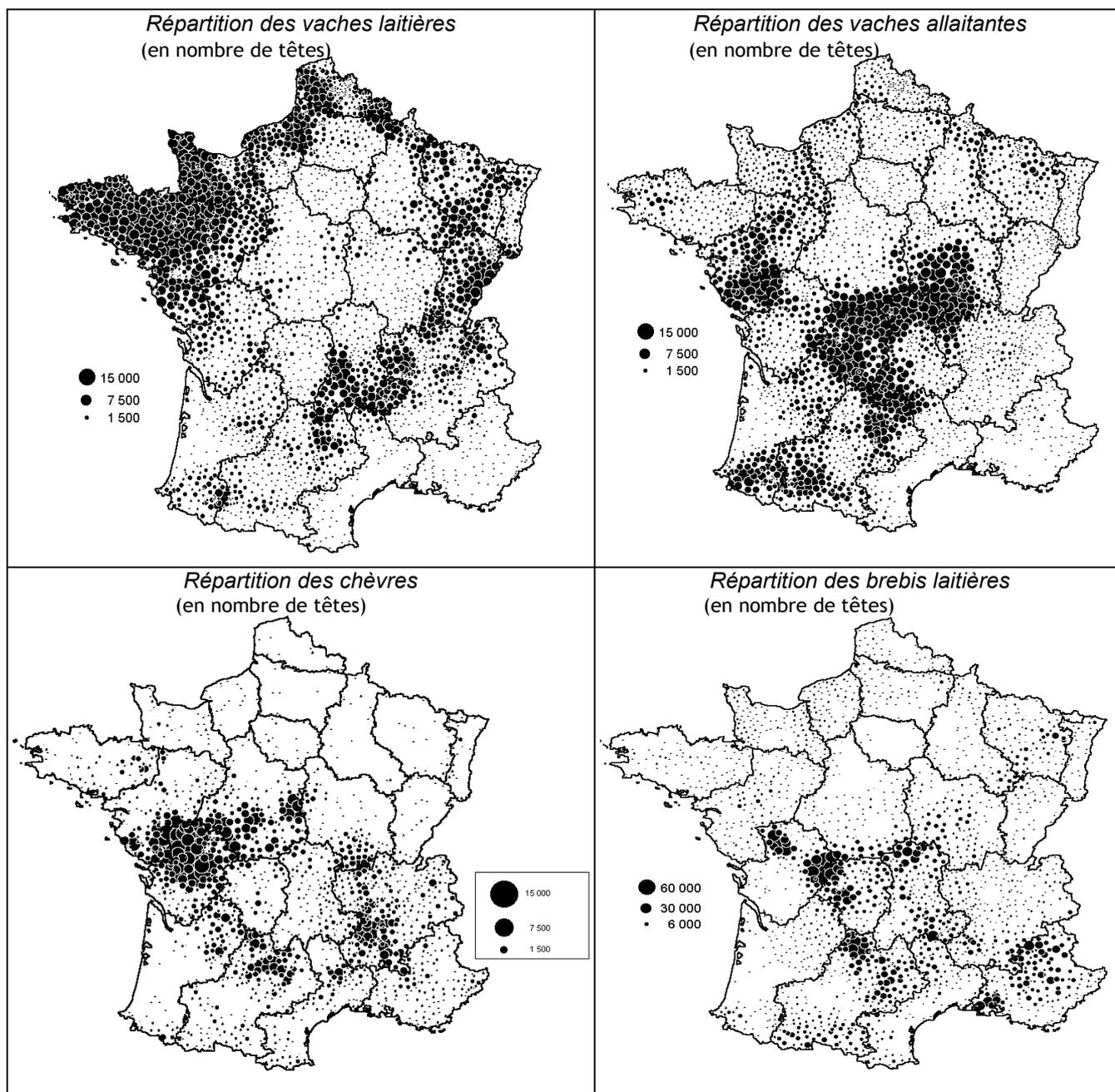
- les « naisseurs producteurs de maigre » : ils sont surtout implantés dans les zones herbagères et les zones de montagne humide, ainsi que dans le sud-ouest. Leurs produits sont commercialisés vivants auprès des groupements de producteurs et de négociants pour être engraisés dans d'autres structures de production souvent éloignées de leur lieu d'origine. Pour l'essentiel, les broutards sont exportés vers l'Italie, et les génisses maigres vers l'Espagne ; une partie nettement plus faible est destinée aux engraisseurs français (voir ci-après). Le circuit de commercialisation des vaches de réforme est plus diffus sur l'ensemble du territoire national ; une forte proportion néanmoins est vendue dans l'ouest de la France.
- les « naisseurs-engrailleurs » : ils combinent « naissance » et engraissement de leurs produits. Ils sont implantés dans les zones mixtes de cultures et de productions fourragères, localisées dans un croissant ouest-nord-est de la France. Leurs produits sont vendus directement ou par le biais d'un négociant aux entreprises d'abattage.
- les « engraisseurs spécialisés » : ils ne détiennent pas de vache, et leur activité repose totalement sur l'achat d'animaux maigres auprès de négociants privés ou de groupements de producteurs. Ils sont implantés dans les zones propices à la production de céréales ou d'ensilage de maïs (principalement à la périphérie nord et est du bassin parisien).
- Les producteurs de veaux de boucherie : leur activité est conduite en « hors sol » dans des bâtiments réservés à cet usage, indépendamment des autres productions de l'exploitation. La production fait le plus souvent l'objet de contrats avec des firmes qui fournissent les animaux (veaux de 8 à 15 jours issus d'élevages laitiers) et l'aliment d'allaitement. Les élevages comptent quelques centaines de places (en moyenne 200 par exploitation) et sont concentrés dans le Grand Ouest et centre sud-ouest.
- les producteurs de veaux sous la mère : au contraire des précédents, ils produisent pour la boucherie des veaux nés du cheptel allaitant présent sur l'exploitation. Ils sont localisés exclusivement dans le sud-ouest.

Ces systèmes représentent l'essentiel de la production. Cependant des variantes (naisseurs-engrailleurs de bœufs) ou bien des combinaisons plus complexes associant la production de viande à la production laitière ou bien à la production ovine existent aussi.

Dans tous les systèmes qui comportent des vaches allaitantes, la base de l'alimentation est constituée par l'herbe pâturée ou conservée. Les prairies permanentes ou temporaires constituent donc une part très importante (souvent supérieure à 75 %, et jusqu'à 100 %) de la surface nécessaire à ces systèmes de production.

En France environ 40 % de la viande bovine consommée provient du cheptel laitier contre 60 % du cheptel allaitant.

REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES ELEVAGES D'HERBIVORES EN FRANCE



source: © Agreste – Recensements agricoles 1988 et 2000, traitement et cartographie: Institut de l'Elevage

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉLEVAGE D'HERBIVORES

En France, en excluant les zones de grandes cultures et celles de cultures pérennes où l'élevage a disparu, on peut distinguer de façon simplifiée cinq grandes zones d'élevage des herbivores. La diversité des conditions de production est très grande au sein d'une même zone, mais il est cependant possible de préciser les principales caractéristiques et contraintes pédoclimatiques, et les conséquences que cela entraîne en termes d'alimentation (parts d'herbe et de cultures) et d'intensification (chargement¹) pour chacune des zones.

ZONE DE TYPE 1 : CULTURES + ELEVAGE

Les zones concernées sont le pourtour du Bassin Parisien, le Poitou-Charentes, le Sud-Ouest, la Bourgogne, la Lorraine, la plaine d'Alsace et la région Rhône-Alpes.

- **Pour le lait**

On y trouve de grandes exploitations, avec un chargement faible (moins de 1 UGB²/ha SAU³) et un nombre moyen d'animaux par exploitation de 52 vaches laitières.

La ration alimentaire est composée en général de peu de pâturage et d'une majorité de maïs ensilé.

A titre d'exemple, le tableau ci-dessous détaille une ration alimentaire moyenne d'une vache laitière par jour et son évolution au cours de l'année.

Ration en kg de Matière Sèche par jour	Printemps	Eté	Automne	Hiver
Maïs ensilé	4,0	8,0	12,0	12,0
Herbe ensilée et fanée	-	-	3,0	3,0
Concentré	2,0	3,0	4,0	4,0
Tourteaux de soja		1,5	3,0	3,0
Herbe pâturée (en ares) de prairie	20	20		

Les stocks de fourrages sur l'exploitation sont en moyenne les suivants :

- maïs ensilé : 3,3 t MS/UGB ;
- ensilage d'herbe et foin : 1,1 t MS/UGB ;
- concentrés : 1750 kg par vache laitière.

Les stocks évoluent au cours de l'année en fonction des récoltes :

- pour l'ensilage d'herbe : récolte entre mi-avril et fin mai (selon les 1^{ère} à 2^{ème} coupes) et utilisation de septembre à mars ;
- pour les foin : récolte entre début juin et mi-août (selon les 1^{ère} à 3^{ème} coupes) et utilisation de juillet à mars ;
- pour l'ensilage de maïs : récolte en septembre (de fin août à début octobre, selon les régions) et utilisation de septembre à août.

Les types de bâtiments utilisés sont des étables semi-ouvertes et fermées.

- **Pour la viande**

L'élevage allaitant est une activité réalisée en complément de la production végétale. Il occupe les zones non labourables (pentes et terres lourdes non drainées) des exploitations. Les troupeaux sont de dimensions modestes à moyennes, de l'ordre de 30 à 50 vaches le plus souvent. Le chargement est peu élevé. Dans les zones où la proximité géographique le permet, les sous-produits de la transformation des cultures industrielles (pulpes de betteraves, triages de pommes de terre...) sont régulièrement introduits dans l'alimentation.

¹ Nombre d'animaux sur une surface donnée

² Unité Gros Bétaux : unité servant pour le calcul des besoins alimentaires des animaux d'élevage

³ Surface Agricole Utile : concept destiné à évaluer le territoire consacré à la production agricole

ZONE DE TYPE 2 : CULTURES FOURRAGERES

Les zones concernées sont la Bretagne, les Pays-de-la-Loire, les Deux-Sèvres à dominante laitière et les zones de Piémonts à dominante viande.

- **Pour le lait**

Il s'agit de petites exploitations avec des chargements élevés (1,5 à 2 UGB/ha de SAU). Les sols sont en général légers et facilement labourables. Le nombre moyen d'animaux par exploitation est de 40 vaches laitières. La ration moyenne se compose de beaucoup de maïs-fourrage⁴ et d'herbe de prairies temporaires.

- **Pour la viande**

Comme dans le cas du lait, l'élevage allaitant, traditionnel ou d'implantation récente du fait du recul du cheptel laitier, est fondé sur des systèmes de productions fourragères intensives. Le chargement est élevé (1,5 à 2,0 UGB/ha). Les troupeaux sont de taille modeste ou moyenne. Excepté dans les zones de Piémont, il s'agit surtout de systèmes « naisseurs-engraisseurs ».

ZONE DE TYPE 3 : REGIONS HERBAGERES

Les zones concernées sont le nord, le nord-ouest, le nord-est à dominante laitière et le nord du Massif Central à dominante viande. L'alimentation des animaux est basée essentiellement sur l'exploitation de prairies permanentes. Le maïs est peu utilisé. Les sols sont argileux ou limoneux, lourds, hydromorphes et donc difficiles à travailler.

- **Pour le lait**

Le chargement est peu élevé (entre 1 et 1,5 UGB/ha SAU). Les types de bâtiments utilisés sont des étables semi-ouvertes et fermées.

- **Pour la viande**

Les systèmes « naisseurs » sont de loin les plus répandus dans ces zones. L'exploitation de l'herbe est peu intensive, et une grande part de l'alimentation des animaux provient du pâturage. L'alimentation des animaux en bâtiment est réduite à 4 ou 5 mois d'hivernage. Le chargement est peu élevé (1,0 à 1,5 UGB/ha). Les troupeaux sont de grandes dimensions, fréquemment de l'ordre de 80 à 100 vaches dans les structures familiales classiques.

ZONE DE TYPE 4 : SURFACES PASTORALES

Les zones concernées sont les Causse (sud-ouest et sud du Massif Central), les Préalpes, les Pyrénées orientales et la Corse. Les sols sont très superficiels. Le maïs n'y est pas cultivé. L'alimentation des animaux est basée sur l'utilisation des parcours⁵ d'herbe composés de zones boisées, de pelouses et de landes. On y trouve en majorité des élevages ovins viandes et des caprins. La ration se compose essentiellement d'herbe de pâturage.

ZONE DE TYPE 5 : MONTAGNES HUMIDES

Les zones concernées sont la Franche Comté, les Vosges, la région Rhône-Alpes à dominante laitière et l'Auvergne, le Massif Central à mixité lait-viande.

- **Pour le lait**

La ration se compose d'herbe pâturée ou fauchée. Le nombre moyen d'animaux par exploitation est de 37 vaches laitières. A titre d'exemple le tableau ci-dessous détaille la ration moyenne d'une vache laitière par jour et son évolution au cours de l'année.

⁴ maïs récolté avant l'arrivée à maturité des grains, dont on conserve la plante entière ou seulement l'épi sous forme d'ensilage, et qu'on utilise pour l'alimentation animale.

⁵ surface herbagère dont l'état d'entretien (nombreux épineux...) ne permet pas de classer en pâturage naturel, mais qui peut servir à la pâture des animaux

Ration en kg de Matière Sèche par jour	Printemps	Eté	Automne	Hiver
Herbe fanée (foins et regains)	-	-	13	12
Concentré	3,5	2,0	5,0	6,0
Herbe pâturée en ares de prairie	25	45	60	-

Les stocks de fourrage sur l'exploitation évoluent au cours de l'année :

- foin (1^{ère} coupe) et regains (2^{ème} et n^{ème} coupes) : 3 t MS/UGB après la récolte. La récolte est faite entre début juin et fin août (selon les 1^{ère} à 3^{ème} coupes) et l'utilisation de septembre à mai.
- concentrés : 1525 kg/VL toute l'année.

Traditionnellement le type de bâtiment utilisé est l'étable fermée, mais les installations récentes sont de plus en plus souvent des stabulations libres (pour le lait et la viande).

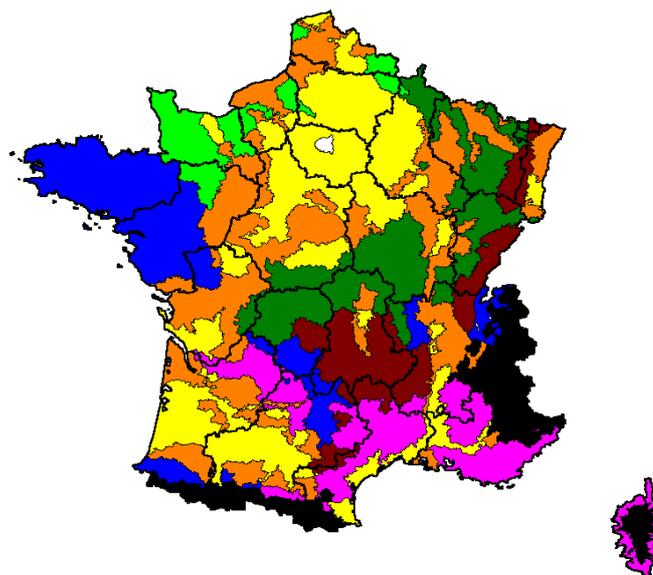
- Pour la viande**

Les systèmes « naisseurs » sont également très répandus dans les zones de type 5. Ils s'appuient sur l'exploitation de races rustiques (Aubrac, Salers, Gasconne). Une particularité de la conduite de ces troupeaux est d'associer l'exploitation intensive de surfaces situées à proximité des bâtiments, et le pâturage extensif de parcours de moyenne montagne (estives) pouvant être très éloignés du siège de l'exploitation.

Synthèse : caractéristiques des grandes zones d'élevage des herbivores et zonage

	Taille exploitation ha SAU	Type d'élevage	UGB/ha SAU	% maïs/ha SAU	% PP ⁶ /ha SAU	Sols dominants	% Cheptel
Grandes cultures		-					0%
Cultures + élevage	70-100	Bovins viande et lait	< 1	4%	24%	sols calcaires	20%
Cultures fourragère	25-40	Bovins lait et viande	1,5 à 2	15 à 50%	40%	sols légers	30%
Régions herbagères du nord-ouest	40-50 ou 70-100	Bovins lait et viande + ovins	1 à 1,5	0 à 10%	63%	sols lourds hydromorphes	15%
Régions herbagères du Centre et de l'Est	40-50	Bovins lait et viande	1 à 1,5	0 à 10%	63%	sols lourds hydromorphes	15%
Surfaces pastorales	30-40 + parcours	Ovins + caprins	<1	2%	57%	sols karstiques	3%
Montagnes humides	20-50 + estives	Bovins lait et viande + ovins	<1	1%	>80%	fortes pentes	12%
Haute montagne	20-50 + estives	Bovins lait et viande + ovins	<1	1%	>80%	fortes pentes	5%

⁶ Prairies permanentes



Typologie d'exploitation et zonage, Institut de l'Elevage

AUTRES CRITERES TECHNIQUES LIES A L'ÉLEVAGE D'HERBIVORES

Les éléments figurant dans le tableau ci-dessous peuvent permettre d'aider à la décision en cas de crise nucléaire, notamment pour raisonner les flux associés aux élevages de ruminants.

Poids vif moyen	<p>Vache allaitante : 740 kg Vache laitière : 650 kg Brebis : 80 kg Agneau : 34 kg Chèvre : 60 kg</p>
-----------------	---

Effluents d'élevage et déjections produites :

Les principaux modes de logements	Elevage laitier (en % de place)	Elevage allaitant (en % de place)
litière accumulée (→ fumier)	51 %	47 %
entravée (→ fumier)	22 %	37 %
logette (→ lisier ou fumier)	23 %	1 %
pente paillée (→ fumier)	3 %	2 %
caillebottis intégral (→ lisier)	0 %	0 %
plein air (→ restitution au pâturage uniquement)	1 %	12 %
Quantité de paille utilisée	2 (logette) à 6 (lit. accu.) kg de paille par vache et par mois	4 (logette) à 9 (lit. accu.) de paille par vache et par mois
Quantité d'effluents	<ul style="list-style-type: none"> max. 1 m³ fumier par vache et par mois en bâtiment 1,3m³ lisier par vache et par mois 	

Eléments sur la filière porcine

QUELQUES ELEMENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA FILIERE

La production de porc est assurée par plus de 15 000 sites de production et environ 220 abattoirs et ateliers de découpe situés majoritairement en Bretagne. Le porc est la première viande consommée par les ménages français avec environ 34 kg équivalent carcasse¹/habitant/an (IFIP, 2011).

Le premier maillon de la filière est constitué des élevages au sein desquels les porcs charcutiers naissent et sont engraisés. Les porcs partent ensuite à l'abattoir puis les carcasses sont transférées dans des ateliers de découpe. Une partie des viandes est vendue à l'état frais mais la majorité des pièces de découpe sont livrées à des ateliers de transformation pour faire des produits de charcuterie et de salaison.

Les producteurs de porcs peuvent être divisés en cinq catégories :

- les « naisseurs » : les porcelets naissent sur un site et sont vendus à 8 kg après sevrage aux « post-sevreurs » ;
- les « post-sevreurs » : les porcelets sont pris en charge et nourris avec des aliments de « post-sevrage », puis vendus à un poids compris entre 25 kg et 30 kg aux engraisseurs ;
- les « engraisseurs » : les porcs charcutiers sont engraisés et vendus aux environs de 110 kg aux abattoirs ;
- les « naisseurs -engraisés » : les porcelets naissent et restent sur la même exploitation jusqu'à leur départ pour l'abattoir ;
- les « post-sevreurs-engraisés » : les porcs restent sur le même site après le « post-sevrage ».

70 % des cheptels relèvent de « naisseurs-engraisés ».

Les signes officiels de qualité et d'origine (label rouge [1 %], certification de conformité [26 %], mode de production biologique [0,1 %]) représentent le tiers de la production porcine nationale. Dans la grande majorité des cas, les porcs sont produits de façon « standard » (74 % de la production nationale), selon le cahier des charges « Viande de Porc Française ».

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉLEVAGE PORCIN

La plupart des élevages porcins comportent une activité de « naisseur » (obtention de porcelets à partir d'un troupeau de truies) ou une activité d'engraissement (production de porcs destinés à la production de viande). La majorité des élevages cumule ces activités (*naisseur-engraisseur*) mais certains élevages sont spécialisés (*naisseur* ou *engraisseur*).

Les activités d'élevage se font majoritairement dans des bâtiments spécialisés avec des ventilateurs pour l'aération.

Cependant, les activités de « naisseur » ou d'engraissement sont parfois réalisées à l'extérieur (élevage en plein-air). Il s'agit, dans ce cas, d'élevages de petite taille.

Dans les bâtiments, les porcs peuvent être élevés sur de la paille ou sur un sol ajouré (majorité des cas). Le type de sol conditionne le type d'effluents produit : fumier pour l'élevage sur paille, lisier pour l'élevage sur sol ajouré.

L'alimentation, composée essentiellement de matières premières végétales (céréales, protéagineux), de minéraux... est soit fournie par une usine spécialisée, soit fabriquée sur l'exploitation (1/3 des exploitations) à partir de matières premières produites sur l'exploitation ou achetées à l'extérieur.

La production porcine (conduite par lot²) résulte d'un cycle de production planifié dans le temps (insémination des truies, naisseur, allaitement, sevrage, engraissement) qui ne laisse pas place à un allongement exceptionnel de l'une des phases.

¹ unité employée pour pouvoir agréger des données en poids concernant des animaux vivants et des viandes sous toutes leurs présentations : carcasses, morceaux désossés ou non, viandes séchées, etc.

² un lot de porcs est constitué d'animaux au même stade physiologique

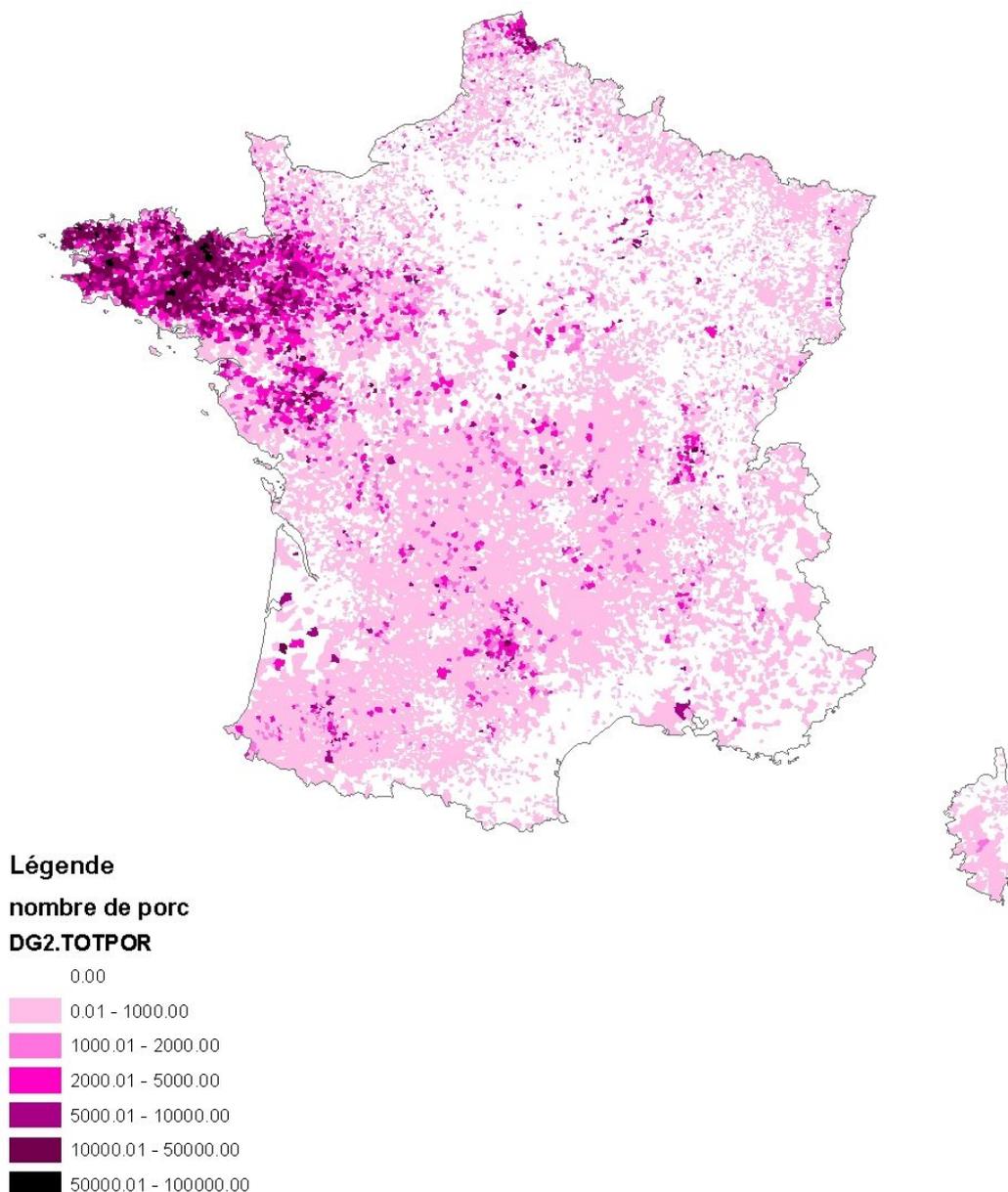
L'élevage de porcs est étroitement lié à une filière organisée (groupements de producteurs, fabricants d'aliments, abattoirs) et regroupé dans des bassins de production denses.

L'alimentation nécessaire à l'élevage n'est pas forcément produite par l'exploitation. La plupart des éleveurs s'approvisionnent auprès de coopératives qui achètent les matières premières (céréales, etc.) d'origines diverses. Certains éleveurs (30 %) disposent d'installations leur permettant de fabriquer eux-mêmes l'alimentation pour l'élevage. Cependant, tout comme les usines spécialisées, ils peuvent acheter les matières premières nécessaires à la fabrication de l'alimentation hors de l'exploitation.

Seuls les élevages biologiques sont contraints de produire (une partie de) l'alimentation des porcs sur l'exploitation. En cas d'accident affectant une installation nucléaire, ce mode de conduite des élevages pourrait être remis en cause du fait de la contamination des parcelles agricoles au moment du renouvellement des stocks d'aliments (c'est-à-dire à la récolte). Toutefois, ce mode de production reste mineur dans la filière porcine.

REPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES ÉLEVAGES DE PORCS EN FRANCE

Répartition du cheptel porcin français par commune



Sources : IFIP, d'après SCEES

QUELQUES CRITERES TECHNIQUES LIES A L'ÉLEVAGE PORCIN

Les éléments figurant dans le tableau ci-dessous peuvent permettre d'aider à la décision en cas d'accident affectant une installation nucléaire, notamment pour raisonner les flux associés aux élevages porcins.

Nombre de porcs produits par an	24 millions de porcs
Nombre d'élevage	12.000
Taille d'un élevage spécialisé	250 truies, soit 6 250 porcs produits par an
Poids moyen de carcasse	91 kg
Age des porcs abattus	190 jours (environ 6 mois)
Elevage sur caillebottis (→ lisier)	90 % des élevages
Elevage sur litière accumulée (→ fumier)	10 % des élevages
Indice de consommation d'un porc	3 kg d'aliments pour un kg de porc produit
Quantité de paille nécessaire pour produire un porc	<ul style="list-style-type: none">• pour un élevage sur litière accumulée : 80 kg de paille par porc• pour un élevage sur caillebottis : 0 kg de paille par porc
Quantité produite d'effluents	<ul style="list-style-type: none">• Lisier : 1m³ par porc produit• Fumier 500 kg par porc produit

Eléments sur la filière avicole

QUELQUES ELEMENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA FILIERE

D'après les travaux de l'Office national interprofessionnel de l'élevage et de ses produits (OFIVAL), réalisés à partir de l'enquête qualité du SCEES¹, les principaux modes d'élevage des volailles françaises sont les suivants :

- les volailles standards (environ 74 % du marché français) sont élevées au sol à l'intérieur d'un bâtiment. Certaines ont une alimentation "100% végétale" ;
- les volailles à caractéristiques certifiées (environ 8 % du marché français) sont élevées au sol à l'intérieur en système extensif. Les caractéristiques certifiées sont variables selon les cahiers des charges (alimentation, souche...) ;
- les volailles fermières Label Rouge (environ 16 % du marché français) sont élevées en plein air ou en liberté dans un territoire limité. Les cahiers des charges comportent des exigences sur l'ensemble de la filière (alimentation comportant 70 % à 80 % de céréales, élevages spécifiques de petite taille et à lumière naturelle, respect du bien-être animal, durée de vie plus longue, garanties sur le produit fini...) ;
- les volailles biologiques (de l'ordre de 1 % du marché français) sont élevées en plein air selon un mode de production biologique (alimentation biologique, respect du bien-être animal et de l'environnement, absence de traitement allopathique...) ;
- les volailles AOC (de l'ordre de 1 % du marché français) sont les volailles de Bresse. Elles se caractérisent par leur mode de production, le savoir-faire et la qualité haute de gamme des produits finis.

La filière avicole comporte une grande diversité de types d'élevages due aux multiples types d'animaux élevés :

- les élevages de volailles de chair telles que le poulet, la dinde, la pintade, le canard (dit "à rôtir"), la caille... ;
- les élevages de poules pondeuses (pour la production d'œufs de consommation) ;
- les volailles reproductrices ;
- les élevages de canards et d'oies pour la production de foie gras.

QUELQUES CHIFFRES

Avec 1 815 000 tonnes de volailles de chair produites en 2010, la France est l'un des principaux producteurs de l'Union Européenne, même si sa part dans la production européenne est en repli sensible depuis 1998.

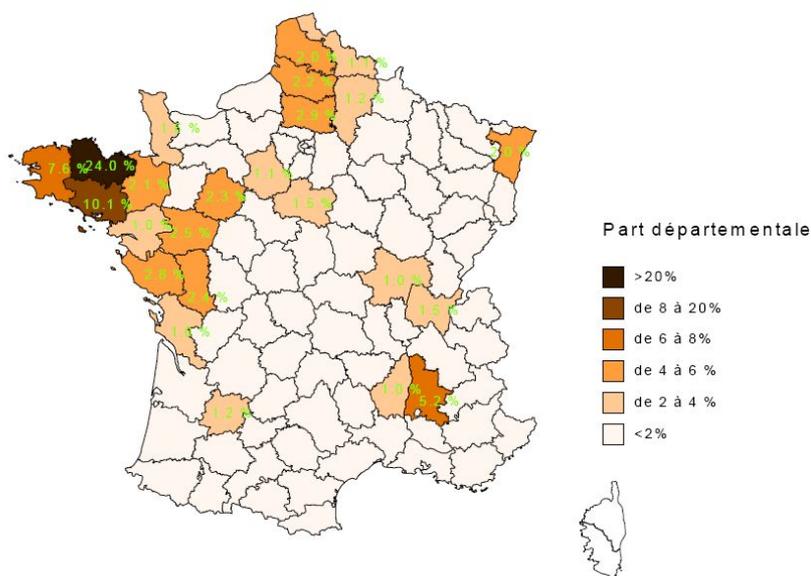
La France demeure le premier producteur européen d'œufs de consommation, avec plus de 14 milliards d'œufs produits par an. Par ailleurs, la production de foie gras est en nette progression, avec un taux de croissance de 2 % par an enregistré ces dix dernières années et 19 275 tonnes de foie gras produites en 2010.

La production de petits gibiers à plumes (faisans, perdrix grises et rouges, canards colverts) est également à prendre en compte, avec environ 20 millions d'animaux recensés.

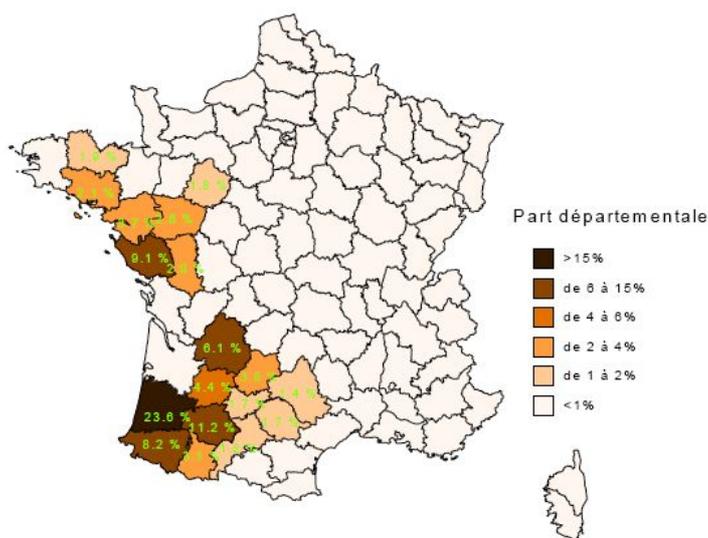
Le tableau 1 suivant résume l'évolution de la production depuis 1998.

¹ Service central des Enquêtes et Études statistiques (ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales)

Carte 2 – Répartition départementale de la capacité de production de poules pondeuses en France en 2008 (% places disponibles) - Source : élaboration ITAVI d'après AGRESTE – Enquête aviculture 2008



Carte 3 – Répartition départementale de la capacité de production de palmipèdes gras (PAG et gavés) en France en 2008 (% superficies) - Source : élaboration ITAVI d'après AGRESTE – Enquête aviculture 2008



GÉNÉRALITÉS SUR LES ÉLEVAGES DE VOLAILLES

Dans la plupart des cas, les élevages de volailles n'ont pas de lien direct avec le territoire où elles sont produites. En effet, l'alimentation nécessaire à l'élevage n'est pas forcément produite par l'exploitation ou dans la zone d'élevage. La majorité des éleveurs s'approvisionnent auprès d'usines qui achètent les matières premières (céréales, etc.) d'origines diverses. On compte assez peu d'éleveurs qui disposent d'installations leur permettant de fabriquer eux-mêmes l'alimentation pour l'élevage à partir de matières premières produites sur l'exploitation ou achetées à l'extérieur. D'après l'enquête aviculture 2008, environ 13 % des éleveurs fabriqueraient tout ou partie de l'alimentation de leurs volailles, sur au moins un de leurs sites. Seuls les éleveurs produisant sous le signe officiel de qualité « Agriculture biologique » (moins de 500 élevages dans la filière volailles de chair) sont contraints de produire (une partie de) l'alimentation de leurs volailles sur l'exploitation. En cas d'accident affectant une installation nucléaire, ce mode de conduite des élevages pourrait être remis en cause du fait de la contamination des parcelles agricoles.

Sans réellement être nourries à partir d'aliments provenant de l'extérieur des bâtiments, les volailles ayant accès à un parcours sont en contact avec l'environnement. Près de 2 bâtiments sur 3, représentant un tiers des capacités de

production de volailles de chair, possèdent un parcours extérieur. Dans ces élevages, les animaux rentrent cependant tous les soirs dans des bâtiments pour s'y alimenter et y passer la nuit. Il faut également noter que, dans ce cas, les volailles n'ont accès au parcours que pendant la seconde moitié de leur cycle de production.

Les modalités d'élevage, notamment le type de logement, varient selon l'espèce et les modalités de gestion des déjections.

- **Les volailles de chair (hors canards)**

Les bâtiments de **volailles de chair** présentaient en 2008 une surface globale de près de 13,4 millions de m². Les volailles de chair sont élevées dans des bâtiments dont la surface unitaire peut varier de 400 m² (poulets label) à 1 500 m², avec une ventilation qui peut être statique ou dynamique.

Le sol des bâtiments d'élevage des poulets, dindes, pintades et cailles est en terre battue dans la grande majorité des cas. Il est recouvert d'une litière dont la composition est variable (paille de blé, copeaux...). En fin de bande, le fumier est entièrement évacué du bâtiment et éventuellement stocké avant épandage.

Les volailles élevées sous signe de qualité, les volailles label notamment, ont le plus souvent accès à un parcours extérieur, généralement à partir de 6 semaines d'âge. De ce fait, une partie des déjections sont émises sur le parcours ; la proportion peut être comprise entre 20 % et 80 % selon les espèces, les particularités d'élevage et la zone géographique.

Dans le sud-ouest de la France, les volailles sont parfois élevées dans des « cabanes mobiles » : ces petits bâtiments de 60 m² à 120 m² sont déplacés entre chaque bande. La cabane est garnie d'une litière utilisée ensuite sous forme de fumier ; dans ces conditions d'élevage, 80 % des déjections sont émises sur le parcours.

- **Les canards**

L'élevage des **canards à rôtir** est pratiqué presque exclusivement sur des caillebotis dans des bâtiments dont la surface varie entre 800 et 1 200 m² (environ 900 000 m² de bâtiments sont consacrés à cet élevage). Le sol des bâtiments d'élevage de canards à rôtir est toujours bétonné. Plusieurs modalités de gestion du lisier peuvent être rencontrées :

- stockage dans une pré-fosse sous les caillebotis pendant toute la durée de la bande ;
- écoulement gravitaire permanent du lisier vers la fosse extérieure de stockage ;
- raclage des pré-fosses avec des fréquences variables pour évacuer le lisier vers la fosse extérieure.

Par ailleurs, dans les élevages de canards, les caillebotis sont fréquemment lavés dans le bâtiment d'élevage et les grands volumes d'eau utilisés viennent diluer le lisier.

Les **canards destinés à la production de foie gras** ont un cycle de production divisé en deux phases distinctes : une phase d'élevage (canards dits « prêts à gaver » ou PAG) qui donne lieu à une production de fumier et une phase de gavage où les animaux sont en cages, avec production de lisier.

L'élevage de **canards prêts à gaver** est réalisé le plus souvent sous des abris relativement simples, parfois de simples tunnels, non bétonnés, sur une litière accumulée (essentiellement de la paille et plus rarement des copeaux ou de la sciure) donnant lieu à la production de fumier. A partir de 4 semaines d'âge et jusqu'à l'âge de la mise en gavage (vers 12 semaines), les animaux ont accès à un parcours sur lequel on considère que 60 % à 80 % de leurs déjections sont émises.

Pour le gavage, les animaux sont logés dans des cages individuelles ou collectives installées dans des bâtiments dont la ventilation est généralement dynamique. Les déjections obtenues sont toujours gérées sous forme de lisier.

- **Les poules pondeuses en cages**

Au cours des dernières années, l'élevage des poules pondeuses destinées à la production d'œufs de consommation a connu de nombreuses évolutions, avec une tendance importante consistant à passer d'un système de gestion des fientes sous forme de lisier à un système produisant *in fine* des fientes sèches.

- **Système sur pré-fosses** : les déjections sont gérées sous forme de lisier, principalement dans les systèmes « flat deck » ou en cages californiennes. Selon la profondeur des fosses situées sous les cages, les déjections en sont retirées plus ou moins fréquemment au moyen de racleurs. La plupart du temps, elles sont encore dans un état liquide ou pâteux, et leur stockage se fait à l'extérieur dans une fosse prévue à cet effet. Ce système a tendance à disparaître du fait des faibles densités qu'il permet mais aussi parce que les déjections sont sous forme liquide ou très pâteuse et leur valorisation ne peut se faire que par épandage local.
- **Systèmes sur fosses profondes** : dans ce cas, les poules sont élevées dans des cages compactes superposées sur plusieurs niveaux, disposées dos à dos et séparées par un canal d'évacuation des déjections (élevage en batteries). Les fientes tombent sur des plaques montées sous les cages où elles peuvent s'accumuler plusieurs jours, ce qui leur permet de commencer à sécher. Les déjections sont raclées périodiquement entre les étages pour qu'elles tombent verticalement au centre de la batterie. La récupération finale des fientes est effectuée sous les batteries dans une fosse profonde de 3 à 5 mètres. Les fientes s'accumulent ainsi sous les cages pendant plus d'un an et peuvent atteindre un taux de matière sèche de 70 % à 80 %. Ce système a également tendance à disparaître : il est difficile à maîtriser, très émissif de gaz et aussi favorable à la prolifération des mouches.
- **Systèmes sur tapis** : ces systèmes concernent les poules élevées en batteries. Une batterie est constituée de cages superposées et adossées deux par deux, sous lesquelles est installé un tapis de réception des fientes. Les fientes sont stockées pendant plusieurs jours sur les tapis, où elles font éventuellement l'objet d'un préséchage à l'aide de dispositifs variés (gainés de ventilation, éventails, chariots sécheurs...). La mise en mouvement des tapis permet la récupération des déjections au bout de la batterie par un convoyeur à bande qui les amène dans un hangar de stockage où, remises en tas, elles peuvent atteindre au bout de quelques mois 60 % à 80 % de matière sèche.
- **Les séchoirs extérieurs au poulailler** : depuis quelques années, de nouveaux systèmes de séchage, extérieurs au poulailler, se développent. Dans ce cas, les fientes préséchées sont convoyées vers un tunnel de séchage. Différents modèles existent dont le principe est identique : il s'agit d'étaler les fientes en couches relativement minces (5 à 15 cm) sur un support perforé (tapis ou autre) et de faire passer au travers des couches un flux d'air chaud en provenance du poulailler. Ce système peut assurer un taux de matière sèche de 80 % à 85 %.
- **Les poules pondeuses au sol et les volailles de reproduction** : à l'heure actuelle plus de 22 % de l'effectif national de poules pondeuses n'est pas élevé dans des cages, mais au sol dans des bâtiments spécialisés, avec éventuellement accès à un parcours. Le sol des bâtiments est constitué de deux parties : une partie en caillebotis (en général 1/3 de la surface) où sont installés les nids de ponte et le matériel d'abreuvement, et une partie en terre battue ou bétonnée recouverte d'une litière (dans certains cas, l'élevage peut se faire sans litière). Les déjections à l'intérieur du bâtiment d'élevage sont gérées sous deux formes : des fientes pures plus ou moins sèches sous les caillebotis et du fumier dans le reste du bâtiment. D'une manière générale les volailles de reproduction sont élevées selon des modalités similaires à celles des poules pondeuses au sol.

QUELQUES CRITERES TECHNIQUES LIES A L'ÉLEVAGE AVICOLE

Les éléments figurant dans le tableau 2 peuvent permettre d'aider à la décision en cas d'accident affectant une installation nucléaire, notamment pour raisonner les flux associés aux élevages avicoles.

La filière avicole compte une grande diversité de types d'élevages due aux multiples types d'animaux élevés (volailles de chair [poulets, dindes, pintades, canards, cailles], poules pondeuses, volailles reproductrices, filière « foie gras »)

et au mode de conduite pratiqué (« standard », « label », « biologique »). Pour les élevages « label » ou « biologiques », les durées d'élevage sont souvent plus longues et les indices de consommation légèrement plus élevés.

Tableau 2 - Evolution de la production annuelle avicole entre 1998 et 2010

Volailles de chair	Durée de l'élevage (en jours)	Poids à l'abattage (en kg)	Indice de consommation*	Densité à la mise en place (animaux/m ²)
Poulet « standard »	38	1,9	1,8	22,8
Poulet « label »	88	2,3	3,1	11
Dinde « standard médium »	106	0,8	2,4	7,9
Pintade « standard »	77	1,7	2,8	17
Caille « standard »	41	0,3	3	88,1
Canard « à rôtir »	79	4	2,8	14,8
Palmipèdes gras	Durée de l'élevage (en jours)	Poids à l'abattage (en kg)	Indice de consommation*	Densité à la mise en place (animaux/m ²)
Canard « prêt à gaver »	87	4,1	4	7,5
Canard « gras »	13	5,8	9,7	/
Poules pondeuses	Durée de l'élevage (en jours)	Poids à l'abattage (en kg)	Indice de consommation	nombre œuf/tête
Poules pondeuses « standard »	370-380 jours	1,9 kg	2,1	320

* Indice de consommation : quantité d'aliment (kg) pour produire un kg d'animal

Autres paramètres pouvant intéresser la gestion d'une exploitation en cas d'accident affectant une installation nucléaire :

- Production de paille (élevage de volailles de chair) : entre 5 et 12 kg paille/m² de bâtiment ;
- Production d'effluents :
 - 150 kg de fumier/m²/an pour les volailles de chair ;
 - 12 (en moyenne) kg de fientes sèches/poule pondeuse/an ;
 - 22 l de lisier/canard produit (canard "à rôtir").
- On considère que les exploitations ont les capacités de stockage d'effluent nécessaire pour stocker d'éventuels déchets contaminés sur le court terme.