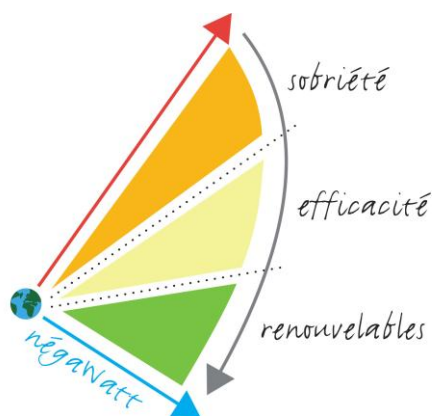


VERS UN SYSTEME ENERGETIQUE « 100% RENOUVELABLE »

Scénario et plans d'actions pour réussir la transition
énergétique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur



Partie 5 – Impacts du programme nucléaire sur la région
Provence-Alpes-Côte d'Azur et conséquences
d'un scénario de sortie

Principaux membres de l'équipe :

Vincent LEGRAND, Institut négaWatt (mandataire)

Olivier SIDLER, Enertech

Thomas LETZ, Enertech

Christian COUTURIER, Solagro

Anne RIALHE, AERE

Pascal STEPHANO, AERE

Antoine BONDUELLE, E&E

Simon METIVIER, E&E

Yves MARIGNAC, WISE-Paris

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	5
I- Situation actuelle.....	6
1- Contribution du nucléaire au bilan énergétique de la région	6
2- Installations nucléaires.....	10
2-1 Périmètre des installations prises en compte	10
2-2 Installations nucléaires de base (INB) en région Provence-Alpes-Côte d’Azur.....	11
2-3 Principaux sites nucléaires de la zone sud-est	14
2-4 Centrales nucléaires hors de la région	20
2-5 Autres installations nucléaires hors de la région	23
3- Impacts socio-économiques.....	24
3-1 Retombées fiscales directes.....	25
3-2 Emplois et activités induites.....	25
3-3 Effets d’éviction liés à l’activité nucléaire	32
4- Impacts environnementaux et risques.....	35
4-1 Rejets des installations nucléaires de la zone sud-est	36
4-2 Déchets et matières entreposés dans les installations nucléaires de la zone sud-est	40
4-3 Risque d’accident	49
4-4 Transports de déchets et de matières nucléaires	51
II- Scénarios possibles et impacts pour la région	54
1- Scénarios énergétiques et scénarios nucléaires	54
1-1 Scénario de sortie et scénario de poursuite du nucléaire	54
1-2 Conséquences sur l’inventaire d’installations nucléaires	56
2- Conséquences sur les impacts et les risques	59
2-1 Évolution sur les rejets.....	59
2-2 Évolution sur les déchets et le démantèlement	60
2-3 Évolution sur le risque d’accident	63
2-4 Évolution sur les transports	64
3- Conséquences socio-économiques	65
3-1 Contribution à la production nucléaire et gestion de l’héritage nucléaire.....	65
3-2 Impacts sur les retombées positives et sur les effets d’éviction	66
3-3 Opportunité énergétique et nucléaire	68
Conclusion	72

Table des Figures et Tableaux

Figures

Figure I-1 Production nette d'électricité par filière et par région en 2009	8
Figure I-2 Réseau de transport d'électricité et parc de production nucléaire	9
Figure I-3 Principaux sites liés à la gestion du combustible à l'uranium en France	19
Figure I-4 Principaux sites liés à la gestion du combustible au plutonium en France.....	20
Figure I-5 Répartition par région des emplois directs associés à la filière nucléaire en 2009	28
Figure I-6 Tensions sur l'usage des terres en Provence-Alpes-Côte d'Azur et zoom sur les installations nucléaires	34
Figure I-7 Schéma de principe des entreposages de déchets et de matières sans emploi associé à la stratégie dite de « retraitement-recyclage »	43
Figure I-8 Principaux transports de matières nucléaires et de déchets vers et depuis les sites nucléaires de la zone sud-est	53
Figure II-1 : Bilan en emplois pour la France, à l'horizon 2020, d'une stratégie de prolongement tendanciel ou de transition pour l'énergie (scénario négaWatt 2006).....	70

Tableaux

Tableau I-1 Installations nucléaires de base (INB) exploitées par le CEA sur le site de Cadarache	12
Tableau I-2 Autres installations nucléaires de base (INB) administrativement domiciliées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.....	13
Tableau I-3 Installations nucléaires de base (INB) civiles du site de Tricastin / Pierrelatte (hors BCOT)	16
Tableau I-4 Installations nucléaires de base (INB) du site de Marcoule	18
Tableau I-5 Distance des 18 centrales nucléaires françaises en exploitation à la région Provence-Alpes-Côte d'Azur	21
Tableau I-6 Réacteurs nucléaires en service en Europe dans un rayon inférieur à 1000 km de Marseille.....	22
Tableau I-7 Contribution de la filière électronucléaire à l'économie nationale et en région Provence-Alpes-Côte d'Azur	27
Tableau I-8 Catégories de déchets radioactifs et filières de gestion mises en œuvre ou à l'étude	41
Tableau I-9 Installations d'entreposages de déchets autorisées sur les sites de Cadarache et Marcoule (fin 2010) et projets d'extension envisagés.....	44
Tableau II-1 : Prévisions d'inventaire des matières nucléaires à 2020 et 2030 dans un scénario de poursuite du nucléaire	62

Introduction

Le Conseil régional Provence-Alpes-Côte d’Azur a voté, en séance plénière du 29 avril 2011, une motion « pour une meilleure prise en compte du risque nucléaire dans notre région », qui énumère certains risques nucléaires en région et demande de « promouvoir [...] tous les dispositifs de transition énergétique permettant de préparer une sortie progressive du nucléaire ».

Pour mesurer les enjeux pour la région d’une sortie du nucléaire, il est nécessaire de réaliser un inventaire au moins qualitatif, et aussi quantitatif que possible, des différents impacts positifs ou négatifs du nucléaire sur la région Provence-Alpes-Côte d’Azur. Cet inventaire, qui constitue la première partie de ce document, s’appuie sur une démarche systématique d’identification et d’évaluation de ces impacts, et a nécessité de rassembler pour la première fois sous cette forme un grand nombre d’informations utiles. Aussi cette partie, qui prépare les bases de la discussion sur l’évolution des impacts dans un scénario de sortie ou de poursuite du nucléaire, occupe-t-elle la majeure partie du chapitre.

L’analyse des enjeux et des conséquences possibles d’une sortie du nucléaire pour la région Provence-Alpes-Côte d’Azur suppose en premier lieu de bien caractériser le poids actuel du nucléaire dans le bilan énergétique, dans l’économie et dans l’environnement de la région. Si la région ne possède pas de centrale de production électronucléaire, la production des réacteurs français, et plus spécifiquement des réacteurs implantés dans les régions voisines, contribue toutefois à son équilibre électrique. La région compte par ailleurs plusieurs installations nucléaires liées aux activités de production du combustible nucléaire ou de recherche, tandis que d’autres sont situées dans ses territoires frontaliers.

Ces différentes installations ont par leur présence, outre leur rôle dans la production d’énergie, une influence directe et indirecte sur un territoire administratif, économique et géographique suffisamment étendu pour considérer leur impact sur la Région, y compris quand elles n’y sont pas implantées. On ne retient toutefois dans le cadre de ce document que les installations nucléaires au sens de leur contribution directe ou indirecte à la production électronucléaire : ainsi, d’autres installations pouvant être qualifiées de « nucléaires » et susceptibles elles aussi d’un impact significatif sur le territoire régional, telles que les installations hospitalières ou militaires, ne sont pas prises en compte dans la présente étude.

Après un inventaire précis de l’ensemble des installations concernées, nous nous attachons dans une première étape consacrée à l’évaluation de la situation actuelle, à caractériser au mieux en fonction des données disponibles les impacts positifs et négatifs de ces installations sur les populations, les activités, l’environnement et les ressources de la région. Nous distinguons d’une part les impacts de nature socio-économique, incluant les retombées directes sous forme de taxes payées aux collectivités, les retombées en termes d’emplois directs ou indirects et les effets d’entraînement ou d’éviction vis-à-vis d’autres secteurs d’activité, et d’autre part les impacts liés aux conséquences environnementales et aux risques, incluant les rejets dans l’environnement, les questions de sûreté et de sécurité et l’accumulation de déchets radioactifs.

À l’issue de cet inventaire, l’analyse présentée consiste à s’interroger sur l’évolution possible de ces impacts dans le temps en fonction de scénarios de poursuite de la politique actuelle ou de mise en œuvre d’une politique de transition énergétique permettant à la région de « sortir du nucléaire », telle qu’elle est dessinée dans les parties 1 à 3 du rapport. Les scénarios sont évalués et comparés en rappelant d’abord les contraintes énergétiques associées avant de considérer les impacts socio-économiques, en se concentrant notamment sur la question de l’emploi, puis les impacts environnementaux. Les risques sont enfin pris en compte, avec une préoccupation particulière concernant l’évolution liée au vieillissement des installations, aux enjeux du démantèlement et à la gestion des déchets radioactifs accumulés.

I- Situation actuelle

L'analyse des conséquences d'un scénario de sortie du nucléaire pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur doit pouvoir s'appuyer sur un inventaire suffisamment complet des impacts positifs et négatifs du nucléaire sur la région dans la situation actuelle, pour mener ensuite une discussion sur l'évolution comparée de ces impacts dans un scénario de poursuite ou de sortie du nucléaire.

Un tel inventaire n'existe pas aujourd'hui. Le manque se situe à deux niveaux : le premier est celui d'une méthode générale suffisamment robuste d'identification des principaux impacts à prendre en compte, le second celui d'une évaluation suffisamment précise de ces impacts dans le cas particulier de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. C'est à cet inventaire relativement systématique que s'attache cette première partie, en distinguant successivement les impacts énergétiques, socio-économiques et environnementaux.

Le premier porte sur la fonction première du nucléaire, et vise donc une caractérisation de la contribution de la production électronucléaire à l'équilibre énergétique de la région.

Au-delà de cette étape, l'analyse des impacts du nucléaire nécessite de caractériser précisément le périmètre que l'on considère pour définir les installations nucléaires susceptibles d'exercer un impact de quelque nature sur la région. Nous nous attachons donc à décrire, en fonction des impacts à étudier ensuite, les installations à prendre en compte dans le périmètre administratif de la région, dans son voisinage proche ou dans un périmètre plus large.

La suite consiste à analyser les impacts économiques et sociaux du nucléaire sur la région. Nous nous attachons d'abord à analyser rapidement les transferts budgétaires croisés des taxes et des subventions, pour décrire ensuite les retombées positives en termes d'activité économique et d'emplois à travers une approche nationale et une collecte d'information site par site. Nous discutons enfin les retombées négatives, essentiellement traduites sous forme de phénomènes d'éviction d'activités autour des sites liées aux restrictions d'usage en fonctionnement normal, aux effets d'opinion sous la poussée de préoccupations environnementales, et aux conséquences graves d'un accident majeur.

Le dernier volet concerne les impacts environnementaux et les risques liés au nucléaire, avec tout d'abord la question des différents rejets atmosphériques et liquides des installations et de leurs effets sur l'environnement et la santé. Un inventaire des principaux entreposages de déchets radioactifs et de matières nucléaires des installations nucléaires de la zone sud-est est présenté. Nous montrons ensuite pourquoi il apparaît nécessaire de réévaluer les risques d'un accident majeur, ses conséquences et ses implications pour le territoire de la région, avant de rappeler l'importance des transports de matières et déchets nucléaires.

Le champ des impacts à considérer est vaste et les informations à réunir pour évaluer ces impacts sont très diverses mais pas toujours disponibles. La présente analyse, menée dans le cadre d'une étude beaucoup plus large, vise au moins à qualifier l'ensemble de ces impacts positifs et négatifs, et cherche à les quantifier chaque fois que l'accès à des données exploitables le permet.

1- Contribution du nucléaire au bilan énergétique de la région

À l'échelle nationale, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur bénéficie globalement de la même contribution que le reste du territoire du programme électronucléaire français à la fourniture et à la consommation d'électricité, qui n'est elle-même qu'une contribution à la fourniture et à la consommation d'énergie sous toutes ses formes.

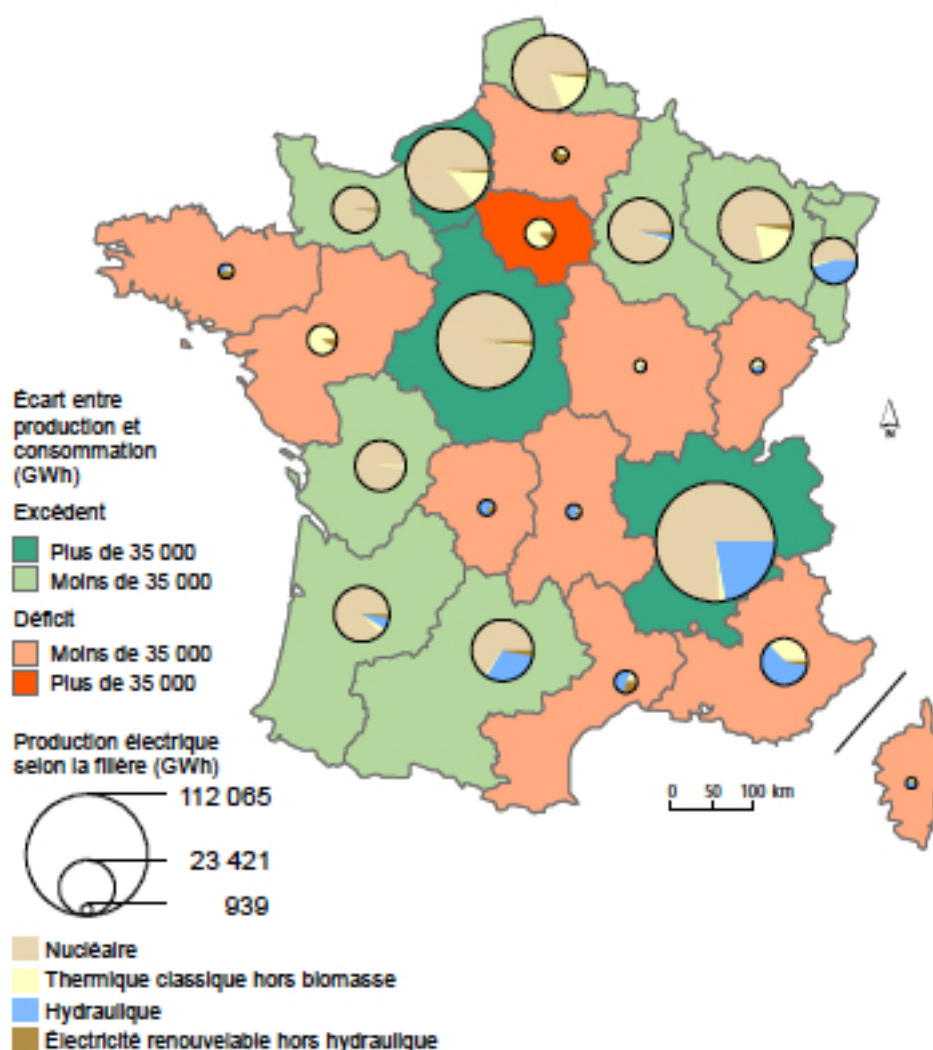
La filière électronucléaire a représenté en 2011, selon le bilan annuel établi par Réseau de transport d'électricité (RTE) au niveau national, une production électrique nette de 421,1 TWh, soit 77,7 % des 541,9 TWh d'électricité produite sur le territoire français (cette proportion a fluctué, selon la disponibilité des

centrales nucléaires et le niveau de consommation, entre 75 % et 80 % ces dernières années). Cette production a montré en 2011 un excédent de 55,7 TWh par rapport à la consommation nationale (solde entre 75,4 TWh d'exportations contractuelles et 19,7 TWh d'importations contractuelles sur l'année). Cette consommation brute, qui s'élève donc à 486,2 TWh, inclut une part d'autoconsommation du secteur électrique imputable notamment aux activités d'enrichissement de l'uranium pour le combustible des réacteurs nucléaires. En tenant compte de l'ensemble de ces facteurs, la production nucléaire a contribué en 2011 pour environ 340 TWh à la couverture directe de la consommation domestique nette d'électricité, établie par RTE à 443,3 TWh hors pertes : le nucléaire a donc fourni 76,6 % des besoins électriques nationaux.

L'électricité représente elle-même, selon le bilan énergétique annuel établi par le Commissariat général au développement durable (CGDD) pour 2011, un peu moins de 25 % de l'ensemble des consommations d'énergie finale des consommateurs français. Ainsi, la production nucléaire, déduction faite de sa part à l'exportation et de son autoconsommation par le secteur nucléaire, représente 18,5 % de la fourniture d'énergie finale en 2011. Cette valeur est relativement stable par rapport aux années précédentes.

La situation mérite toutefois d'être analysée plus spécifiquement au niveau régional, car cette moyenne nationale reflète en réalité des situations très différentes d'une région à l'autre. Ainsi, une étude du CGDD parue en mars 2012 et portant sur les statistiques détaillées de l'année 2009 (enquête annuelle sur la production d'électricité du Service de l'observation et des statistiques, SOeS), a montré comme on le voit sur la carte suivante que l'écart entre production nette et consommation d'électricité peut varier selon les régions d'un excédent de plusieurs dizaines de TWh à un déficit du même ordre. Ainsi, selon les estimations fournies par cette étude, le ratio entre production et consommation d'électricité de chaque région varie entre 416 % pour la région Centre, relativement peu consommatrice et qui abrite 12 des 58 réacteurs français en exploitation, et 9 % pour la région Bretagne.

Figure I-1 : Production nette d'électricité par filière et par région en 2009



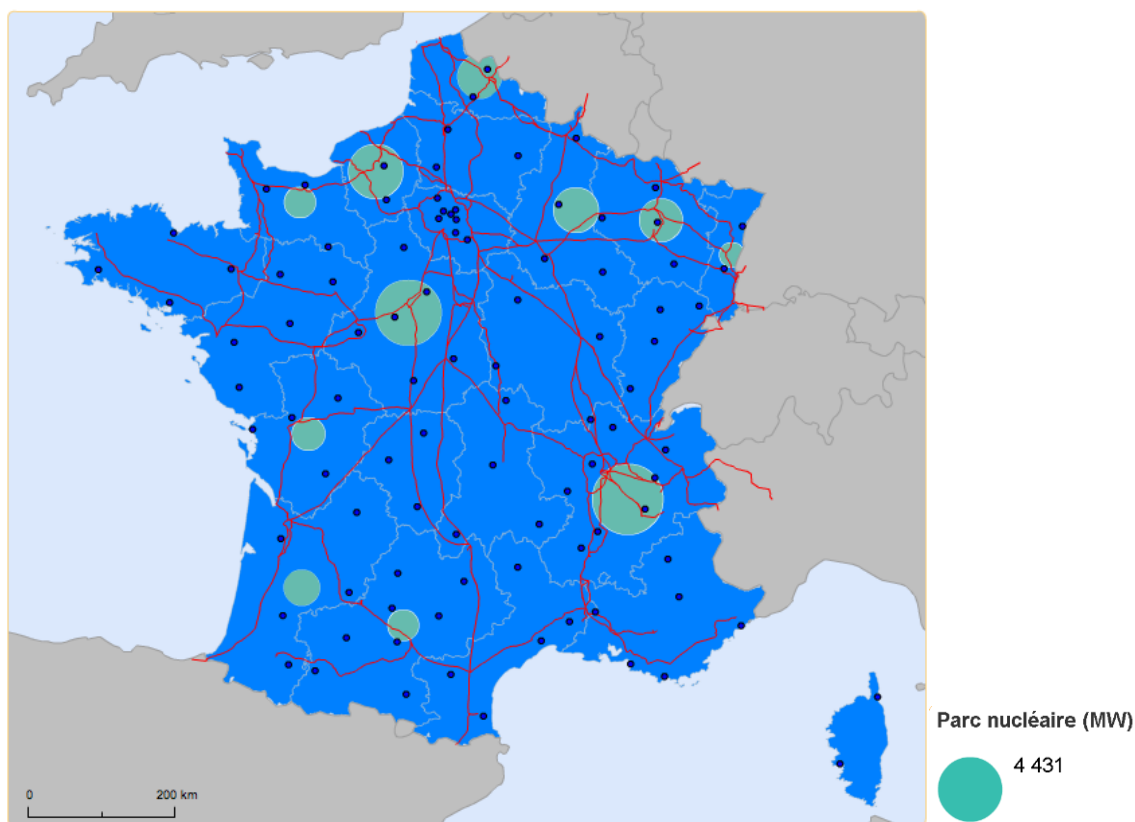
Source : CGDD-SOEs, "Le point sur", n°119, mars 2012

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur apparaît dans cette étude comme la dixième en termes de production nette en France métropolitaine, avec une production essentiellement hydraulique (10,4 TWh en 2009) et thermique classique (6,6 TWh en 2009), et sans aucune production nucléaire. Avec une consommation de 36,4 TWh la même année, elle se situe en termes d'indépendance électrique à la médiane : alors que sur les 22 régions de France métropolitaine, 11 sont excédentaires et 11 déficitaires, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur était en 2009 la deuxième moins déficitaire après la Corse, avec un ratio production/consommation égal à 47 %.

La région est donc dépendante, sur la base des données de cette étude, de production d'électricité à hauteur de 53 % de ses besoins, soit 19,3 TWh en 2009, provenant d'autres régions françaises. Cette production provient principalement, compte tenu de la situation respective des régions voisines, de la région Rhône-Alpes. Celle-ci, qui a produit en 2009 un total de 112 TWh, soit 21,7 % de la production nationale d'électricité et 76 % de plus que ses propres besoins, apparaît clairement comme le « château d'eau électrique » de l'ensemble de ses régions voisines, toutes déficitaires. La répartition de la production nucléaire selon les régions et la structure des principales lignes du réseau de transport d'électricité, rappelées sur la carte suivante, illustrent cette situation. La production de Rhône-Alpes s'appuie donc essentiellement sur le nucléaire (84,8 TWh soit

75,7 % de sa production en 2009) et dans une moindre mesure sur l'hydroélectricité (24,5 TWh soit 21,8 % de sa production en 2009). Ainsi en 2009, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dépendait pour un peu plus de la moitié de son approvisionnement en électricité de l'apport fourni par la région Rhône-Alpes, qui s'appuie à plus de 75 % sur une production nucléaire. Sans être elle-même productrice d'électricité nucléaire, on peut estimer que la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dépendait dans ces conditions en 2009 pour environ 40 % du nucléaire pour sa consommation d'électricité.

Figure I-2 : Réseau de transport d'électricité et parc de production nucléaire



Source : RTE, Données régionales SEEF, 2012

Les données régionales que RTE met depuis 2012 à disposition du public permettent de reproduire le même type d'estimation pour l'année 2011, ce qui illustre notamment les variations introduites par la sensibilité du bilan annuel aux variations liées au climat, qu'il s'agisse côté production du rendement des installations hydrauliques, et côté consommation des besoins de confort thermique. Ainsi, en 2011, la consommation d'électricité de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur s'est élevée à 37,9 TWh, et sa production à 15,7 TWh, dont 7,9 TWh d'hydroélectricité (50,6 %), 6,8 TWh de thermique à base de combustibles fossiles (43,7 %) et 0,9 TWh de renouvelables hors hydraulique (éolien, combustibles renouvelables et photovoltaïque, 5,8 %). La région n'a ainsi produit que 41,3 % de l'électricité correspondant à ses besoins, s'appuyant donc davantage sur la production toujours largement excédentaire de la région Rhône-Alpes (qui a connu un ratio production/consommation de 188 %), basée à 78,4 % sur le nucléaire en 2011. Ainsi, la production nucléaire hors de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur a fourni environ 46 % de la consommation d'électricité de la région cette même année.

2- Installations nucléaires

Au-delà de sa contribution énergétique, l'analyse des impacts positifs et négatifs du nucléaire sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur suppose d'identifier pour commencer les différentes installations à la source de ces impacts. Dans le cadre présent de l'analyse des enjeux d'une sortie du nucléaire pour la région, il ne s'agit pas ici de prendre en compte l'ensemble des installations que l'on peut qualifier de « nucléaires », qui revêt une très grande diversité.

2-1 Périmètre des installations prises en compte

Ainsi, nous ne retenons pour les besoins de la présente étude que les installations qui participent directement ou indirectement à la production d'énergie nucléaire. La première catégorie désigne clairement les seuls réacteurs de production électronucléaires, implantés en France dans 19 centrales nucléaires de production d'électricité (CNPE), c'est-à-dire les centrales exploitées par EDF. La seconde est au contraire diverse et désigne ici l'ensemble des installations manipulant des substances radioactives dans une fonction de support à l'exploitation des réacteurs. Ces fonctions comprennent l'ensemble des activités de recherche et développement (réacteurs de recherche, prototypes et ateliers), des usines participant à la chaîne de fabrication et de gestion du combustible nucléaire (conversions chimiques de l'uranium, enrichissement, fabrication des assemblages, retraitement, ...), et des installations d'entreposage et de stockage de substances radioactives.

A contrario, cette définition exclut les installations mettant en jeu des matières nucléaires ou toutes autres substances radioactives qui n'ont aucun lien avec la production d'énergie. On écarte ainsi notamment les installations dédiées à la recherche scientifique comme les accélérateurs de particules, les utilisations du nucléaire pour les activités de Défense, comme à la base sous-marine de Toulon, ou les usages médicaux de la radioactivité comme l'imagerie pratiquée dans de nombreux centres hospitaliers. Le propos n'est évidemment pas ici de gommer les impacts significatifs que ces installations sont susceptibles d'avoir sur le territoire où elles sont implantées, mais simplement de considérer que ces impacts sont sans objet dans le cadre d'une analyse de la poursuite ou de la sortie du nucléaire comme moyen de production électrique.

Une fois ce principe admis, se posent encore des questions de périmètre administratif, au sens réglementaire comme au sens territorial.

Sur le plan réglementaire, les principales installations nucléaires sont soumises au régime des installations nucléaires de base (INB). Ce régime, introduit en 1963 par un simple décret, n'est que depuis 2006 encadré par une loi dite TSN (n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire), qui a depuis été codifiée aux livres Ier et V du Code de l'environnement. Il définit un cadre spécifique de contrôle pour la conception, la construction, l'exploitation et le démantèlement¹ applicable à toutes les installations qui, par leur nature ou en raison de la quantité ou de l'activité des substances radioactives qu'elles contiennent, présentent des enjeux de sûreté nucléaire ou des enjeux de protection radiologique particuliers. Sont ainsi concernés (i) tous les réacteurs nucléaires de production ou de recherche, quelle que soit leur taille, et au-dessus de seuils fixés par décret², les installations suivantes : (ii) installations de préparation, d'enrichissement, de fabrication, de traitement ou d'entreposage de combustibles nucléaires ou de traitement, d'entreposage ou de stockage de déchets radioactifs, (iii) installations contenant des substances radioactives ou fissiles, (iv) accélérateurs de particules.

¹ Plus précisément, le régime des INB encadre réglementairement les installations techniquement concernées dans la phase de construction dès lors qu'elles ont fait l'objet d'un décret d'autorisation de création (DAC), pendant toute leur exploitation, et au-delà de leur décret de mise à l'arrêt définitif (MAD) pendant leur démantèlement, jusqu'à leur déclassement par les autorités de sûreté.

² Décret n° 2007-830 du 11 mai 2007 relatif à la nomenclature des installations nucléaires de base.

Bien qu'il dépasse donc le cadre des installations liées à la production d'énergie nucléaire, le régime des INB ne les encadre pas toutes. Certaines installations nécessaires à la production nucléaire, jugées moins dangereuses ou assimilées à d'autres catégories, relèvent d'autres régimes. Il s'agit notamment du régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), qui encadre par exemple les usines de fabrication des composants non radioactifs du combustible nucléaire (les gaines et grilles des assemblages), les usines de conversion chimique de l'uranium naturel, ou les stockages de résidus de traitement du minerai d'uranium liées aux activités d'extraction de l'uranium poursuivies jusqu'en 2001 en France, dont les anciennes mines et verses à stériles relèvent quant à elles du Code minier.

Sur le plan territorial, l'implantation administrative d'une installation nucléaire dans un territoire donné ne signifie bien sûr en rien que ses impacts restent cantonnés à ce territoire – aussi bien en termes de retombées économiques que de risques environnementaux. Le corollaire est que de nombreuses installations nucléaires implantées hors du territoire administratif de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sont susceptibles d'impacter un territoire suffisamment étendu pour toucher la région, et entrent donc dans le cadre de la présente étude. Le périmètre d'influence dépendant de la nature et de la taille de chaque installation, il convient de distinguer la distance à la région applicable en fonction des catégories.

2-2 Installations nucléaires de base (INB) en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

L'inventaire commence en tout état de cause par les INB situées sur le territoire administratif de la région. On distinguera à ce titre les installations en cours d'exploitation, dont les impacts sont les plus visibles et potentiellement les plus significatifs, et les installations en cours de démantèlement, qui posent des problèmes différents sur le plan technique comme sur le plan économique.

Installations nucléaires de base en fonctionnement

Comme observé précédemment, la région ne dispose d'aucune centrale de production nucléaire sur son territoire. Celui-ci abrite pourtant un total de 22 INB, listées ci-dessous dans les tableaux I-1 et I-2, soit 17 % des 125 entités juridiques enregistrées comme INB au 31 décembre 2011 selon l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Une seule de ces INB n'entre pas dans le champ de l'étude : il s'agit du GAMMASTER, une installation d'ionisation exploitée par la société Isotron France et située à Marseille.

Toutes les autres INB sauf une sont en fait implantées sur le même site (tableau I-1) : le Centre d'études nucléaires de Cadarache, exploité par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), et administrativement enregistré sur le territoire de la commune de Saint-Paul-lez-Durance, dans le département des Bouches-du-Rhône (mais également à moins de 10 km de trois autres départements de la région : les Alpes de Haute-Provence, le Var et le Vaucluse).

Tableau I-1 : Installations nucléaires de base (INB) exploitées par le CEA sur le site de Cadarache

N°	Nom	Activité	Autorisation / modification
22	PEGASE et CASCAD	Stockage de substances radioactives	27 mai 1964 / 19 déc. 1975 (arrêt) / 4 sept. 1989 (création de CASCAD)
24	CABRI	Réacteur de recherche	27 mai 1964 / 20 mars 2006
25	RAPSODIE / LDAC	Réacteur de recherche (arrêté)	27 mai 1964 / 15 avril 1983 (arrêt)
32	ATPu (Atelier de technologie du plutonium)	Fabrication ou transformation de substances radioactives	27 mai 1964 / 6 mars 2009 (mise à l'arrêt définitif)
37	Station de traitement des effluents et déchets solides	Transformation de substances radioactives	27 mai 1964
39	MASURCA	Réacteur de recherche	14 déc. 1966
42	EOLE	Réacteur de recherche	23 juin 1965
52	ATUE (Atelier d'uranium enrichi)	Fabrication de substances radioactives	8 janvier 1968 / 8 fév. 2006 (mise à l'arrêt définitif)
53	Magasin de stockage UE-Pu	Dépôt de substances radioactives	8 janvier 1968
54	LPC (Laboratoire de purification chimique)	Transformation de substances radioactives	8 janvier 1968 / 6 mars 2009 (mise à l'arrêt définitif)
55	LECA / STAR	Utilisation de substances radioactives	8 janvier 1968 / 4 sept. 1989 (création de STAR)
56	Parc d'entreposage des déchets radioactifs	Stockage de substances radioactives	8 janvier 1968
92	PHEBUS	Réacteur de recherche	5 juillet 1977 / 7 nov. 1991
95	MINERVE	Réacteur de recherche	21 sept. 1977
123	LEFCA	Fabrication de substances radioactives	23 déc. 1981
156	CHICADE	Laboratoire de recherche et développement	29 mars 1993
164	CEDRA	Conditionnement et entreposage de substances radioactives	4 oct. 2004
169	MAGENTA	Réception et expédition de matières	25 sept. 2008
171	AGATE	Conditionnement et entreposage de substances radioactives	25 mars 2009
172	RJH (Réacteur Jules Horowitz)	Réacteur de recherche	12 octobre 2009

Source : ASN, Rapport annuel 2012

La dernière INB enregistrée sur le territoire de la région est la base chaude opérationnelle du Tricastin (BCOT), un atelier de maintenance exploité par EDF sur le site du Tricastin (tableau I-2). Ce grand centre d'activité nucléaire, qui abrite une centrale nucléaire et de nombreuses usines, est littéralement frontalier de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur : la frontière entre Drôme et Vaucluse traverse le périmètre du site. Toutefois la totalité de ces installations sauf la BCOT sont domiciliées en région Rhône-Alpes, dans la Drôme, sur les communes de Saint-Paul-Trois-Châteaux et Pierrelatte. La BCOT est administrativement située sur la commune de Bollène dans le Vaucluse. Il convient de noter que malgré ce rattachement administratif, la BCOT est placée comme l'ensemble du site du Tricastin sous la responsabilité de la Division de Lyon de l'ASN, et non sous celle de la Division de Marseille (qui contrôle quant à elle le site de Cadarache).

Un troisième grand centre nucléaire, Marcoule, est également implanté à la frontière de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur : situé sur les communes de Chusclan et Codolet (Bagnols-sur-Cèze) dans le Gard, le site borde la rive droite du Rhône face au Vaucluse. Les installations nucléaires du site de Marcoule sont d'ailleurs,

contrairement aux installations de Tricastin / Pierrelatte, contrôlées par la Division de Marseille de l'ASN (qui couvre en fait la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et la région Languedoc-Roussillon). Toutefois aucune d'entre elles n'est administrativement rattachée à la région.

Tableau I-2 : Autres installations nucléaires de base (INB) administrativement domiciliées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

N°	Nom	Activité	Autorisation / modification
147	GAMMASTER - M.I.N. 712	Installation d'ionisation	31 janv. 1989
157	BCOT	Maintenance nucléaire	29 nov. 1993 / 29 nov. 2004

Source : ASN, Rapport annuel 2012

Installations nucléaires de base déclassées

Outre ces installations dont la mise en service, l'exploitation ou le démantèlement se poursuit dans le cadre du régime des INB, le territoire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur abrite plusieurs anciennes installations nucléaires, dont les opérations techniques de démantèlement, sans conduire au point de rendre les sites concernés à un usage public sans restriction, ont été suffisamment avancées pour permettre un déclasserement réglementaire des installations. Ces anciennes INB déclassées sont au nombre de quatre.

Trois d'entre elles sont d'anciens petits réacteurs de recherche (dits « piles ») exploités sur le site nucléaire de Cadarache : il s'agit de Peggy (ex-INB n° 23), mis en service en 1961 et arrêté en 1975, de César (ex-INB n° 26), mis en service en 1964 et arrêté en 1974, et enfin de Marius (ex-INB n° 27), mis en service en 1960 à Marcoule avant d'être déplacé en 1964 à Cadarache, et arrêté en 1983. Ces trois réacteurs ont été démantelés et leur périmètre rendu à d'autres usages au sein du Centre d'études nucléaires de Cadarache. Ils ont fait l'objet d'un déclasserement réglementaire en étant rayés de la liste des INB respectivement en 1976, 1978 et 1983. Ces installations sont donc mentionnées pour mémoire, n'exerçant plus d'influence sur le fonctionnement et sur les impacts techniques, sociaux ou économiques du Centre.

Il en va différemment de la quatrième installation nucléaire déclassée en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Il s'agit du Magasin d'uranium de Miramas (ex-INB n° 134). Cette installation réglementairement créée en 1983 (dans des bâtiments mis en service dès 1964) était destinée à l'entreposage sur le site exploité alors à Miramas (Bouches-du-Rhône) par COGEMA, devenue ensuite AREVA, de composés solides d'uranium naturel enrichi et appauvri. Le site avait été créé en 1961 pour des usages militaires par le CEA pour la fabrication de lithium 6, un métal léger entrant dans la composition des armements nucléaires. Le Centre de Miramas n'a commencé une production civile de lithium 7 destinés aux réacteurs REP qu'à partir de 1976, puis a intégré une unité de séparation isotopique et d'élaboration du bore en 1992. Les travaux de démantèlement ont commencé en 2003 et le déclasserement administratif a été prononcé en 2007. La banalisation des bâtiments n'est pas totale et s'accompagne d'arrêtés préfectoraux prescrivant des travaux de réhabilitation et d'assainissement des sols assortis de servitudes d'usages.

Installations nucléaires de base en projet : ITER

À l'autre bout du spectre, il nous faut également considérer les installations nucléaires en projet. On ne s'intéresse ici qu'aux projets suffisamment avancés pour être déjà porteurs de conséquences présentes et prévisibles, sans figurer pour autant encore dans la liste des installations nucléaires réglementées.

Cette catégorie concerne essentiellement aujourd'hui le projet International thermonuclear experimental reactor (ITER). Ce projet de réacteur expérimental de type tokamak vise à démontrer la faisabilité de l'utilisation de la fusion nucléaire pour la production d'électricité. Le réacteur visera d'une part à générer une puissance thermique de 500 MW pendant 400 s en ne consommant que 50 MW, et d'autre part à maintenir la

réaction de fusion entre 1 000 et 3 000 s en fournissant 250 MW. Il devrait également permettre d'élaborer, de tester et de qualifier les matériaux nécessaires au fonctionnement d'un futur réacteur de démonstration, d'ores et déjà nommé DEMO, d'une puissance prévisionnel de 1 500 MW électrique et destiné à démontrer la faisabilité industrielle de cette technologie de production d'électricité.

Le projet international ITER regroupe sept membres (la Chine, la Corée du Sud, les États-Unis, l'Inde, le Japon, la Russie et l'Union européenne – soit les 27 États membres plus la Suisse, au titre de sa participation au Traité EURATOM), qui ont choisi en juin 2005 la France et le site qu'elle proposait à Cadarache pour l'implantation du projet. Les travaux de viabilisation du site ainsi que la réalisation des réseaux d'alimentation en eau et en électricité ont été réalisés entre 2007 et 2009, et la construction du siège administratif d'ITER s'est achevée à l'été 2012, et les travaux de fondation et de construction des ouvrages parasismiques des bâtiments d'ITER sont en cours.

Pourtant le projet ne dispose pas encore de l'autorisation de création nécessaire à l'achèvement de la construction et à la mise en exploitation de toute installation nucléaire de base. Le dossier de demande d'autorisation de création, déposé par ITER Organization en mars 2010, est en cours d'examen par l'ASN, qui a formulé dans un courrier du 15 juin 2012 une série de 25 demandes à l'exploitant dans le cadre de cette instruction³.

2-3 Principaux sites nucléaires de la zone sud-est

Trois grands sites nucléaires se trouvent donc dans ou en bordure de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur : il s'agit de Cadarache, implanté au cœur de la région, de Tricastin / Pierrelatte, administrativement situé en Rhône-Alpes mais dont le périmètre du site se situe en partie en Provence-Alpes-Côte d'Azur, et de Marcoule qui touche le territoire de la région depuis l'autre rive du Rhône.

Site de Cadarache

Le Centre d'études nucléaires de Cadarache est l'un des plus anciens sites de l'industrie nucléaire en France. Il a été ouvert en 1961 par le CEA, qui en reste le principal exploitant.

Les principales activités du site concernent le développement des réacteurs et des combustibles de la filière plutonium, celui des réacteurs de propulsion (navires et sous-marins militaires) et l'exploitation de très nombreux réacteurs de recherche. Le site a parallèlement développé une activité industrielle dans la fabrication de combustible destiné aux réacteurs de recherche, aux réacteurs à neutrons rapides et plus récemment aux réacteurs à eau pressurisée utilisant du MOX. Cette activité de production a progressivement cessé.

La principale installation de fabrication de combustible est l'ATPu (Atelier de technologie du plutonium), aujourd'hui en phase de mise à l'arrêt définitif. Cette installation a produit du combustible pour les réacteurs de recherche et pour les réacteurs militaires Célestin (destinés à la production de tritium), puis le combustible pour les réacteurs à neutrons rapides Phénix et Superphénix en France et Fast Reactor de Dounreay au Royaume-Uni, et enfin à partir de 1989, des combustibles dits « mixed oxides » ou MOX destinés aux réacteurs d'EDF, ainsi qu'à plusieurs réacteurs en Allemagne. Bien que la « cessation d'activité commerciale » ait été annoncée en juillet 2003, l'atelier a produit en 2004 pour les États-Unis quatre assemblages-test de combustible MOX à partir de plutonium militaire américain.

Les autres installations produisant ou traitant du combustible à l'ATPu sont l'Atelier de traitement de l'uranium enrichi (ATUe), en service de 1965 à 1995 et le Laboratoire d'examen de combustibles actifs (LECA), en service depuis 1964. Certains des rebuts ou déchets de fabrication les plus anciens ont été entreposés directement

³ ASN, lettre n° CODEP-DRC-2012-030439 du 15 juin 2012 à ITER Organization.

dans ces installations. Le site abrite de plus un Magasin de stockage d'uranium enrichi et de plutonium, déclaré en 1968, qui entrepose du plutonium séparé sous forme solide (provenant des UNGG) et de l'uranium sous forme solide voire en solution.

Le site de Cadarache abrite par ailleurs de nombreux entreposages de déchets, parfois très anciens, dont les déchets technologiques issus de la fabrication de combustible. Il s'agit notamment du Parc d'entreposage de déchets radioactifs, de l'ancien bassin du réacteur de recherche Pégase, reconverti en stockage avec son extension Cascad, et de CEDRA (pour conditionnement et entreposage de déchets radioactifs), installation mise en service en 2006 et en cours d'extension pour le traitement et l'entreposage de déchets actuellement sans filière d'évacuation.

Enfin, Cadarache est le centre choisi depuis l'origine en France pour accueillir les recherches internationales sur les réacteurs de fusion nucléaire. Le site, qui abrite déjà le Tokamak Tore Supra, a été choisi pour la construction du projet de réacteur expérimental ITER.

Site de Tricastin / Pierrelatte

Le site de Tricastin et Pierrelatte regroupe deux complexes industriels très différents. Le premier est la centrale de Tricastin, exploitée par EDF, qui rassemble quatre réacteurs d'une puissance unitaire de 955 MWe mis en service en 1980 et 1981. Ces réacteurs à eau légère pressurisée (REP), qui appartiennent au palier dit CP1 du parc nucléaire français, fonctionnent tous avec du combustible à l'uranium enrichi et avec une proportion pouvant atteindre 30 % de combustible MOX, mélange de plutonium et d'uranium appauvri.

Le second est le complexe industriel de Pierrelatte, exploité par AREVA, qui rassemble sur un seul site la plupart des usines françaises de conversion et d'enrichissement de l'uranium, et joue ainsi un rôle de premier plan dans la gestion des matières nucléaires en France.

L'activité la plus fondamentale de Pierrelatte est l'enrichissement de l'uranium⁴. Celui-ci s'effectuait jusqu'à présent dans l'usine Georges-Besse d'Eurodif, basée sur un procédé d'enrichissement par diffusion gazeuse dans l'usine Eurodif. Mise en service en 1979, l'usine possédait une capacité nominale de 10,8 millions d'UTS⁵, soit 1,5 à 2 fois les besoins du parc nucléaire français. L'activité d'enrichissement fournit ainsi plusieurs clients étrangers dont le détail est toutefois couvert par le secret commercial. Le procédé de diffusion gazeuse étant très gourmand en électricité, l'usine consommait régulièrement plus de 15 TWh par an, soit environ deux tiers de la production électrique des quatre réacteurs de la centrale nucléaire du Tricastin.

L'usine a cessé définitivement son activité en juin 2012 pour être remplacée sur le même site par l'usine Georges-Besse II, basée sur le procédé de centrifugation, qui consomme environ 50 fois moins d'électricité. Démarrée en avril 2011, Georges-Besse II atteint à la mi-2012 une capacité installée de plus de 1,5 millions d'UTS, qui doit encore se développer pour atteindre selon AREVA une pleine capacité de 7,5 millions d'UTS en 2016.

L'autre grande activité du site est la chimie de l'uranium nécessaire à sa conversion avant ou après la phase d'enrichissement :

⁴ Outre l'usine d'enrichissement pour les réacteurs de production, le site de Pierrelatte comprend également une usine « militaire » d'enrichissement de l'uranium, exploitée de 1964 à 1996, dont une part non négligeable de l'activité a en fait concerné la production d'uranium hautement enrichi pour des réacteurs de recherche, en France mais aussi en Belgique, en Afrique du Sud, en Suisse ou au Japon.

⁵ Une UTS désigne une « unité de travail de séparation », unité de compte commercial de l'enrichissement. Le nombre d'UTS consommées dépend des taux en uranium 235 initiaux et finaux. Typiquement, l'enrichissement d'uranium à 3,7 % (combustibles UOX des REP) à partir d'uranium naturel à 0,71 % consomme 5 UTS/kg, pour produire à partir de 8 kg d'uranium naturel environ 1 kg d'uranium enrichi et 7 kg d'uranium appauvri à 0,25 %. Ainsi les besoins d'un réacteur de 900 MWe correspondent environ à 100 000 UTS/an.

- l'usine W, exploitée par Cogéma puis AREVA depuis 1994, convertit l'uranium appauvri issu d'Eurodif (passage d'hexafluorure d'uranium UF_6 gazeux, en oxyde U_3O_8 solide). Sur le plan réglementaire, l'usine W constitue une ICPE à l'intérieur de l'INB d'AREVA NC Pierrelatte ;
- l'usine TU5, mise en service par Cogéma en 1996, convertit le nitrate d'uranyle $UO_2(NO_3)_2$ issu du retraitement pour partie en sesquioxyde d'uranium U_3O_8 pour stockage, pour partie en UF_4 pour permettre son éventuel réenrichissement⁶. Elle peut traiter jusqu'à 2 000 tonnes d'uranium de retraitement par an ;
- l'usine Comhurex, exploitée depuis 1962, convertit l' UF_4 obtenu par fluoration de l'uranium naturel issu des mines en UF_6 . Depuis 1976, elle applique le même procédé à une faible fraction d'uranium issu du retraitement. Le traitement de l'uranium naturel relève sur le plan réglementaire du statut d'ICPE ;
- l'atelier TU2 enfin, exploité par AREVA, transforme principalement d'une part le nitrate d'uranyle de retraitement en U_3O_8 pour entreposage, et d'autre part l'uranium appauvri U_3O_8 en oxyde UO_2 pour la fabrication de combustible MOX.

Les usines de transformation de l'uranium produisent généralement peu de déchets d'exploitation. Elles accumulent en revanche des tonnages très importants de déchets matières sous la forme d'uranium, dans des compositions isotopiques et chimiques diverses, dont une partie reste entreposée sur le site de Pierrelatte.

Sur le plan réglementaire, le site de Tricastin / Pierrelatte recense 7 INB civiles administrées en région Rhône-Alpes (tableau I-3), auxquelles s'ajoute la BCOT déjà mentionnée. Outre les réacteurs de la centrale, qui forment deux INB par paires de tranches, les deux usines d'enrichissement, l'usine Comurhex et l'usine TU5 (les autres installations mentionnées ci-dessus étant des installations internes à ces INB ou appartenant à la partie des installations dites secrètes, ou INB-S, du site), la dernière INB civile recensée sur le site est l'usine SOCATRI de traitement des déchets pour récupération de l'uranium, exploitée par la filiale du même nom d'AREVA.

Tableau I-3 : Installations nucléaires de base (INB) civiles du site de Tricastin / Pierrelatte (hors BCOT)

N°	Nom	Activité	Autorisation / modification
87	CNPE Tricastin Réacteurs 1-2	Réacteurs	2 juil. 1976 / 12 déc. 1985 (périmètre)
88	CNPE Tricastin Réacteurs 3-4	Réacteurs	2 juil. 1976 / 12 déc. 1985 et 29 nov. 2004 (périmètre)
93	Usine Georges-Besse	Transformation de substances radioactives	8 sept. 1977 / 22 juin 1984 (périmètre) / 27 avril 2007
105	Usine de préparation d'hexafluorure d'uranium	Transformation de substances radioactives	10 juil. 1978 (décision de déclassement de statut secret)
138	Installation d'assainissement et récupération de l'uranium	Usine	22 juin 1984 / 29 nov. 1993 / 10 juin 2003
155	Installation TU5	Transformation de substances radioactives	7 juil. 1992 / 15 sept. 1994
168	Usine Georges-Besse II	Transformation de substances radioactives	27 avril 2007

Source : ASN, Rapport annuel 2012

⁶ Le réenrichissement de l'uranium issu du retraitement du combustible irradié n'étant pas possible dans l'usine Georges-Besse, il s'effectuait en Russie en abandonnant dans ce pays la partie appauvrie pour ne récupérer que la partie réenrichie. Le réenrichissement sera désormais possible dans l'usine Georges-Besse II.

Site de Marcoule

Le site de Marcoule, qui a joué un rôle central dans le développement des activités de retraitement, a été ouvert en 1956 par le CEA qui en est resté le seul exploitant jusqu'en 1976 : à cette date, sa filiale industrielle nouvellement créée, Cogéma, a repris les principales activités industrielles développées sur le site, qui comprend par ailleurs de nombreuses installations de recherche et développement.

Marcoule a notamment vu la mise en service, entre 1957 et 1960, de :

- la première usine de retraitement française, plus justement dénommée « usine de plutonium », UP1, destinée au traitement de combustibles de la filière « uranium naturel - graphite - gaz » (UNGG),
- les réacteurs UNGG destinés à la seule production de plutonium, G1, puis à la production combinée de plutonium et d'électricité, G2 et G3 (d'une puissance de 43 MWe chacun, respectivement mis en service en 1959 et 1960).

Le site abrite également deux réacteurs Célestin, principalement dédiés à la production de plutonium et de tritium pour les programmes militaires. Ces activités ont peu à peu stoppé : après G1 en 1968, les réacteurs G2 et G3 ont été définitivement arrêtés respectivement en 1980 et 1984. La production de plutonium militaire a cessé en 1991-1993, et UP1, dotée entre temps en 1978 d'un atelier de vitrification (l'Atelier de vitrification de Marcoule, AVM), a définitivement cessé ses activités en 1997.

L'activité historique de Marcoule a généré d'importantes quantités de déchets nucléaires, pour la plupart anciens, dont une grande partie est mal conditionnée, voire mal caractérisée. Les exploitants concernés (CEA, EDF et Cogéma), associés depuis 1996 dans un groupement d'intérêt économique dédié, le Codem, ont engagé en 1998 l'assainissement du site, qui devrait se poursuivre jusque 2040 au moins.

D'un point de vue réglementaire, le site de Marcoule abrite 5 INB civiles toutes administrativement situées en région Languedoc-Roussillon (tableau I-4). La principale installation en service aujourd'hui sur le site de Marcoule est Mélox, l'usine de fabrication de combustible MOX, mise en service par Cogéma en 1995 et exploitée aujourd'hui par MELOX S.A., filiale d'AREVA. Sa capacité, initialement de 101 tML (tonnes de Métal Lourde) par an, a été portée par autorisation à 145 tML en 2003 puis à 195 tML en 2007. L'usine produit surtout pour EDF, à raison de 100 tML par an en moyenne, et pour des clients étrangers du retraitement à La Hague réutilisant une partie de leur plutonium.

On trouve, parmi les autres installations :

- le réacteur Phénix, prototype industriel (250 MWe) de réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium, utilisé également comme outil de recherche pour la gestion des déchets hautement actifs, mis en service en 1974 et arrêté en 2009
 - le laboratoire d'étude du comportement des actinides mineurs Atalante, exploité par le CEA, et
 - le centre de traitement de déchets et d'effluents radioactifs Centraco, exploité par la Socodei, filiale d'AREVA.
- Le site de Marcoule abrite également une installation d'ionisation non liée à la filière nucléaire, exploitée comme celle de Marseille par la société Isotron France.

Enfin, le site de Marcoule a été choisi, compte tenu de son expérience et des compétences qui y sont rassemblées sur les réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium, pour abriter le futur prototype industriel de 4^{ème} génération pour lequel la France a décidé de poursuivre dans cette filière. Ce projet, dénommé ASTRID, doit répondre à l'objectif inscrit dans la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, qui prévoit dans le cadre des études et recherches sur la séparation et la transmutation des déchets haute et moyenne activité à vie longue de disposer avant 2020 d'un prototype d'installation. Le réacteur est mi-2012 au stade de l'avant-projet détaillé.

Tableau I-4 : Installations nucléaires de base (INB) du site de Marcoule

N°	Nom	Activité	Autorisation / modification
71	PHENIX	Réacteur prototype / de recherche	31 déc. 1969
148	ATALANTE	Laboratoire de recherche et développement	19 juil. 1989 / 22 juil. 1999 (report mise en service) / 22 juin 2007 (service)
151	MELOX	Fabrication de substances radioactives	21 mai 1990 / 30 juil. 1999 / 3 sept. 2003 / 4 oct. 2004 / 26 avril 2007
160	CENTRACO	Traitement de déchets et effluents	27 août 1996 / 9 fév. 2006 / 27 sept. 2008
170	GAMMATEC	Traitement par ionisation	25 sept. 2008

Source : ASN, Rapport annuel 2012

Principaux sites nucléaires sur le reste du territoire français

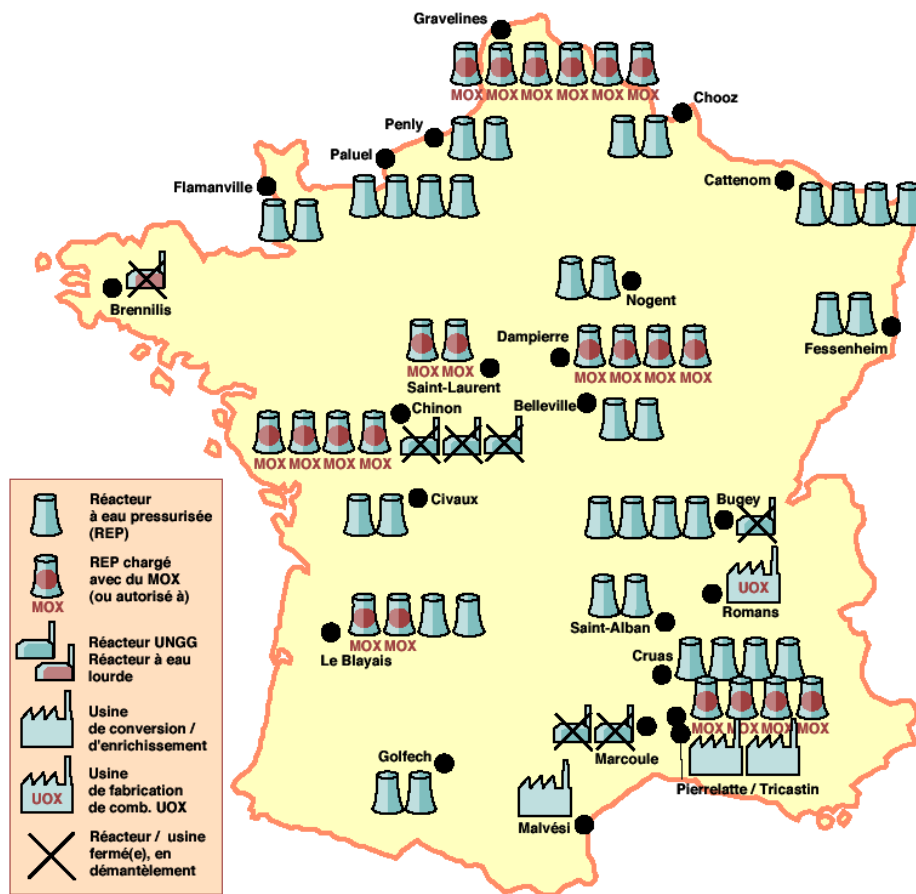
Au total, l'ensemble des INB présentes sur les trois sites impactant directement la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, c'est-à-dire Cadarache, Tricastin / Pierrelatte et Marcoule représente 34 entités soumises au régime des INB civiles, soit plus de 27 % des installations de ce type enregistrées sur le territoire national. Même si ce chiffre doit être nuancé par la très grande diversité des réalités physiques couvertes par le statut des INB⁷, il démontre la forte exposition de la région aux impacts socio-économiques et environnementaux de la filière électronucléaire en France.

Cette influence est encore renforcée si l'on intègre au périmètre d'analyse des installations nucléaires qui, sans être implantées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ou jouxter son territoire comme les précédentes, en sont suffisamment proches pour que leur zone d'impact potentiel touche, au moins en partie, le territoire de la région. Ces zones doivent s'apprécier à la fois en termes de bassins d'activité économique, qui ne recouvrent pas nécessairement les limites administratives du territoire, et de zones concernées par les impacts environnementaux, liées notamment aux bassins versants et aux régimes de vent pour les rejets des installations, et par les conséquences éventuelles d'un accident, qui dépendent bien sûr du type d'installation.

Les cartes I-3 et I-4 représentent, outre l'ensemble des réacteurs nucléaires, l'implantation en France des installations nucléaires concernées respectivement par la gestion de l'uranium et du plutonium pour ces réacteurs. Elles permettent d'identifier les principales installations d'intérêt. En effet, on observe d'une part la présence de plusieurs installations importantes dans les régions frontalières de Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon, et d'autre part l'éloignement de plusieurs centaines de kilomètres de l'ensemble des autres installations.

⁷ En effet, pour des raisons à la fois techniques, juridiques et historiques, le niveau de découpage en INB n'est pas uniforme selon les sites : par exemple les réacteurs d'EDF peuvent former individuellement une INB chacun ou être regroupées par paires dans une INB selon les centrales, et les usines de la chaîne du combustible du groupe ou les centres d'étude nucléaire du CEA peuvent former une ou plusieurs INB en ateliers selon les cas. De plus, il ne faut pas perdre de vue qu'une partie de ces INB n'est pas liée à la filière de production électronucléaire, tandis qu'à l'inverse des installations participant de cette filière ne relèvent pas du régime des INB.

Figure I-3 : Principaux sites liés à la gestion du combustible à l'uranium en France



Source : WISE-Paris, 2012

Figure I-4 : Principaux sites liés à la gestion du combustible au plutonium en France



Source : WISE-Paris, 2012

2-4 Centrales nucléaires hors de la région

On retiendra ainsi en premier lieu l'ensemble des réacteurs nucléaires en activité le long du Rhône ou de ses affluents, qui outre la centrale de Tricastin, la plus en aval et déjà évoquée, sont rassemblés dans trois autres CNPE, soit du plus amont au plus aval :

- le Bugey, qui compte quatre réacteurs en exploitation sur l'Ain. Il s'agit de quatre REP parmi les plus anciens de France, appartenant au premier palier construit dit CP0, de puissance 945 MWe pour les tranches Bugey-1 et 2 et 917 MWe pour les tranches 3 et 4, et mis en service en 1978 et 1979. La centrale compte également un réacteur de la filière UNGG, Bugey-1 (555 MWe), mis en service en 1972 et arrêté en 1994, actuellement en cours de démantèlement ;
- Saint-Alban, où sont exploités deux réacteurs REP de 1 381 MWe de puissance appartenant au palier dit P4, respectivement mis en service en 1985 et 1986 ;
- Cruas, qui regroupe quatre tranches REP de 956 MWe chacune appartenant au palier CP2, mis en service entre 1983 et 1985. Les réacteurs de Cruas sont les seuls en France à fonctionner partiellement avec un combustible dit URE (uranium réenrichi) issu du réenrichissement de l'uranium récupéré au cours du retraitement du combustible utilisé.

Répartition des centrales nucléaires françaises par rapport à la région

Les autres centrales nucléaires françaises sont toutes situées à la fois sur d'autres bassins versants, et à des distances plus importantes de la région. Le tableau I-5 indique pour chacune des 18 centrales françaises, en rappelant le nombre et le type de réacteurs qu'elle abrite et son attachement administratif, sa distance à la

région selon deux indicateurs : d'une part, la distance du centre du CNPE au centre de la capitale de la région, Marseille, et d'autre part, la distance minimale de la centrale aux frontières administratives de la région (en général, en fonction de l'orientation plus à l'ouest ou au nord de la centrale, un des trois points suivants : la pointe ouest du Parc naturel régional de Camargue, la pointe nord-ouest du Vaucluse à Lapalud, et la pointe nord du département des Hautes-Alpes à l'ouest de Monétier-les-Bains).

Comme on peut l'observer, les quatre centrales précitées se situent toutes entre 100 et 300 km de Marseille et dans une zone à peine éloignée de plus de 100 km de la région. Les quatorze autres centrales françaises sont au contraire implantées dans une zone de près de 300 km à près de 800 km du territoire de la région.

Tableau I-5 : Distance des 18 centrales nucléaires françaises en exploitation à la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Centrale	Type	Mise en service	Région (département)	Centre de Marseille	Limites de la région
Tricastin	4 x 900 MW	1980-81	Rhône-Alpes (Drôme)	126 km	1 km
Cruas-Meysse	4 x 900 MW	1984-85	Rhône-Alpes (Ardèche)	157 km	28 km
Saint-Alban	2 x 1300 MW	1986-87	Rhône-Alpes (Isère)	240 km	109 km
Le Bugey	4 x 900 MW	1979-80	Rhône-Alpes (Ain)	280 km	107 km
Golfech	2 x 1300 MW	1991-94	Midi-Pyrénées (Tarn-et-Garonne)	375 km	281 km
Fessenheim	2 x 900 MW	1978	Alsace (Haut-Rhin)	542 km	318 km
Belleville-sur-Loire	2 x 1300 MW	1986-89	Centre (Cher)	510 km	371 km
Civaux	2 x 1450 MW	2002	Poitou-Charentes (Vienne)	513 km	392 km
Dampierre	4 x 900 MW	1980-81	Centre (Loiret)	543 km	408 km
Nogent-sur-Seine	2 x 1300 MW	1988-89	Champagne-Ardenne (Aube)	600 km	431 km
Le Blayais	4 x 900 MW	1981-83	Aquitaine (Gironde)	531 km	435 km
Saint-Laurent-des-Eaux	2 x 900 MW	1983	Centre (Loir-et-Cher)	576 km	446 km
Chinon	4 x 900 MW	1984-88	Centre (Indre-et-Loire)	599 km	474 km
Cattenom	4 x 1300 MW	1986-91	Lorraine (Moselle)	686 km	478 km
Chooz	2 x 1450 MW	2000	Champagne-Ardenne (Ardennes)	759 km	563 km
Penly	2 x 1300 MW	1990-92	Haute-Normandie (Seine-Maritime)	810 km	659 km
Paluel	4 x 1300 MW	1985-86	Haute-Normandie (Seine-Maritime)	817 km	675 km
Gravelines	6 x 900 MW	1980-85	Nord-Pas-de-Calais (Nord)	895 km	724 km
Flamanville	2 x 1300 MW	1986-87	Basse-Normandie (Manche)	891 km	763 km

Source : Estimations WISE-Paris d'après Google Maps, 2012

Les 58 réacteurs français situés dans un rayon de 100 à 900 km de Marseille n'exercent bien sûr pas tous une influence aussi directe sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cependant, il convient de les intégrer à l'analyse en termes d'impacts potentiels, même pour les plus éloignés, pour plusieurs raisons. En premier lieu, ils contribuent tous à l'équilibre en énergie et en puissance du réseau électrique interconnecté dont bénéficie la région. Ensuite, le caractère standardisé des réacteurs d'EDF signifie que l'apparition d'un problème technique sur l'un d'entre eux pourrait avoir des répercussions sur l'évaluation de sûreté et sur la conduite des réacteurs les plus proches de la région. Enfin, l'étendue des retombées de la catastrophe survenue le 11 mars 2011 à Fukushima, après celle du 26 avril 1986 à Tchernobyl, montre que les conséquences d'un accident grave sur n'importe laquelle des centrales nucléaires françaises pourrait avoir des répercussions sur la région.

Répartition des centrales nucléaires européennes par rapport à la région

Il convient de noter que certaines centrales nucléaires en exploitation dans d'autres pays européens peuvent être situées plus près de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur que les plus éloignées des centrales françaises (Flamanville et Gravelines) : on n'en compte pas moins de 17, dont les plus proches à 450 km environ, dans cinq pays européens (la Suisse, l'Allemagne, la Belgique et l'Espagne). Le tableau I-6 recense les 32 réacteurs en service au 30 juin 2012 dans un rayon de moins de 1000 km de Marseille, dans huit pays (les précédents plus le Royaume-Uni, les Pays-Bas et la République Tchèque).

Ainsi, ce sont au total 90 réacteurs nucléaires qui sont exploités dans un rayon de 1000 km autour de Marseille (et d'autres, tels ceux des centrales allemandes de Grohnde ou d'Emsland, de Dukovany en République Tchèque ou encore d'Hinkley Point au Royaume-Uni, n'en sont à peine plus éloignés que de quelques dizaines de kilomètres), soit plus d'un réacteur sur cinq en service dans le monde (429 réacteurs en exploitation au 30 juin 2012, dont 132 dans l'Union Européenne)⁸.

Tableau I-6 : Réacteurs nucléaires en service en Europe dans un rayon inférieur à 1000 km de Marseille

Pays	Centrale	Type et puissance brute	Mise en service	Distance de Marseille
Suisse	Mühleberg	1 REB - 390 MW	1972	437 km
Suisse	Gösgen	1 REP - 1035 MW	1979	498 km
Suisse	Beznau	2 REP - 2 x 380 MW	1969-71	525 km
Suisse	Leibstadt	1 REB - 1220 MW	1984	529 km
Espagne	Vandellós	1 REP - 1087 MW	1988	452 km
Espagne	Ascó	2 REP - 1033 / 1027 MW	1984-86	458 km
Espagne	Garoña	1 REB - 466 MW	1971	699 km
Espagne	Cofrentes	1 REB - 1092 MW	1985	702 km
Espagne	Trillo	1 REP - 1066 MW	1988	720 km
Espagne	Almaraz	2 REP - 977 / 980 MW	1983-84	998 km
Allemagne	Gundremmingen	2 REB - 2 x 1344 MW	1984-85	701 km
Allemagne	Neckarwestheim	1 REP - 1400 MW	1989	705 km
Allemagne	Philippsburg	1 REP - 1458 MW	1985	706 km
Allemagne	Isar	1 REP - 1475 MW	1988	798 km
Allemagne	Grafenrheinfeld	1 REP - 1345 MW	1982	832 km
Belgique	Tihange	3 REP - 1009 / 1055 / 1065 MW	1975-85	808 km
Belgique	Doel	4 REP - 412 / 454 / 1056 / 1041 MW	1975-85	885 km
Slovénie	Krško	1 REP - 730 MW	1983	856 km
Royaume-Uni	Dungeness	2 AGR - 2 x 615 MW	1985-89	912 km
Pays-Bas	Borssele	1 REP - 515 MW	1973	917 km
République Tchèque	Temelin	2 REP - 2 x 1013 MW	2002-2003	954 km

Source : Estimations WISE-Paris d'après Google Maps, 2012

⁸ Schneider, M. et Froggatt, A., *World Nuclear Industry Status Report 2012*, Mycle Schneider Consulting, juillet 2012.

2-5 Autres installations nucléaires hors de la région

Il existe de nombreuses autres installations nucléaires que les réacteurs des centrales en France et en Europe. Toutes n'ont pas la même importance et donc la même influence. On retiendra ici les installations les plus proches d'influence régionale, et les installations plus éloignées lorsqu'elles ont une influence nationale.

Parmi les installations proches figure l'usine de conversion de Malvézi, située dans la région voisine, le Languedoc-Roussillon, dans le département de l'Aude. Cette usine est principalement consacrée à la conversion de l'uranium naturel sous la forme issue du traitement minier, le « yellow cake », en tétrafluorure d'uranium UF_4 (étape intermédiaire avant son enrichissement). Cette usine, exploitée par Comurhex et enregistrée administrativement sur la commune de Narbonne, a été créée avec un statut d'ICPE. Les quantités détenues par l'installation dans les bassins de décantation excèdent toutefois les seuils séparant dans ce cas le statut d'ICPE de celui d'INB (du fait notamment de la présence parmi l'uranium naturel de traces de radionucléides artificiels issus du traitement de combustibles irradiés), et l'ASN a demandé en 2009 la mise en conformité du statut. Un dossier de demande de « création » d'INB pour les deux bassins concernés, dénommée ECRIN, a été déposé fin 2010 et restait en cours d'instruction mi-2012. Toutefois, les bassins de stockage B1 et B2 des boues chargées issues du traitement chimique figurent déjà sans numéro à la nomenclature des INB tenue par l'ASN, et sont contrôlées à ce titre par la Division nucléaire de Marseille.

L'usine de Malvézi, qui traite aujourd'hui le yellow cake en provenance de mines d'uranium à l'étranger, traitait également l'uranium issu des mines françaises jusqu'à la fermeture de la dernière d'entre elles en 2001. L'inventaire MIMAUSA⁹ des anciens sites miniers d'uranium établi par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) recense plus de 250 sites ayant fait l'objet d'une exploration minière pour l'extraction de l'uranium sur le territoire français, et pour nombre d'entre eux d'une exploitation. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur n'a pas été significativement impactée par cette activité, qui s'est limitée à l'exploration de quelques sites¹⁰. Plusieurs sites importants ont toutefois été exploités dans les régions voisines. Les plus importants d'entre eux sont les sites du Cellier en Lozère et du Bosc (Lodève), dans l'Hérault, exploités respectivement jusqu'en 1988 et 1997 et qui concentrent chacun, dans des sites de stockage soumis au régime des ICPE, plus de 10 % de l'inventaire national des résidus de traitement du minerai d'uranium. Si la question de la gestion à long terme de ces sites pose d'importantes questions réglementaires et financières à l'échelle nationale, les enjeux environnementaux liés à la réhabilitation de ces sites et à leur réaménagement restent essentiellement locaux. Aussi nous ne traiterons pas des anciens sites miniers dans la suite de cette analyse.

Une autre installation proche jouant un rôle national dans la chaîne industrielle du combustible nucléaire est l'usine FBFC de fabrication du combustible à l'oxyde d'uranium enrichi UOX, implantée sur la commune de Romans-sur-Isère dans la région Rhône-Alpes, département de la Drôme. L'usine convertit l' UF_6 en poudre d'oxyde d'uranium UO_2 avant d'en fabriquer les pastilles de combustible ensuite conditionnées sous forme d'assemblages.

Parmi les installations un peu plus lointaines, un site important est celui de Creys-Malville, en Rhône-Alpes, département de l'Isère, qui abrite l'ancien réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium liquide Superphénix. Ce réacteur de 1 042 MWe, mis en service en 1986 et arrêté en décembre 1998, a fait l'objet d'un décret de mise à l'arrêt définitif (MAD) en mars 2006, qui encadre aujourd'hui ses activités de démantèlement. Si le combustible a dans ce cadre été déchargé du réacteur, ce cœur irradié est aujourd'hui entreposé, ainsi qu'un

⁹ IRSN, *Inventaire national des sites miniers d'uranium - Version 2*, novembre 2007. Cet inventaire est réalisé dans le cadre du programme Mémoire et Impact des Mines d'urAniUm : Synthèse et Archives (MIMAUSA), qui propose également une base de donnée en ligne des anciens sites miniers d'uranium français.

¹⁰ Un site du Var et trois sites des Alpes-Maritimes ont fait l'objet entre 1957 et 1959 de travaux de reconnaissance par petit chantier sans aucune extraction d'uranium : Le Charbonnier, sur la commune de Fréjus, dont le titre minier a expiré en 1988, la Cime du Raus sur la commune de Saorges, les Granges du Colonel sur la commune du Belvédère, et enfin Roya sur la commune de Saint-Étienne-de-Tinée, pour lesquels aucun titre minier n'a jamais été accordé.

cœur neuf fabriqué à Cadarache mais jamais utilisé, dans la piscine de refroidissement du combustible du réacteur.

Enfin, une installation nucléaire parmi les plus éloignées de la région Provence-Alpes-Côte d’Azur mérite d’être mentionnée compte tenu de son rôle essentiel dans la gestion du combustible irradié au niveau national, et de la zone potentiellement concernée par les conséquences d’un accident grave sur le site. Il s’agit du site des usines de retraitement du combustible à La Hague, dans le Cotentin, en Basse-Normandie, qui concentre en termes de combustibles usés, plutonium séparé et déchets du retraitement notamment, le plus grand inventaire de radioactivité en France et peut-être en Europe – et donc le plus grand potentiel de danger.

Le site de La Hague reçoit notamment, dans le cadre de la stratégie nationale qui consiste aujourd’hui à considérer le retraitement comme solution de référence pour le traitement immédiat ou différé de l’ensemble des combustibles irradiés, l’ensemble des combustibles irradiés déchargés des réacteurs nucléaires français, après une première période de refroidissement dans les piscines de désactivation des réacteurs. Créé en 1966 pour les besoins de séparation du plutonium du programme nucléaire militaire, le complexe industriel de La Hague s’est développé en plusieurs étapes, son activité s’orientant vers le retraitement de combustible français et étranger pour la production de plutonium civil destiné à alimenter un programme de réacteurs à neutrons rapides puis, après l’échec de cette filière, à l’utilisation du plutonium dans du combustible MOX, introduit en France en 1987. Bien que l’usine de La Hague dispose d’une capacité nominale de retraitement de 1 700 tonnes de métal lourd (tML) par an, soit environ 1,5 fois plus que les quantités déchargées annuellement par les réacteurs d’EDF, une fraction significative du combustible n’est pas retraitée à court terme. Aussi, les piscines d’entreposage du site contenaient au 31 décembre 2011, selon les indications d’AREVA, un total de 9 709 tML de combustible usé, appartenant à près de 99 % à l’opérateur EDF.

3- Impacts socio-économiques

Les installations nucléaires ont d’abord un impact socio-économique positif direct en termes notamment de création d’emploi, de soutien de l’activité économique, de taxes aux collectivités. Cet impact devrait en principe s’apprécier de façon relative, en tenant compte des moyens engagés en retard de ces retombées : il conviendrait par exemple de mesurer le nombre d’emplois créés rapporté au chiffre d’affaires de l’activité nucléaire et de le comparer à d’autres activités, tout en considérant les subventions directes et indirectes dont bénéficie ce secteur. L’information rassemblée dans le cadre de cette étude n’est pas de nature à permettre une analyse économique détaillée de ces effets de redistribution, et vise simplement à identifier les retombées constatées pour la région Provence-Alpes-Côte d’Azur et à essayer d’en évaluer les grandes masses.

Les bénéfices directs tirés par la collectivité de la présence sur ou autour de son territoire d’installations nucléaires doivent également s’apprécier en regard d’impacts négatifs. Ceux-ci concernent en particulier, les effets d’éviction liés à la présence de ces installations et les conséquences potentielles liées à la perception du risque radioactif sur des activités sensibles à l’image, comme le tourisme ou les productions agricoles, qui sont bien sûr renforcés par l’existence d’incidents et leur médiatisation¹¹. Enfin, la présence à des distances plus ou moins grandes d’installations nucléaires susceptibles de connaître des accidents graves menace le territoire de retombées radioactives pouvant entraîner une perturbation temporaire en cas d’évacuation, voire permanente et grave de l’ensemble de l’activité économique et sociale d’une partie au moins de la région.

¹¹ Rappelons, pour illustrer l’impact sur l’image d’un dysfonctionnement nucléaire, qu’une des conséquences de l’incident de SOCATRI en 2006 (fuite d’uranium à Tricastin) a été le changement de nom des productions viticoles des « Coteaux-du-Tricastin », renommés « Grignan-les-Adémar ».

3-1 Retombées fiscales directes

Les activités nucléaires génèrent différentes taxes générales telles que l'ancienne taxe professionnelle et ses remplaçantes ainsi que la taxe foncière, ou particulières telles que la taxe sur les INB et prélevées par les collectivités territoriales ou par l'État.

La Cour des comptes a par exemple indiqué¹² que le montant total des impôts et taxes payés par EDF et qui ont un lien direct ou indirect avec la production d'électricité nucléaire s'élevait en 2010 à 1 176 M€, répartis comme suit : 516 M€ de taxe sur les INB, 104 M€ de cotisation foncière des entreprises et 99 M€ de cotisation sur la valeur ajoutée, 187 M€ d'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (l'IFER, perçu par l'État en 2010 mais perçu depuis 2011 par les collectivités territoriales ou leurs regroupements communaux), 165 M€ de taxe foncière, 72 M€ de taxe destinée à Voie navigable de France, et enfin 32 M€ de redevances versées aux agences de bassin. Ce montant représente donc en moyenne 20,3 M€ d'impôts et taxes versés annuellement par réacteur.

Bien que la Cour des comptes ne fournisse pas d'évaluation agrégée du même type pour l'ensemble des activités liées à la filière électronucléaire, on peut estimer que cette contribution d'EDF pour les centrales représente la majeure partie des recettes fiscales générées par la filière, vu au niveau national. Ainsi par exemple, le montant total de la taxe sur les INB versé au budget de l'État par les exploitants s'élevait en 2010 à 580 M€.

Il faut par ailleurs préciser que la taxe sur les INB, créée en 2000, est destinée à compenser dans le budget de l'État les dépenses financées par des crédits publics et spécifiquement induites par l'activité de production électronucléaire. Ces dépenses s'élevaient en 2010, selon les estimations de la Cour des comptes qui a cherché pour la première fois à agréger l'ensemble des dépenses concernées, à 414 M€ de dépenses de recherche¹³ et 230 M€ de dépenses liées à la sécurité et à la sûreté nucléaires¹⁴, soit 644 M€ au total. Ces dépenses sont celles de l'État, et ne tiennent pas compte des dépenses directes des collectivités territoriales, notamment au profit du fonctionnement des Commissions locales d'information (CLI) attachées aux INB.

La répartition des contributions de la filière électronucléaire aux taxes locales varie bien sûr fortement en fonction de l'implantation des grands sites. Ainsi par exemple, dans un département faiblement industrialisé comme l'Ardèche, la centrale EDF de Cruas représentait en 2009, selon une étude commanditée en 2011 par AREVA sur la contribution de la filière nucléaire à l'économie française¹⁵, environ 3 % de la taxe foncière et 20 % de la taxe professionnelle prélevée dans le département, soit 13 % des recettes combinées de ces taxes locales.

3-2 Emplois et activités induites

Les principales retombées économiques positives pour la région portent sur les emplois générés par les activités de la filière électronucléaire sur son territoire ou dans les sites suffisamment proches de ses bassins

¹² Cour des comptes, *Les coûts de la filière électronucléaire*, janvier 2012.

¹³ Les dépenses de recherche publique comptabilisent les subventions directes de l'État aux organismes publics intervenant dans la recherche dans ce secteur : l'IRSN (128 M€ en 2010), le CEA (460 M€), l'ANDRA (112 M€) et le CNRS (28 M€). Ces subventions directes s'ajoutent aux financements provenant des industriels du secteur (EDF et AREVA) et à un prélèvement de quelques dizaines de millions sur la taxe INB pour l'ANDRA (qui vient s'ajouter aux 580 M€ mentionnés), pour aboutir à un budget total de recherche sur l'électronucléaire s'élevant à 1 056 M€ en 2010.

¹⁴ Les dépenses de sécurité et de sûreté recensées par la Cour des comptes incluent : le surcoût non remboursé par les exploitants dans les moyens de la Gendarmerie nationale (4 M€ en 2010, notamment pour la protection des transports), le coût de la sécurité civile, y compris la mise à disposition de pastilles d'iode (13 M€), la part de financement direct par l'État de l'ASN (68 M€) et de l'IRSN (129 M€, hors activités de recherche), et la contribution de la France au budget de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA, 16 M€).

¹⁵ PricewaterhouseCoopers, *Le poids socio-économique de l'électronucléaire en France*, mai 2011.

d'emplois, et peuvent s'apprécier en termes d'emplois créés, de valeur ajoutée ou de stimulation du tissu des entreprises locales. Il n'existe toutefois pas d'analyse économique agrégée sur ces indicateurs à l'échelle de la région. On peut s'approcher d'une évaluation globale des impacts au niveau de la région sous deux angles : le premier consiste à identifier la part de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dans une évaluation agrégée à l'échelle nationale des impacts économiques de la filière nucléaire. Le second consiste à analyser les données disponibles sur les impacts des principaux sites concernés.

Part de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dans l'activité nucléaire

Il existe très peu d'études complètes sur les retombées économiques à l'échelle nationale de la filière nucléaire. On s'appuie ici sur l'étude commanditée par AREVA à PricewaterhouseCoopers en 2011¹⁶, qui propose notamment une évaluation nationale du volume d'activités, de la valeur ajoutée, du tissu d'entreprises et du volume d'emplois associés à la filière électronucléaire en France. Cette évaluation semble s'appuyer sur une analyse détaillée des données statistiques par branche d'activité du nucléaire et par région, qui permet d'estimer grossièrement la part occupée dans cette activité nationale par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Toutefois cette étude de PricewaterhouseCoopers ne fournit que très peu de détail sur sa méthodologie d'agrégation et d'analyse des données, ce qui appelle à la prudence sur l'utilisation des résultats et des conclusions qu'elle propose. Ainsi, par exemple, l'étude évalue sur la base des données de l'année 2009 à 410 000 le nombre d'emplois générés au total par l'électronucléaire en France, soit 2 % de l'emploi total, alors qu'elle comptabilise 125 000 emplois directs dans la filière, représentant 3,7 % de l'emploi industriel (3,3 millions). Ce chiffre de 285 000 emplois générés hors de la filière par l'électronucléaire correspond à un ratio de 2,3 emplois hors filière pour 1 emploi direct, et il est très supérieur aux taux proches de 1 pour 1 généralement utilisés. Il s'appuie sur une interprétation très extensive des emplois générés, qui ajoute aux emplois indirects généralement considérés des emplois induits dont le principe et la méthode de comptabilisation apparaissent très contestables¹⁷.

On interprètera avec la même prudence les résultats en termes de valeur générée par le secteur. L'étude estime celle-ci à 12,3 milliards d'euros de valeur ajoutée directe pour 2009, représentant une contribution de 0,71 % au PIB (évalué à 1 700 milliards d'euros en 2009). Elle calcule une valeur ajoutée totale générée estimée à 33,5 milliards d'euros, ou 2 % du PIB, en incluant avec le même risque de double compte les activités directes, indirectes (8,8 milliards d'euros) et induites (12,3 milliards d'euros).

Ces résultats sont basés sur l'identification et l'analyse de 454 entreprises développant une spécialisation nucléaire dont 146 relevant de grands groupes industriels, 206 PME filiales de grands groupes (hors EDF et AREVA), et 102 PME indépendantes. Environ un tiers de ces entreprises sont entièrement spécialisées dans le secteur nucléaire.

Le tableau I-7 présente les résultats nationaux sur l'ensemble des indicateurs présentés par l'étude, ainsi que les résultats qu'elle propose pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sur le seul critère de l'emploi. Le tableau présente une répartition selon quatre grands secteurs de la filière électronucléaire, qui sont l'ensemble de l'amont de la chaîne du combustible (extraction, conversion, enrichissement, fabrication, ...), la construction des équipements (réacteurs, usines, ouvrages, gros composants, ...), l'exploitation et la maintenance (réacteurs, usines, et installations de recherche, ...), et enfin l'aval de la chaîne du combustible (gestion du combustible usé, retraitement, réutilisation de matières, entreposage et stockage de déchets, ...). Les activités générées par la filière électronucléaire dans les établissements publics, que l'étude

¹⁶ PricewaterhouseCoopers, *op. cit.*

¹⁷ Les emplois directs désignent les emplois directement générés sur le territoire français par l'activité électronucléaire dans des entreprises spécialisées ou possédant une spécialisation dans ce secteur. Les emplois indirects désignent les emplois soutenus par les commandes de la filière aux entreprises ne possédant pas de spécialisation dans cette filière. Enfin, les emplois induits désignent les emplois alimentés par les dépenses des employés directs et indirects.

n'affecte pas selon ces secteurs, ne sont pas comptabilisés dans ce tableau de résultats. Ainsi par exemple, les 7 000 emplois directs liés à la production électronucléaire au sein de l'ANDRA, de l'ASN, de l'IRSN et du CEA, sont soustraits dans ce tableau des 125 000 précédents.

Tableau I-7 : Contribution de la filière électronucléaire à l'économie nationale et en région Provence-Alpes-Côte d'Azur en 2009

France	Amont combustible	Construction	Maintenance, exploitation	Aval combustible	Total
Valeur du marché (milliards €)	4,1	7,2	15,1	3,5	29,9
Valeur ajoutée (milliards €)	1,6	2,7	5,8	1,5	11,6
Nombre d'entreprises	242	230	221	168	454
Taux de spécialisation	35 %	32 %	32 %	37 %	> 33 %
Part de PME indépendantes	25 %	23 %	22 %	26 %	22,5 %
Part de filiales de grands groupes	47 %	48 %	43 %	52 %	45,5 %
Emplois directs nucléaires	22 900	27 500	47 100	20 300	117 800
Part en emploi directs par secteur	19,5 %	23,3 %	40,0 %	17,2 %	100 %
Région PACA (estimations)	Amont combustible	Construction	Maintenance, exploitation	Aval combustible	Total
Emplois directs nucléaires	1 900	2 700	3 600	1 950	10 150
Part en emploi directs par secteur	18,7 %	26,6 %	35,5 %	19,2 %	100 %
Part du national (en emplois)	8,3 %	9,8 %	7,6 %	9,6 %	8,6 %

Source : PricewaterhouseCoopers, 2011 pour la France

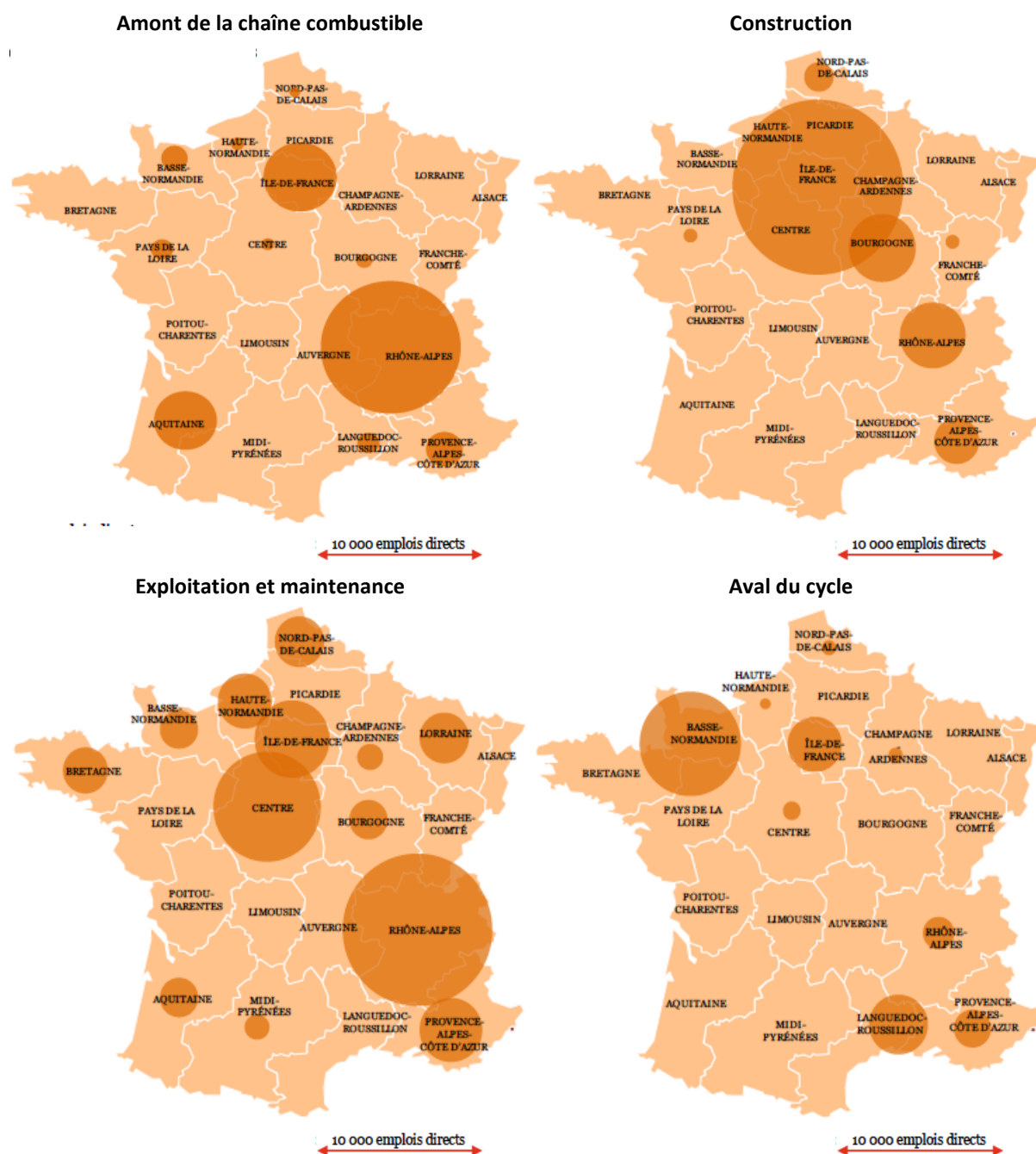
La répartition par région des emplois agrégés par l'étude aboutit à un total de 10 150 emplois directs liés à la filière électronucléaire en région Provence-Alpes-Côte d'Azur en 2009. En utilisant le même taux de 0,91 emploi indirect pour 1 emploi direct retenu par l'étude PricewaterhouseCoopers, ces emplois génèrent environ 9 240 emplois indirects, pour un total proche de 19 400 emplois directs et indirects.

Mesurée en termes d'emplois, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur représente environ 8,6 % de l'activité directe et indirecte générée par la filière électronucléaire au niveau national. On peut observer que la répartition entre les quatre secteurs de l'emploi dans la région est relativement homogène par rapport à la moyenne nationale : en particulier, l'absence de centrale nucléaire sur le territoire de la région ne se traduit que par une baisse relative de la part du poste exploitation et maintenance, qui s'établit à 35,5 % en Provence-Alpes-Côte d'Azur contre 40 % au niveau national. On mesure probablement ici, indirectement, les retombées positives pour l'emploi et l'activité dans la région des centrales nucléaires les plus proches, Tricastin et Cruas.

Cette relative homogénéité des résultats régionaux et nationaux sur l'emploi permet de supposer que la valeur générée en région Provence-Alpes-Côte d'Azur par la filière est relativement proportionnelle à la valeur au niveau national. Ainsi, on peut grossièrement estimer, par extrapolation de la méthodologie de l'étude PricewaterhouseCoopers, à 2,6 milliards d'euros la valeur directe générée par la filière électronucléaire dans la région en 2009, et à 1 milliards d'euros la valeur ajoutée. En appliquant les coefficients multiplicateurs utilisés par l'étude pour calculer la valeur indirecte, soit 0,66 pour 1 sur le chiffre d'affaires et 0,72 pour 1 sur la valeur ajoutée, le chiffre d'affaire indirect dans la région peut être estimé à 1,7 milliards d'euros et la valeur ajoutée indirecte à 0,7 milliard d'euros. Au total, la filière électronucléaire aurait représenté en 2009 pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur environ 4,4 milliards d'euros de volume économique pour 1,7 milliards d'euros de valeur ajoutée.

En complément, la carte I-5 qui illustre le poids respectif, en termes d'emplois directs, des différentes régions françaises dans les quatre grands secteurs d'activité de la filière nucléaire permet une interprétation plus nuancée de l'homogénéité constatée entre la région et le niveau national. Il apparaît en effet clairement que si la région est présente, avec un poids variant entre 7,6 % et 9,3 % selon les secteurs, dans tous les maillons de la chaîne de valeur nucléaire, cette relative homogénéité s'inscrit dans une grande hétérogénéité entre les régions au niveau national. Ainsi, la région n'apparaît comme leader dans aucun de ces secteurs, et figure au contraire au quatrième rang des régions dans chacun des secteurs, alors que d'autres régions exercent un fort leadership : Rhône-Alpes sur le secteur amont (31,4 % des emplois directs) et sur le secteur exploitation et maintenance (17,8 %), l'Ile-de-France sur le secteur construction (36 %) et la Basse-Normandie sur le secteur aval (27,6 %). La région Rhône-Alpes compte ainsi, par exemple, 21 200 emplois directs liés au nucléaire.

Figure I-5 : Répartition par région des emplois directs associés à la filière nucléaire en 2009



Source : PricewaterhouseCoopers, 2011

Retombées économiques du site de Cadarache

Le site nucléaire de Cadarache constitue un des plus grands centres de recherche et développement sur le nucléaire en Europe. Il représente en termes d'impact socio-économique, selon le rapport annuel du CEA pour l'année 2011¹⁸, une activité économique d'une valeur totale de 365 millions d'euros, dont 50 % en région Provence-Alpes-Côte d'Azur notamment dans les achats d'équipements et la sous-traitance. Il occupe hors ITER environ 5 200 personnes, dont 2 150 salariés du CEA, environ 1 000 salariés d'organismes implantés sur le

¹⁸ CEA, *Rapport transparence et sûreté nucléaire du Centre CEA/Cadarache 2011, 2012.*

site (le groupe AREVA d'une part et l'IRSN d'autre part), environ 1 700 salariés d'entreprises extérieures, et enfin de l'ordre de 350 collaborateurs venant d'organismes de recherche français et étrangers.

Le site de Cadarache abrite de plus deux des principaux projets de construction de nouvelles installations nucléaires actuellement en chantier en France. Le premier est le projet de réacteur de recherche Jules Horowitz (RJH), qui représente un investissement prévisionnel de 500 millions d'euros financés notamment à 50 % par le CEA, 20 % par EDF et 10 % par AREVA. Un financement à hauteur de 235 millions d'euros sur 2010-2013 a été prévu dans le cadre de la convention des Investissements d'avenir. Le chantier de construction représente selon les périodes 100 à 300 emplois directs et, selon l'exploitant, davantage d'emplois indirects. L'exploitation du réacteur de recherche, dont la mise en service est prévue en 2015, devrait représenter 150 emplois directs.

Le second chantier, de loin le plus important, est celui du projet de réacteur de démonstrateur de fusion, ITER. Le consortium international ITER Organization, chargé du développement du projet et de sa future exploitation, estime que la construction du réacteur, prévue jusqu'en 2015, représente en moyenne 600 emplois directs, et que l'exploitation du réacteur représentera jusqu'à 1 000 emplois directs. Une étude réalisée en 2002 estimait avec optimisme que le projet ITER créerait 3 000 emplois indirects pendant la construction, et 3 250 emplois indirects pendant l'exploitation (soit des ratios respectifs de 3 et 3,25 emplois indirects par emploi direct très supérieurs aux coefficients généralement retenus pour ce type d'analyse). L'étude précisait qu'environ les trois quarts des emplois ainsi créés le seraient en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Les coûts initialement prévus dans l'accord international de financement du projet se décomposaient en 4,6 milliards d'euros pour la construction, 4,8 milliards d'euros pour l'exploitation, et 0,5 milliards d'euros pour le démantèlement – soit un investissement total inférieur à 10 milliards d'euros sur 40 ans. La durée de construction a été révisée, de 10 ans à 12 ans, et le montant des investissements nécessaires à la seule construction a été réévalué pour être porté à 12,8 milliards d'euros. Les montants prévisionnels associés aux phases suivantes ont également été révisés, mais dans une moindre mesure, s'établissant à 5,3 milliards d'euros sur 20 ans pour l'exploitation, 280 millions d'euros pour la cessation définitive d'exploitation, et 530 millions d'euros pour le démantèlement (cette dernière somme devant être provisionnée par les partenaires pendant la phase d'exploitation).

L'Union européenne a révisé, conformément à l'accord de financement international, le montant de son investissement qui est ainsi passé de 2,7 à 6,6 milliards d'euros. La contribution de la France s'établit dans ce cadre à 1,1 milliard d'euros, financés à plus de la moitié par l'État et à hauteur de 476 millions d'euros au total par les huit collectivités territoriales de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les dépenses relatives aux travaux de viabilisation et d'aménagement du site réalisés entre 2007 et 2010 ont représenté 208 millions d'euros, tandis que le Conseil général a financé, pour un montant total de 55 millions d'euros, la réalisation d'une Ecole internationale multilingue ouverte aux enfants du personnel d'ITER, achevée en 2010.

La région peut en contrepartie attendre des retombées financières liées aux dépenses générées par le chantier. Ainsi, plus de 600 millions d'euros de contrat avaient été passés fin 2010 à des entreprises établies en France pour la réalisation du chantier, dont 70 % d'entre elles sont basées dans la région.

Parallèlement à ces nouveaux chantiers, une autre évolution majeure de l'activité sur le site de Cadarache concerne la mise à l'arrêt définitif et le démantèlement des installations anciennes. Ce programme, probablement appelé à s'amplifier dans les prochaines années compte tenu de l'ancienneté de nombreuses installations du site, concerne aujourd'hui quelques installations dont la plus importante est le complexe de fabrication de combustible au plutonium constitué de l'ATPu et du LPC associé. Bien que le CEA soit administrativement l'exploitant de ces installations, la maîtrise d'œuvre et d'ouvrage des opérations est confiée à AREVA. Le CEA s'est dégagé de cette responsabilité contre une soulte de 52 millions d'euros versée en 2004 à AREVA, qui ne retransférera la responsabilité au CEA que pour les dernières opérations de

déclassement. Les opérations de reconditionnement et d'évacuation des matières nucléaires ont été achevées en 2008 et les opérations d'assainissement se poursuivent. Ce chantier occupait fin 2011, selon AREVA, environ 100 salariés du groupe plus 200 salariés de sociétés prestataires.

Retombées économiques du site de Tricastin-Pierrelatte

Le site nucléaire de Tricastin-Pierrelatte regroupe essentiellement les activités de production d'électricité nucléaire dans la centrale d'EDF et de chimie et enrichissement de l'uranium dans les établissements d'AREVA NC.

La centrale EDF de Tricastin emploie près de 1 300 agents EDF et environ 500 salariés permanents d'entreprises extérieures. Elle a contribué en 2011 pour près de 80 millions d'euros à la fiscalité, répartis essentiellement entre 28,7 millions pour la redevance sur les installations nucléaires, 25,6 millions de taxes pour les voies navigables, 1 million de redevance bassin, 19,9 millions d'IFER, et 2,2 millions de taxes foncières. Sa contribution à l'activité économique du territoire est évaluée par EDF à plus de 27 millions d'euros en 2011 de marchés de service et de maintenance confiés aux entreprises locales ou régionales.

Les activités de conversion de l'uranium, concentrées sur les deux établissements de Comurhex, filiale d'AREVA NC, à Malvési et Pierrelatte représentaient au total en 2011, selon le document de référence du groupe¹⁹, 241 millions d'euros de chiffre d'affaire et 1 671 employés²⁰. Le groupe AREVA a engagé depuis plusieurs années à Pierrelatte et Malvési le projet dit Comurhex II, destiné à construire sur les deux sites de nouvelles usines de conversion de l' U_3O_8 en UF_4 à Malvési puis d' UF_4 en UF_6 à Pierrelatte, avec pour objectif de moderniser l'outil de production tout en portant la capacité de conversion d'uranium naturel en UF_6 de 13 000 tonnes par an actuellement à 15 000 tonnes, avec la possibilité d'étendre cette capacité à 21 000 tonnes si le marché le justifie. Ce projet représente au total un investissement prévu de 600 millions d'euros sur les deux sites. Les travaux ont été engagés en 2009 sur chacun des sites. La construction de nouvelles capacités s'accompagne à Malvési d'importants travaux d'aménagement visant à réduire l'impact environnemental du site.

Cette modernisation de l'outil de production s'accompagnera probablement d'opérations de reconversion et d'assainissement, voire de démantèlement d'anciennes installations sur ces deux sites. Le groupe AREVA s'est déjà engagé dans les opérations de démantèlement de l'usine de Miramas, qui se poursuivent encore après le déclassement avec l'assainissement des sols. Ces opérations, qui doivent se poursuivre jusqu'en 2014 environ, occupent une cinquantaine de personnes sur le site.

Les activités d'enrichissement de l'uranium du groupe AREVA, qui regroupent sur le site du Tricastin l'usine Georges Besse d'enrichissement par diffusion gazeuse, exploitée par EURODIF, l'usine SOCATRI de maintenance des équipements de la précédente, filiale à 100 % d'EURODIF, et l'usine Georges Besse II d'enrichissement par centrifugation, exploitée par la Société d'enrichissement du Tricastin (SET), représentaient en 2011 un chiffre d'affaires de 882 millions d'euros pour 2 812 employés. L'usine Georges Besse II, dont la production a commencé en avril 2011 et qui doit atteindre sa pleine capacité en 2016, représente un investissement initialement estimé à 3 milliards d'euros. Le groupe AREVA prépare également le chantier de démantèlement de l'usine Georges Besse, dont la production a été arrêtée en 2012.

Retombées économiques du site de Marcoule

Le site nucléaire de Marcoule regroupe essentiellement des activités du CEA et du groupe AREVA. Environ 5 000 personnes travaillaient en 2011 sur le site, dont 1 550 salariés du CEA et 1 000 salariés d'AREVA, partagés

¹⁹ AREVA, *Document de référence 2011*, déposé auprès de l'Autorité des marchés financiers (AMF) en mars 2012.

²⁰ Le groupe AREVA NC employait précisément fin 2011 sur le site 361 salariés dans l'usine COMURHEX, 889 salariés dans l'usine EURODIF (Georges Besse), 301 salariés dans l'usine SET (Georges Besse II), 921 salariés dans l'usine AREVA NC Pierrelatte, 264 salariés dans SOCATRI, et 140 salariés dans l'usine FBFC-CERCA.

entre les opérations d'assainissement et de démantèlement des installations nucléaires arrivées en fin de vie, et l'exploitation d'installations industrielles dont la principale est l'usine de combustible MOX, MELOX.

L'évolution défavorable des programmes d'utilisation de combustible MOX en Europe et dans le monde (par rapport aux projections françaises) a conduit AREVA à suspendre des investissements d'augmentation de la capacité de production de MELOX, un temps justifiés par la nécessité d'absorber la capacité de production fermée à Cadarache, mais aujourd'hui qualifiés de « non nécessaires à court terme » par AREVA²¹. L'usine fait néanmoins l'objet d'investissements réguliers destinés à la maintenance et à la sûreté qu'il est prévu de maintenir à un niveau estimé par AREVA à 20 millions d'euros par an en moyenne.

Le site de Marcoule doit toutefois également abriter un grand chantier dans les prochaines années : celui du futur prototype industriel de réacteur de 4^{ème} génération, ASTRID. Le projet est actuellement dans une phase d'étude qui doit se poursuivre jusqu'en 2017 au moins. Sa construction n'est pas encore programmée, si bien que l'objectif fixé par la loi de 2006 d'une mise en service en 2020 a d'ores et déjà très peu de chances d'être tenu. Le budget envisagé pour la conception et la construction de ce prototype est de 5 milliards d'euros, dont un investissement initial de 650 millions d'euros a été engagé pour la première phase d'étude (2010-2017) dans le cadre de la convention des Investissements d'avenir. La Cour des comptes a relevé que le coût final de construction restait hautement incertain, et que la poursuite du projet au-delà de l'avant-projet détaillé nécessiterait « d'autres formes de financement, probablement en grande partie publics, car ce démonstrateur sera encore loin d'avoir atteint la maturité industrielle »²².

Enfin, le site de Marcoule comporte comme les précédents des installations anciennes dont le démantèlement est engagé ou prévu à court terme. Il abrite en particulier l'énorme chantier de l'assainissement, de l'évacuation des déchets anciens et du démantèlement de la première usine de retraitement française, UP1. Depuis 2005, AREVA conduit ces opérations dans le cadre d'un partenariat industriel courant jusqu'à 2015, incluant dans le cadre de la nouvelle contractualisation 2011-2015 une mission de coordination de ce démantèlement. AREVA exploite également sur le site différentes installations industrielles liées à la gestion de ces opérations. Au total, environ 900 salariés d'AREVA sont occupés par ce grand chantier. Alors que le coût total du démantèlement était initialement destiné à plus de 4 milliards d'euros, avec un risque financier important de voir ce coût augmenter, les deux partenaires du CEA, EDF et AREVA, ont respectivement dégagé leur responsabilité, laissant ainsi au CEA le soin de faire face à d'éventuels surcoûts, contre une soulte versée en 2004 de respectivement 1 141 millions d'euros pour EDF, et 427 millions d'euros pour AREVA. De même, EDF a dégagé sa responsabilité du démantèlement à venir du réacteur à neutrons rapides Phénix en versant en 2008 au CEA une soulte de 121 millions d'euros.

3-3 Effets d'éviction liés à l'activité nucléaire

Les effets d'éviction sont principalement liés aux incompatibilités réelles ou anticipées de certaines activités par rapport aux risques supportés par les territoires dans la zone d'influence des installations nucléaires. La nature et l'étendue de ces effets dépendent de nombreux facteurs liés aux caractéristiques de l'environnement des installations comme source d'aléas (climatiques, sismiques, industriels, etc.), aux caractéristiques de l'installation elle-même ou des installations d'un même site (son potentiel de danger, lié à l'inventaire de matières et à ses conditions physico-chimiques de gestion), et aux caractéristiques de l'environnement comme cible des conséquences du fonctionnement ou des dysfonctionnements de l'installation (direction des vents, densité de population, nature et densité des activités économiques, etc.).

²¹ AREVA, mars 2012, *op. cit.*

²² Cour des comptes, janvier 2012, *op. cit.*

Maîtrise des activités autour des installations nucléaires

L'éviction se manifeste – ou devrait se manifester – dans la gestion de l'aménagement des territoires autour des sites. La question de la cohabitation d'habitats relativement denses ou d'activités à proximité des installations nucléaires n'a été envisagée, lors de leur implantation, que par rapport à l'existant, sans se projeter dans une analyse prospective sur l'évolution des territoires. Pour réduire les enjeux, les installations ont souvent été implantées dans des zones peu denses en population et en activité.

Le développement économique engendré localement par la présence des installations nucléaires, combiné à la tendance de fond à l'étalement urbain, a aujourd'hui renversé cette problématique. Comme l'a rappelé le Ministre de l'écologie dans une circulaire en février 2010, « des dispositions importantes sont mises en œuvre dès la conception des installations nucléaires, durant leur construction, puis tout au long de leur exploitation pour réduire les risques pour l'environnement et les populations voisines. Néanmoins, et à toutes fins utiles, dans le cadre d'une démarche de défense en profondeur, il est également souhaitable de prévoir des mesures préventives ou d'urgence à mettre en œuvre pour faire face à un accident. Ainsi, au-delà des plans mis en œuvre pour assurer la sécurité des personnes en cas de situation d'urgence, il est également nécessaire d'assurer la maîtrise du développement des activités susceptibles d'accroître l'exposition des populations aux risques »²³. Cette circulaire, rappelant que les pouvoirs publics disposent de différents outils juridiques pour restreindre les usages du sol autour des installations, souligne « qu'il est utile d'adopter une démarche de développement prudente des activités, constructions ou équipements nouveaux au voisinage des installations nucléaires ».

Un projet de guide relatif à cette maîtrise des risques a été soumis à consultation à la fin de l'année 2011. Il souligne notamment que « le dialogue entre les acteurs locaux et les services de l'Etat vise, à partir de la caractérisation du risque, à examiner les spécificités et les enjeux du territoire concerné et à identifier les perspectives de développement du territoire les plus adaptées compte-tenu des risques liés aux activités nucléaires »²⁴. Ce guide introduit notamment les notions de zone d'aléa et de zone d'aléa à cinétique rapide autour de l'installation, et celle de vulnérabilité des territoires. Il insiste sur le « porter à connaissance » (PAC) qui a pour mission « d'informer les collectivités locales (communes et établissements publics de coopération intercommunale compétents en matière d'urbanisme) des risques potentiels sur leur territoire dont l'Etat a connaissance. Il est élaboré sous l'égide du préfet, et comprend la description du risque lié aux activités nucléaires (éléments techniques établis par l'exploitant et instruits par l'ASN) ».

La préoccupation que suscite le rattrapage (ou le risque de rattrapage) des sites nucléaires par le développement urbain ou périurbain nécessite de revoir les servitudes appliquées dans la zone d'influence des installations. Ce point devient bien sûr très délicat dès lors qu'on doit par ailleurs envisager, à la lumière de la catastrophe de Fukushima, une extension des zones susceptibles de justifier une mise à l'abri, une évacuation voire une exclusion (voir plus loin dans la partie impacts et risques).

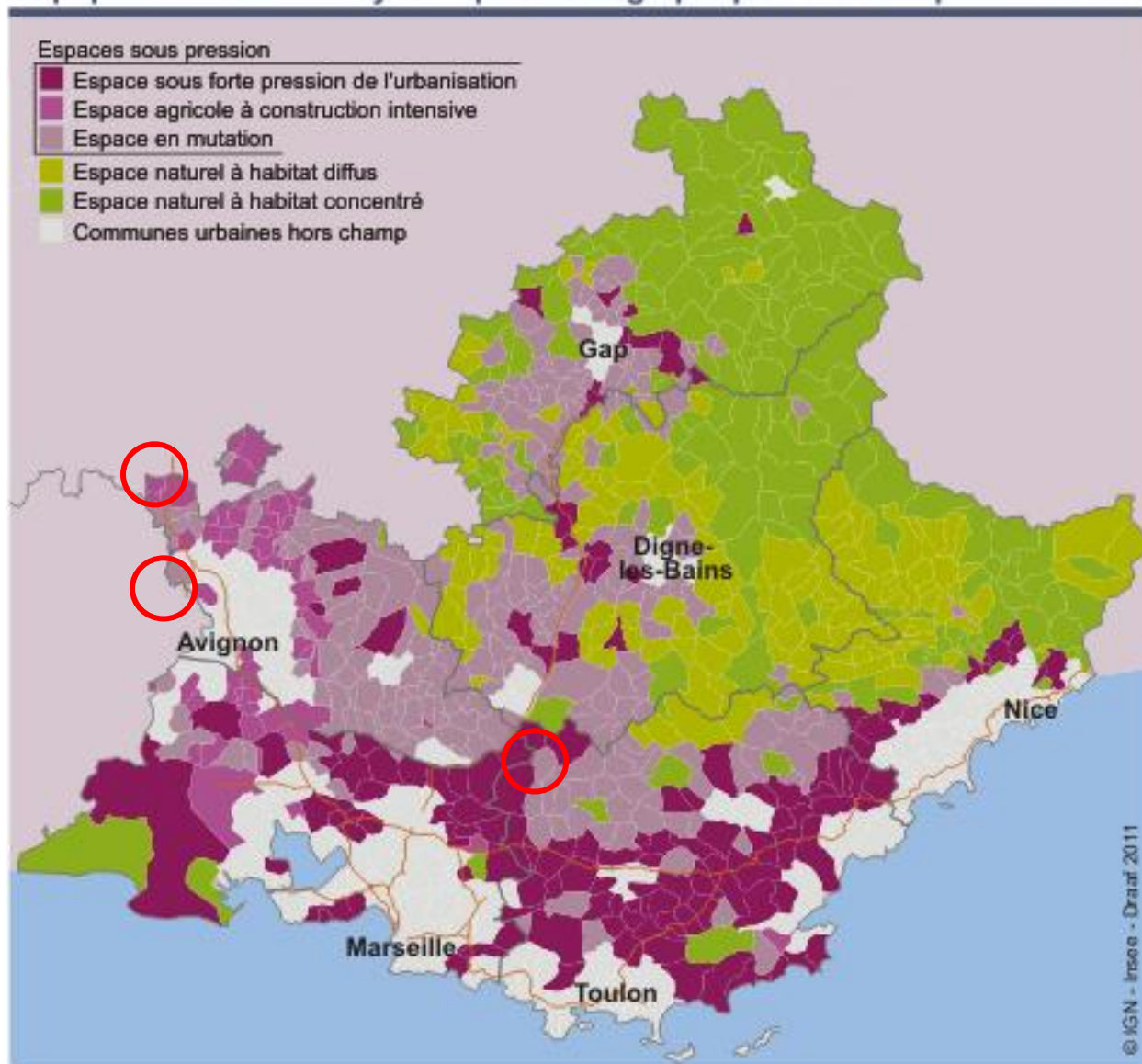
Ces effets d'éviction et ces risques sont associés à une concurrence entre les différents usages du sol très forte en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, comme l'illustre la figure I-6 ; les zones de Tricastin-Pierrelatte, Marcoule et Cadarache (cercles rouges centrés sur les sites) se situent dans les zones de pression foncière forte.

²³ Circulaire du 17/02/10 relative à la maîtrise des activités au voisinage des installations nucléaires de base (INB) susceptibles de présenter des dangers à l'extérieur du site, *Bulletin officiel MEEDDM* n° 12 du 10 juillet 2010.

²⁴ DGPR / ASN, Guide relatif à la maîtrise des activités au voisinage des INB, projet soumis à consultation publique du 17 octobre au 17 décembre 2011.

Figure I-6 : Tensions sur l'usage des terres en Provence-Alpes-Côte d'Azur et zoom sur les installations nucléaires

Typologie des communes rurales, périurbaines et urbaines à faible densité de population selon les dynamiques démographiques et d'occupation des sols



Note : les communes urbaines sont hors champs de l'étude, elles apparaissent en gris clair sur la carte. Le vert représente des espaces naturels où l'habitat est plus ou moins diffus.

Sources : Agreste (Recensement agricole 2000), Insee, Ocsol, Sitadel

Atteinte aux activités économiques dues à la présence d'installations nucléaires

Un autre phénomène pouvant conduire à des impacts socio-économiques négatifs par éviction porte sur un mécanisme en quelque sorte inverse du précédent : il s'agit de l'impact que peuvent subir des activités bien implantées dans le cadre d'une réévaluation du risque (aussi bien en termes d'étendue du périmètre d'influence que de nature des conséquences à l'intérieur de cette zone). À noter que ce phénomène relève de la perception collective du risque, qui peut être très déconnectée, dans un sens comme dans l'autre, de l'appréciation du risque par les experts. Un tel effet d'éviction peut être en général associé soit à la précaution

vis-à-vis d'une contamination chronique et historique, soit à la réaction vis-à-vis d'un incident entraînant des rejets (deux situations que la circulaire précédente ne traite pas).

Impact économique d'un accident majeur

Enfin l'éviction peut être imposée dans le cadre d'un accident nucléaire dès lors que celui-ci entraîne des rejets significatifs de radioactivité. La réévaluation de la sûreté engagée après Fukushima amène à conclure à la possibilité, sur tous les sites de centrales et de grosses usines de la chaîne combustible, d'un accident majeur porteur de conséquences bien supérieures à celles qui sont en général envisagées dans la programmation de la gestion d'un accident. D'un point de vue économique, cela signifie que les mesures d'évacuation et le cas échéant d'exclusion menacent le territoire de la région. Et ce d'autant plus qu'avec la gravité de l'accident à envisager et des rejets associés augmente la distance à laquelle les mesures d'évacuation, de restriction d'usage voire d'exclusion peuvent s'avérer nécessaires. En d'autres termes, en l'état de la répartition de centrales (françaises et européennes) autour de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, celle-ci est exposée à ce que tout ou partie de son territoire soit confronté à de telles mesures.

Sur le plan financier, le coût d'un accident majeur de l'ampleur des catastrophes de Tchernobyl ou de Fukushima est impossible à quantifier avec précision. Différentes méthodes, fondées sur l'évaluation des actifs et des territoires détruits ou immobilisés, du coût des mesures de reprise des installations ou encore des mesures de compensation des victimes, conduisent à des sommes de l'ordre de quelques dizaines de milliards d'euros pour un accident grave comme celui de Three Mile Island aux États-Unis à plusieurs centaines de milliards d'euros pour un accident majeur²⁵. Les exploitants ne sont assurés en responsabilité civile que pour une faible fraction de cette somme : celle-ci s'élève dans l'application actuelle des conventions internationales régissant cette question à 5,75 millions d'euros, et doit être portée à 700 millions d'euros dans le cadre d'un Protocole modifiant ces conventions signé en 2004 mais qui reste en attente de ratification. La différence est prise en charge par la collectivité nationale, voire au-delà d'un certain seuil par la communauté internationale, mais les mécanismes de financement et la place occupée par la région dans ce contexte n'apparaissent pas clairement définis aujourd'hui.

4- Impacts environnementaux et risques

Nous nous intéressons dans cette partie à l'ensemble des impacts sur l'environnement et sur les populations des installations nucléaires, en distinguant les impacts générés dans le cadre du fonctionnement normal de ces installations et les risques qui existent, et les impacts associés à un dysfonctionnement.

Nous discutons d'abord, dans ce cadre, des rejets radioactifs en exploitation des différentes installations situées sur le territoire ou au voisinage du territoire de la région, voire pour les rejets liquides en amont de son bassin versant, et des évaluations des conséquences environnementales et sanitaires de ces rejets.

Le deuxième point concerne les déchets et matières entreposés sur les différents sites nucléaires de la région, qui sont analysés avec suffisamment de détail pour caractériser à la fois leur présence dans la situation actuelle, mais aussi les possibilités d'évacuation ou le risque d'accumulation de ces déchets dans le moyen et long termes. Cette question est également liée au chantier du démantèlement des installations de la région.

Enfin, nous nous intéressons aux risques liés aux incidents et accidents pouvant survenir sur les sites, en tirant en particulier les enseignements de la catastrophe de Fukushima en termes de risques et de conséquences des accidents majeurs pour réévaluer la menace que représentent des installations, même relativement lointaines, pour le territoire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

²⁵ Cour des comptes, janvier 2012, *op. cit.*

4-1 Rejets des installations nucléaires de la zone sud-est

La première source de préoccupation liée à la présence d'installations nucléaires concerne les rejets engendrés par ces installations, et notamment l'impact des rejets radioactifs auxquels elles sont autorisés en fonctionnement normal. Nous décrivons dans la suite les rejets réels déclarés par les exploitants pour l'année 2011, en les rapportant systématiquement aux autorisations de rejets annuelles. Pour faciliter la comparaison, celles-ci sont toutes exprimées ici, malgré la disparité des valeurs autorisées selon la nature des radionucléides entrant en jeu, dans la même unité de GBq/an (gigabecquerel par an). Par ailleurs, bien que l'impact des installations nucléaires comporte également un volet lié aux rejets chimiques, nous ne traitons ici que les rejets radiologiques.

Les résultats des évaluations réglementaires menées par les exploitants sur l'impact de ces rejets radioactifs sur les populations sont présentés pour chacun des sites. Cet impact est estimé à travers le calcul par une modélisation du comportement des rejets dans l'environnement et de scénarios d'exposition de populations proches de l'installation dites « groupes de référence », de l'exposition radiologique engendrée par ces rejets. Cette exposition est estimée en termes de dose efficace ajoutée aux autres sources d'exposition naturelle ou artificielle à la radioactivité. La réglementation impose, pour la protection du public, que l'exposition due à l'ensemble des activités de l'industrie nucléaire des personnes ne dépasse pas une dose efficace ajoutée de 1 mSv/an (millisievert par an).

Rejets radioactifs du site de Cadarache

Les rejets atmosphériques du site de Cadarache font l'objet de limites d'autorisations et de mesures de surveillance individualisées pour les différentes INB du site autorisées à rejeter divers radionucléides – qui étaient par ailleurs en cours de révision en 2011. Au total, 13 INB du CEA bénéficient d'autorisations de rejets portant sur le tritium (total des autorisations d'INB, environ 11 150 GBq/an), le carbone-14 (total environ 9 GBq/an), les gaz rares (123 700 GBq/an), les halogènes (0,46 GBq/an), une valeur globale en émetteurs bêta gamma (512 GBq/an) et une valeur globale en émetteurs alpha (0,012 GBq/an). Les valeurs rejetées en 2011 varient selon les installations et les radionucléides de quelques millièmes à un tiers environ de ces autorisations. Les deux installations exploitées par AREVA NC (l'ATPu et le LPC) ont des autorisations fixées pour chacune d'elles à 0,002 GBq/an en rejets alpha et 0,003 GBq/an en rejets bêta gamma. Les installations ont rejeté en 2011 respectivement 2,9 % et 3,7 % de leurs autorisations en alpha et 15,1 % et 3,8 % de leurs autorisations en bêta gamma.

Les rejets liquides dans la Durance font l'objet d'un traitement commun avant rejet dans l'INB n° 37 (Station de traitement des effluents liquides). Les autorisations de rejets ne sont donc pas individualisées. Les autorisations portent sur le tritium (limite de 1 000 GBq/an), le carbone-14 (0,5 GBq/an), le total bêta (1,5 GBq/an) et le total alpha (0,13 GBq/an) – un type de radioactivité que les centrales d'EDF n'ont par exemple pas l'autorisation de rejeter. En 2011, le site de Cadarache a rejeté respectivement 1,6 %, 2 %, 13,4 % et 0,3 % de ses autorisations de rejets liquides.

La future mise en service sur le site de Cadarache du réacteur ITER s'accompagnera de rejets radioactifs associés à cette installation dont il est toutefois trop tôt pour apprécier l'impact, puisque l'installation ne dispose pas encore, au stade actuel de construction, d'autorisation de rejets radioactifs. Le sujet principal portera probablement sur les rejets de tritium compte tenu des quantités très importantes qui seront manipulées dans l'installation.

Ces valeurs de rejets conduisent selon les méthodes d'évaluation d'impact dosimétrique sur les populations à des estimations de dose efficace ajoutée de 2,1 µSv/an pour un adulte de référence à Saint-Paul-les-Durance, et 2,9 µSv/an pour un adulte de référence au Hameau de Cadarache. Ceci représente une exposition ajoutée environ 500 fois moins élevée que la limite de 1 mSv/an fixée par la réglementation.

Rejets radioactifs du site de Tricastin-Pierrelatte

Les installations d'AREVA NC sur le site de Tricastin-Pierrelatte disposent d'autorisations de rejets gazeux fixées séparément pour la partie installation secrète (INBS), qui inclut l'atelier TU2 aujourd'hui à l'arrêt, pour les installations W et TU5, pour COMURHEX, pour l'usine Georges Besse, et pour SOCATRI. Au total, les installations ont rejeté en 2011 environ 2 % des autorisations cumulées en déchets alpha d'uranium ou de transuraniens (limite cumulée de 0,515 GBq/an), 1,1 % des autorisations pour les produits de fission et d'activation (0,43 GBq/an), 0,5 % pour le tritium (510 GBq/an) et 6,3 % pour le carbone-14 (38 GBq/an). L'usine EURODIF possède une autorisation de rejets atmosphériques en valeur totale (1,8 %) utilisée à 1,7 % en 2011.

En termes de rejets liquides, les usines AREVA NC Pierrelatte ont rejeté en 2011 environ 34,7 % de leur autorisation en alpha uranium (9,9 GBq/an), 0,7 % de leur autorisation en alpha transuraniens (9,8 GBq/an), et 0,05 % de leur autorisation en produits de fission (406 GBq). 0,005 % de leur autorisation en tritium (11 700 GBq/an) et 2,8 % de leur autorisation en carbone-14 (2,5 GBq/an). L'usine COMURHEX a rejeté une fraction plus faible encore de son autorisation en tritium (9 000 000 GBq/an) et 3,9 % de son autorisation en carbone-14 (15 GBq/an). Enfin SOCATRI, qui traite avant rejet les effluents liquides d'EURODIF et de la SET, a rejeté en 2011 environ 2,2 % de son autorisation en uranium (0,717 GBq/an).

Les rejets liquides sont également évalués en termes de rejets d'uranium dans la Gaffière et le canal de Donzère Mondragon. Les rejets s'élevaient en 2011 à 115 kg environ, essentiellement de l'établissement AREVA NC (92 kg), de la COMURHEX (26,3 kg) et pour une faible part, via SOCATRI, des deux usines d'enrichissement (0,05 kg). La traduction en valeur limite pour le site, dérivée des limites en concentration ou en radioactivité des différentes installations, représente 266 kg par an.

Suite à l'incident SOCATRI de 2006 et à la mise en évidence de concentrations en uranium dans l'environnement du site, les études menées par AREVA et par l'IRSN n'ont pas permis de conclure sur l'origine précise de cette situation, ni d'identifier le mécanisme de transfert éventuel. Une surveillance renforcée est mise en place. Par ailleurs en 2011, une barrière a été mise en place, sous forme de voile étanche, entre la Gaffière où arrivent les rejets, et la nappe alluviale, complétée d'un dispositif de pompage refoulant les excès d'eau déviée vers le canal de Donzère Mondragon, qui est effectif depuis juillet 2011.

Du point de vue de l'impact dosimétrique, les valeurs de rejets des installations d'AREVA NC sur le site de Tricastin-Pierrelatte conduisent à une estimation de la dose efficace ajoutée de 0,3 µSv/an au groupe de référence des Prés Guérinés et 0,4 µSv/an au groupe de référence du Clos de Bonnot.

En 2011, les rejets gazeux de la centrale nucléaire du Tricastin ont représenté pour l'ensemble des quatre réacteurs 25 % de l'autorisation de rejets atmosphériques du site en tritium (limite de 8 000 GBq/an), 22 % de l'autorisation en carbone-14 (2 200 GBq/an), 2,9 % de l'autorisation en iodes (1,6 GBq/an), 10,1 % de l'autorisation pour les gaz rares (72 000 GBq/an), et 0,3 % de l'autorisation pour les autres produits de fission et d'activation émetteurs bêta et gamma (1,6 GBq/an). De la même manière, les rejets liquides de la centrale ont représenté 54 % de l'autorisation en tritium (limite de 90 000 GBq/an), 9,6 % de l'autorisation en carbone-14 (260 GBq/an), 6 % de l'autorisation en iodes (0,6 GBq/an) et 1 % de l'autorisation en autres produits de fission et d'activation émetteurs bêta et gamma (60 GBq/an). Ces rejets représentent, en termes d'impact dosimétrique calculé comme pour les installations précédentes par la modélisation des transferts à l'environnement et des scénarios d'exposition de populations de référence, une dose efficace ajoutée inférieure à quelques µSv/an.

Rejets radioactifs du site de Marcoule

Sur le site de Marcoule, les autorisations de rejets gazeux distinguent les installations du CEA et celles d'AREVA et d'EDF. Pour le CEA, les autorisations sont fixées individuellement pour les deux INB que constituent Phénix et Atalante, en distinguant quatre catégories pour le premier et une cinquième pour la seconde. Les rejets combinés des deux installations en 2011 représentaient, par rapport à leurs limites annuelles additionnées,

1,6 % pour les aérosols bêta gamma (limite de 43,7 GBq/an, incluant pour Phénix l'autorisation en gaz halogènes), 0,7 % pour les aérosols alpha (0,037 GBq/an, qui ne concernent qu'Atalante), 0,01 % pour le tritium (400 GBq/an), 0,02 % pour les gaz halogènes (50 GBq/an, incluant pour Phénix l'autorisation en aérosols non alpha), et enfin 6,1 % pour le total gaz hors tritium (770 000 GBq/an, incluant en fait pour Phénix l'autorisation en tritium). Pour MELOX, les rejets sont en 2011 inférieurs à 0,01 % de l'autorisation spécifique en émetteurs alpha (0,074 GBq/an) et inférieurs au dix millième de l'autorisation de rejet en activité totale (2 GBq/an). Pour CENTRACO, les rejets de 2011 ont atteint 13,1 % des autorisations pour le tritium (6 000 GBq/an), 0,3 % pour le carbone-14 (1 250 GBq/an), 0,02 % pour l'iode-129 (1 GBq/an), 0,8 % pour les autres émetteurs bêta gamma (0,1 GBq/an) et 45 % pour les émetteurs alpha (0,002 GBq/an).

Les rejets liquides sont traités de façon commune pour les INB du CEA et d'AREVA du site via la STEL qui traite les effluents liquides avant rejet. Les rejets du site de Marcoule représentaient en 2011, par rapport aux autorisations, 0,5 % pour les émetteurs alpha (limite de 0,15 GBq/an), 0,6 % pour le strontium-90 (limite de 6 000 GBq/an), 0,3 % pour le césium-137 (6 000 GBq/an), 0,8 % pour le tritium (2 500 000 GBq/an), et 0,04 % pour les autres rejets bêta gamma (150 000 GBq/an). Bien que le rejet soit indifférencié, ce sont les INB d'AREVA qui contribuent très majoritairement, pour plus de 99,8 % en volume en 2011, aux apports à la STEL. Les rejets de CENTRACO sont traités dans une station de traitement mise en service en 2011. Les rejets de 2011 ont atteint 4 % des autorisations pour le tritium (2 000 GBq/an), 0,5 % pour le carbone-14 (20 GBq/an), 0,04 % pour l'iode-129 (50 GBq/an), 2 % pour les autres émetteurs bêta gamma (10 GBq/an) et 2 % pour les émetteurs alpha (0,1 GBq/an).

Les études d'impact dosimétrique menées pour le site conduisent à une dose efficace ajoutée combinée des rejets gazeux et liquides du CEA et d'AREVA estimée à quelques $\mu\text{Sv/an}$ au maximum pour le groupe de référence du Codolet. La dose associée à ses rejets gazeux est estimée par le CEA à 0,061 $\mu\text{Sv/an}$, et l'impact estimé des rejets liquides à 0,043 $\mu\text{Sv/an}$. La dose associée aux rejets gazeux et liquides de MELOX est estimée par AREVA à 0,076 nSv/an pour les rejets de 2011, et à 1,7 $\mu\text{Sv/an}$ pour des rejets qui atteindraient les limites autorisées. De son côté, EDF évalue pour CENTRACO la dose efficace ajoutée aux niveaux de rejets de 2011 à 0,1 $\mu\text{Sv/an}$, et la dose maximale pour des rejets aux limites à 0,02 mSv/an.

Mise en perspective des rejets et de leurs impacts

Les résultats des évaluations réglementaires sur les impacts dosimétriques témoignent d'un niveau global très inférieur aux limites fixées par la réglementation pour la protection radiologique des populations. Ce constat masque cependant une très grande disparité des niveaux réels de rejets et appelle à être mis en perspective par quelques commentaires.

Il faut tout d'abord rappeler que la réglementation porte sur une limite totale d'impact ajouté par les activités nucléaires. Pour vérifier la conformité d'une installation à cette contrainte réglementaire, cela implique théoriquement de tenir compte des autres sources d'exposition ajoutée, lorsque l'exploitant compare l'estimation de dose liée à ses propres rejets avec la limite de 1 mSv/an.

Ensuite, l'écart d'un facteur en général de l'ordre de 1 000 entre les niveaux estimés et cette limite n'éteint pas, dans l'état actuel des connaissances, la discussion sur le niveau réel d'impact dosimétrique sur les populations. Sans entrer dans tous les détails d'une discussion complexe, on peut rappeler ici par exemple que ces estimations de doses reposent sur un empilement complexe de modèles (de relation dose-effet et de scénarios d'exposition) qui recèlent encore de nombreuses incertitudes. On peut mentionner les incertitudes sur les niveaux de dangerosité (la relation entre l'exposition à un élément radioactif et son effet – ce point fait notamment l'objet aujourd'hui d'importantes discussions pour le tritium, qui est globalement le principal élément rejeté), sur les phénomènes de dispersion (les outils de modélisation traitent en détail du panache de dispersion de rejets gazeux mais ne permettent en général pas une aussi bonne modélisation de la dispersion des rejets liquides dans les bassins versants), ou encore sur les conditions d'exposition (par exemple

l'utilisation locale pour l'irrigation d'eau de puits fermiers, potentiellement plus contaminée que les eaux surveillées dans l'environnement).

Un autre point de débat concerne l'hypothèse généralement appliquée dans la modélisation sur le caractère régulier des rejets, alors que ceux-ci font en réalité souvent l'objet de largages par bouffées, ce qui peut entraîner un niveau réel d'exposition supérieur à celui qu'entraîne une exposition ponctuelle à un rejet moyenné. Cette question est particulièrement importante s'agissant des estimations d'impact proposées par les exploitants non pas aux niveaux de rejets réellement constatés, mais aux niveaux autorisés. En effet, les autorisations de rejets sont systématiquement très supérieures aux rejets réels, au moins d'un facteur 2 et jusqu'à un facteur 10 000 voire 100 000 pour certains radionucléides et certaines installations. Derrière cette situation se cache la possibilité offerte aux exploitants, en cas d'incident de fonctionnement, de relâcher ponctuellement des bouffées de rejets significativement supérieures au fonctionnement normal mais restant dans les limites autorisées : ceci permet à la fois de ne pas déclarer de telles bouffées anormales, et de ne pas prendre en compte leur influence éventuelle, par rapport à l'hypothèse de rejets réguliers qui est utilisée, sur l'impact dosimétrique aux populations.

Par ailleurs, le respect de la norme ne signifie pas que les rejets ne présentent aucun impact mais, compte tenu de l'hypothèse retenue pour fonder les valeurs de radioprotection d'une relation linéaire entre les doses et leurs effets sanitaires statistiques sur la population, que cet impact est maintenu sous un niveau suffisamment faible pour être considéré comme acceptable. Il faut à ce titre souligner que l'exposition radiologique aux rejets des installations n'agit pas comme un facteur isolé mais vient se cumuler aux effets de la radioactivité déjà présente dans l'environnement, ce qui comprend d'une part la radioactivité naturelle, mais aussi d'autre part la radioactivité accumulée au fil du temps par les activités humaines.

Ce point implique en particulier de tenir compte de l'aspect cumulatif de la contamination, qui peut revêtir plusieurs aspects. Un premier aspect historique concerne les retombées des essais d'explosions atomiques dans l'atmosphère, mais aussi des retombées de l'accident de Tchernobyl – la reconstitution par la Commission de recherche et d'information indépendante sur la radioactivité (CRIIRAD) puis par l'IRSN, plus de vingt ans après la catastrophe, des retombées radiologiques sur le sol français a en effet montré que la région Provence-Alpes-Côte d'Azur avait été parmi les plus impactées. Un second aspect historique concerne l'accumulation des radionucléides rejetés dans l'environnement, un phénomène difficilement pris en compte dans les évaluations d'impact réglementaires. Cette accumulation peut y compris, dans certains cas, renvoyer à des interrogations sur des contaminations anciennes, comme l'illustre la discussion en cours sur l'interprétation des niveaux d'uranium constatés en certains points de la nappe phréatique autour du Tricastin.

Enfin, le caractère cumulatif peut également venir de phénomènes naturels tels que l'accumulation au fil de bassins versants. L'existence de nombreuses installations déversant leurs rejets radioactifs liquides dans le Rhône et plus en amont, dans ses affluents, entraîne par exemple un risque d'accumulation dans les zones sédimentaires, qui pose notamment une préoccupation vis-à-vis du risque de contamination progressive de la Camargue. Un rapport de l'IRSN établissant un constat radiologique sur la radioactivité dans les milieux terrestres sur la Vallée du Rhône²⁶, publié en juin 2012, a mis en évidence des phénomènes d'accumulation qui, sans atteindre des niveaux critiques sur le plan environnemental selon les évaluations de l'Institut, témoignent d'une dynamique préoccupante.

Les interrogations sur les risques réellement liés aux impacts radiologiques se nourrissent également des études épidémiologiques, qui n'apportent aucun élément concluant mais soulèvent des questions importantes. Sans rentrer dans les détails d'une discussion complexe, certaines études épidémiologiques relatives aux leucémies de l'enfant ont mis en évidence une sur-incidence faible mais statistiquement significative des cas enregistrés autour d'installations nucléaires. C'est notamment le cas d'une étude baptisée KIKK publiée en

²⁶ IRSN, *Constat radiologique Vallée du Rhône - Rapport final relatif au milieu terrestre*, juin 2006.

2008 en Allemagne et portant sur les centrales nucléaires du pays. En France, les précédentes études du même type n'avaient pas mis un tel phénomène en évidence, sauf autour du site de La Hague, mais une étude publiée par l'INSERM en 2012 vient pour la première fois de conclure à l'existence d'une sur-incidence faible mais significative autour des centrales françaises.

Cet excédent n'est pas expliqué (la méthode de ces études épidémiologiques n'est pas destinée à établir une relation de causalité), mais la question de l'origine de cet excès se pose. De plus, ce type d'étude n'est mené à grande échelle que pour les leucémies de l'enfant, qui n'est pas (loin s'en faut) la seule pathologie potentiellement liée à un excès de radioactivité. Une étude sur les incidences de cancer autour du site de Tricastin, commanditée par la CLIGEET suite aux discussions nées de l'incident survenu en 2006 sur l'installation SOCATRI, a conclu en juin 2010 à l'absence d'évidence d'une situation sanitaire spécifique sur la zone d'étude par rapport à une situation de référence régionale et nationale, tout en observant une sur-incidence inexpliquée de cancer du pancréas chez la femme²⁷.

Enfin, en marge des interrogations légitimes sur le niveau de protection des populations contre les impacts radiologiques des activités nucléaires, il faut rappeler l'importance à accorder à la protection des écosystèmes en tant que tels, en particulier dans les zones d'intérêt du point de vue de la biodiversité. En effet, la limite de 1 mSv/an qui est le seul guide réglementaire pour apprécier l'impact des rejets, ne garantit pas l'absence d'impact significatif sur les espèces, en particulier dans des zones où la présence de l'homme n'entraîne pas d'exposition particulière même si de la radioactivité rejetée s'accumule. Très peu d'éléments existent aujourd'hui pour apprécier cet enjeu, mais des méthodologies d'évaluation d'impact radiologique sur les écosystèmes se mettent progressivement en place et pourraient être déployées sur des zones sensibles.

Autres rejets (et prélèvements)

La double question de la dépendance des réacteurs à la disponibilité d'eau de refroidissement, et du réchauffement des eaux du Rhône au long de la vallée mérite d'être évoquée également. Selon EDF, la production d'électricité est à l'origine des 71% des prélèvements d'eau superficielle en France, 57% de l'ensemble des prélèvements d'eau, et l'on peut estimer que la part des centrales est de l'ordre d'un tiers de l'ensemble des prélèvements d'eau en France. Les tours aéroréfrigérantes des centrales nucléaires évaporent 500 millions de m³ d'eau par an, et les rejets d'eau se font à une température supérieure due au refroidissement des réacteurs. Ces prélèvements et rejets ont un impact sur la ressource en eau en Provence-Alpes-Côte d'Azur, qui est déjà fortement sollicitée.

Les rejets chimiques de l'industrie nucléaire sont cités ici pour mémoire, et mériteraient une analyse plus approfondie. S'ils ne sont pas spécifiques à l'industrie nucléaire, ils peuvent toutefois atteindre des niveaux problématiques. Les rejets des usines de conversion de l'uranium, notamment, sont avant tout chimiques.

4-2 Déchets et matières entreposés dans les installations nucléaires de la zone sud-est

L'un des principaux enjeux liés à la présence d'installations nucléaires dans ou autour de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur porte sur l'accumulation sur ces sites de déchets radioactifs, à la fois du point de vue des risques immédiats de dégagement de radioactivité en cas d'accident, et du point de vue de la charge que peut constituer la gestion à long terme de ces déchets. Les installations elles-mêmes, lorsqu'elles sont arrêtées, deviennent une charge à gérer avec les chantiers de démantèlement, qui posent également des risques.

²⁷ Observatoire régional de la santé Rhône-Alpes, *Étude sanitaire sur les cancers autour du site nucléaire du Tricastin*, juin 2010.

Déchets et matières accumulés par l'industrie nucléaire

Le tableau I-8 rappelle quelles sont les grandes catégories distinguées en France pour la gestion des déchets radioactifs, en croisant des critères sur la durée de vie des déchets radioactifs d'une part, et sur le niveau de radioactivité de ces déchets d'autre part (ces deux facteurs dépendant bien sûr des différents éléments radioactifs qui composent chaque déchet). Le tableau précise quelle est pour chacune des catégories la situation du point de vue de la mise en œuvre de filières définitives de gestion.

On observe notamment que des sites de stockage en exploitation existent pour évacuer les déchets des catégories les moins problématiques. Ces sites sont très éloignés de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, puisqu'il s'agit respectivement du Centre de stockage de l'Aube (CSA), en Champagne-Ardenne, pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs à vie courte (FMA-VC), et du Centre de Morvilliers, dans le même département, pour les déchets de très faible activité (TFA). En revanche, les solutions de stockage restent à l'étude pour toutes les catégories de déchets à longue durée de vie : il s'agit d'une part d'un projet de stockage en profondeur pour les déchets de haute activité (HA-VL) et moyenne activité à vie longue (MA-VL), qui doit être implanté dans une zone définie autour du laboratoire d'étude de ce stockage géologique à Bure, dans la Meuse (région Lorraine), et d'autre part d'un projet de stockage en subsurface pour les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) dont la localisation reste à définir.

La gestion des déchets radioactifs est coordonnée au niveau national par un Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR)²⁸ qui s'appuie sur un inventaire national régulièrement mis à jour par l'Agence nationale de gestion des déchets radioactifs (ANDRA)²⁹. Les déchets ne bénéficiant pas de filière d'évacuation à ce jour sont entreposés en attente, en général sur les sites où ils sont produits.

Tableau I-8 : Catégories de déchets radioactifs et filières de gestion mises en œuvre ou à l'étude

		VL Longue durée de vie	VC Courte durée de vie	VTC Très courte durée de vie
	Période Activité	> 31 ans	≤ 31 ans ≥ 100 jours	< 100 jours
HA Haute activité	> 10 ⁸ Bq/g	Filières à l'étude dans le cadre de l'art. 3 de la loi de programme du 28 juin 2006		Gestion par décroissance radioactive
MA Moyenne activité	≤ 10 ⁸ Bq/g > 10 ⁵ Bq/g	Filières à l'étude dans le cadre de l'art. 3 de la loi du 28 juin 2006	Stockage de surface sauf certains déchets tritiés et certaines sources scellées	
FA Faible activité	≤ 10 ⁵ Bq/g > 10 ² Bq/g	Stockage dédié en subsurface à l'étude		
TFA Très faible activité	≤ 10 ² Bq/g	Stockage dédié en surface Filières de recyclage		

Source : Journal Officiel, 2008

²⁸ DGPR / ASN, Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs 2007-2009 - De l'inventaire national des déchets radioactifs et des matières valorisables à un bilan et une vision prospective des filières de gestion à long terme des déchets radioactifs en France, janvier 2006.

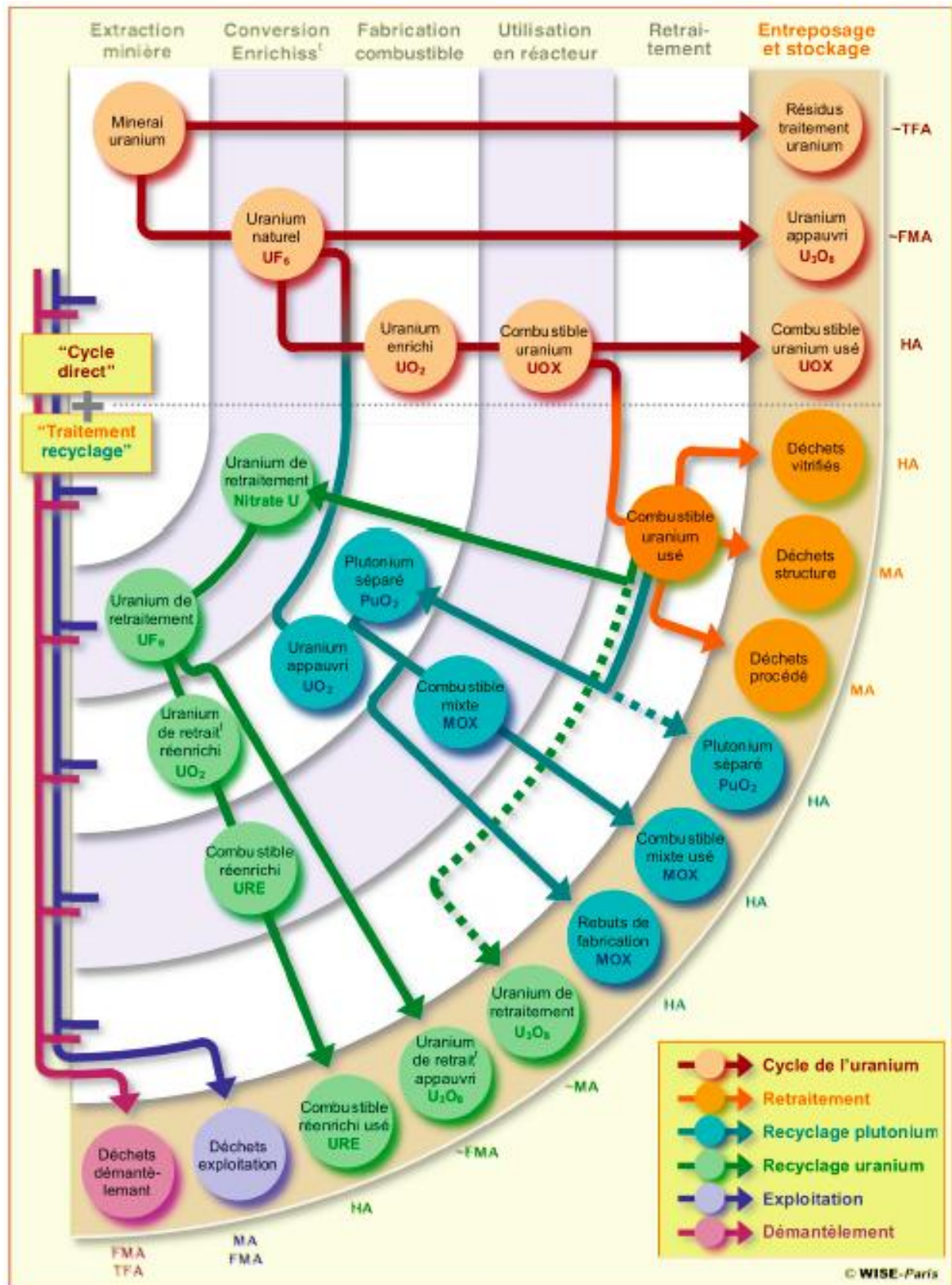
²⁹ ANDRA, Inventaire national des déchets radioactifs, 2012.

Le PNGMDR et la loi de 2006 sur la gestion des déchets radioactifs introduisent par ailleurs une distinction très importante entre les « déchets radioactifs », catégorie constituée de matières radioactives sans perspective de réutilisation, et les « matières valorisables », catégorie qui vise les matières nucléaires – c'est-à-dire en pratique contenant de l'uranium et/ou du plutonium – faisant l'objet d'une réutilisation ou d'une simple intention de réutilisation déclarée par l'exploitant. Une simple déclaration suffit en effet, contrairement à la règle en vigueur dans le droit des déchets en général, même si cette réutilisation n'est pas mise en œuvre et si aucune filière ne permet de le faire mais que cette possibilité peut être envisagée dans un avenir, sans même qu'il soit nécessaire de fixer un horizon de temps, pour soustraire l'uranium et le plutonium au statut de déchet. En pratique, l'uranium et le plutonium accumulé sous différentes formes ne sont donc jamais traités comme des déchets par l'industrie nucléaire, même lorsqu'ils s'accumulent sans emploi.

La figure I-6 propose, pour illustrer cette situation, un schéma de principe qui détaille les conséquences de la stratégie dite de « retraitement-recyclage »³⁰. Nous représentons ici, à travers les différentes étapes de l'amont à l'aval de la gestion du combustible et des filières de réutilisation du plutonium et de l'uranium issus du retraitement, l'ensemble des « déchets » placés en stockage et des « matières valorisables » dont tout ou partie est dans les conditions actuelles placé en entreposage dans l'attente d'une réutilisation non définie. On précise pour chaque type de déchet / matière la catégorie à laquelle il apparten(drai)t dans la classification des déchets radioactifs. Comme le montre l'analyse site par site qui suit, on trouve en pratique, dans des quantités variables, un entreposage au moins de chacune de ces catégories dans les sites nucléaires implantés dans ou autour de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Cadarache, Tricastin-Pierrelatte, Marcoule et Malvési).

³⁰ L'industrie nucléaire présente généralement cette stratégie en indiquant que le taux de recyclage des matières nucléaires issues du retraitement du combustible usé peut atteindre 96 %. La réalité est bien moins élevée. En 2010, une analyse menée par le Haut comité à la transparence et à l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) a conclu que le taux réel de réutilisation de ces matières était, dans les conditions actuelles, de 12 % seulement (HCTISN, *Avis sur la transparence de la gestion des matières et des déchets nucléaires produits aux différents stades du cycle du combustible*, juillet 2010). Une note produite par WISE-Paris dans le cadre de cet exercice a montré que le taux effectif de réutilisation, si l'on prend comme base non pas l'uranium enrichi qui entre dans les réacteurs mais l'uranium naturel qui entre dans la chaîne amont du combustible, descendait même en réalité à un taux de 1,9 % (WISE-Paris, *Le « cycle » du combustible nucléaire français : analyse critique du bilan actuel*, juillet 2010).

Figure I-7 : Schéma de principe des entreposages de déchets et de matières sans emploi associé à la stratégie dite de « retraitement-recyclage »*



Source : WISE-Paris, 2012

* TFA : Très Faible Activité ; MA : Moyenne Activité ; FMA : Faible et Moyenne Activité ; HA : Haute Activité.

Déchets radioactifs entreposés sur les sites nucléaires de la zone sud-est

Les installations nucléaires des différents sites concernés génèrent de très nombreux déchets radioactifs de procédés, d'exploitation et de maintenance et, après leur arrêt, de démantèlement. La majeure partie des volumes de déchets engendrés relève des catégories FMA-VC (Faible et Moyenne Activité à Vie Courte) et TFA (Très Faible Activité), pour lesquelles les filières d'évacuation vers des sites de stockage existants permettent, sauf exception de déchets posant des problèmes de conditionnement, de limiter l'entreposage dans les installations à un volant de fonctionnement. Cependant, la majeure partie de la radioactivité se concentre dans des déchets des catégories HA-VL (Haute Activité à Vie Longue) et MA-VL (Moyenne Activité à Vie Longue) pour lesquelles il n'existe pas de filière d'évacuation, ce qui se traduit par un entreposage sans perspective claire d'évacuation des déchets. Ce problème, qui conduit à l'accumulation sur les sites des déchets produits par l'exploitation actuelle et des déchets anciens, concerne également la catégorie des déchets FMA-VL (Faible et Moyenne Activité à Vie Longue). Nous nous concentrons ici sur les entreposages des déchets de ces trois catégories, qui constituent le principal enjeu du point de vue des risques et de la gestion à moyen et long termes.

Le tableau I-9 suivant récapitule les installations dédiées à l'entreposage recensées sur les sites de Cadarache et Marcoule (il n'y a aucune installation d'entreposage recensée à Tricastin-Pierrelatte). Il s'agit toutes d'installations du CEA destinées à recevoir les déchets sans filière produits par les activités anciennes et actuelles de ces sites – y compris les projets d'extension de ces capacités d'entreposage.

Tableau I-9 : Installations d'entreposage de déchets autorisées sur les sites de Cadarache et Marcoule (fin 2010) et projets d'extension envisagés

Exploitant	Site	Type de déchets	Mise en service	Capacité d'accueil	Capacité utilisée fin 2010	Taux
CEA	ICPE 420-465 Cadarache	Fûts de déchets radifères (Rhodia)	1992	26 800 colis	25 327 colis	95 %
CEA	INB 56 Cadarache	Colis divers	1968	7 500 m ³	6 833 m ³	91 %
CEA	INB 164 CEDRA Cadarache	Colis de déchets MA-VL divers, colis de boues de filtration	2006	7 500 m ³	935 m ³	12 %
CEA	Extension CEDRA Cadarache	Colis de déchets MA-VL divers, colis de boues de filtration	Projet 2020	7 500 m ³	—	—
CEA	Atelier de Vitrification (AVM) Marcoule	Colis de déchets vitrifiés et colis de déchets d'exploitation d'AVM	1978	665 m ³	584 m ³	88 %
CEA	EIP Marcoule	Colis de boues bitumées du retraitement	2000	4 235 m ³	3 069 m ³	72 %
CEA	Extension EIP Marcoule	Colis de boues bitumées du retraitement	Projet 2017	4 235 m ³	—	—
CEA	PIVER Marcoule	Colis de déchets vitrifiés de PIVER	1976	46 m ³	13 m ³	28 %

Source : ANDRA, Inventaire national 2012

Ce tableau n'offre toutefois qu'une vision incomplète, dans la mesure où il ne prend pas en compte les nombreux entreposages autorisés dans le périmètre des installations relevant d'autres catégories (réacteurs,

usines, etc.), qui sont la plupart du temps des entreposages temporaires correspondant aux tampons en entrée et sortie des procédés de production, mais qui peuvent également constituer des entreposages à plus long terme de déchets sans exutoire.

Sur le centre nucléaire de Cadarache, outre les très nombreux déchets de diverses catégories entreposés dans la quinzaine d'installations nucléaires de base arrêtées ou en exploitation sur le site hors entreposages dédiés, les déchets sont principalement regroupés dans trois unités :

- l'installation PEGASE-CASCAD (INB n° 22) est un entreposage de déchets contaminés en émetteurs alpha provenant de la fabrication de combustibles au plutonium (soit fin 2010 environ 30 m³ de déchets conditionnés et l'équivalent de 213 m³ de déchets à conditionner³¹) et d'éléments combustibles irradiés (voir plus loin) ;

- le Parc d'entreposage des déchets radioactifs (INB n° 56), aujourd'hui arrêté et en cours d'assainissement, servait à l'entreposage de déchets du site en attente d'expédition, de traitement ou de conditionnement et de déchets en attente de filière de stockage. Cette INB contient encore d'importants volumes de déchets sous des formes très diverses (déchets solides, boues...) et entreposés dans des conditions diverses (magasins, fosses, tranchées rebouchées...), dont fin 2010 plus de 7 900 m³ de déchets MA-VL et 2 900 m³ de déchets FMA-VC ;

- l'installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Radioactifs (CEDRA, INB n° 164), destinée à remplacer l'INB n° 56. L'installation contenait fin 2010, en déchets conditionnés, 767 m³ de déchets MA-VL et 165 m³ de déchets FMA-VC, soit 12 % environ de la capacité de l'installation. Le CEA a engagé, compte tenu des prévisions de production de déchets sur le site, de reprise des déchets de l'INB n° 56 et de calendrier pour la réalisation des stockages définitifs pouvant accueillir les déchets de ces deux catégories, un projet d'extension permettant un doublement de la capacité actuelle.

Sur le centre nucléaire de Marcoule, les principaux enjeux portent sur les déchets anciens produits par l'activité de retraitement sur le site. Comme à Cadarache, des installations d'entreposage dédiées anciennes et d'autres créées plus récemment concentrent l'essentiel des déchets :

- le site abrite d'abord un stock de déchets vitrifiés HA-VL représentant 570 m³, Ces déchets sont entreposés pour 553 m³ dans l'ancien Atelier de vitrification de Marcoule (AVM), et pour 17 m³ dans l'Atelier pilote de Marcoule (APM) qui a servi aux essais de retraitement et de vitrification et qui abrite les verres issus de l'installation PIVER ;

- l'ensemble du site abrite au total près de 11 500 m³ de déchets MA-VL, dont l'ANDRA recense dans les différentes installations pas moins de 60 catégories différentes. Environ 66 % de ce total est constitué de déchets issus du traitement des effluents de l'ancienne usine de retraitement, conservés sous forme d'enrobés bitumineux dans l'ancienne Station de Traitement des Effluents Liquides (STEL) sur laquelle s'est aujourd'hui implanté l'Entreposage Intermédiaire Polyvalent (EIP) de Marcoule. Le CEA vise à reconditionner les fûts d'enrobés dans l'EIP puis prévoit de les évacuer dès l'ouverture du centre d'enfouissement géologique CIGEO en projet dans la Meuse : ainsi l'EIP n'est pas dimensionné pour accueillir l'ensemble du volume des déchets, même en considérant l'extension pour doublement de la capacité que le CEA projette d'ouvrir en 2017. Les fûts d'enrobés MA-VL entreposés dans la STEL représentent 7 525 m³, tandis que les fûts faisant l'objet d'un nouveau conditionnement dans l'EIP ne représentent que 50 m³. Le site contient également d'importantes quantités de déchets MA-VL divers disséminés dans les diverses installations, notamment des fûts de déchets alpha entreposés dans l'Installation d'Entreposage et de Conditionnement de Déchets Alpha (ICEDA), qui en abrite 173 m³ ou l'ancienne usine UP1, qui en contient près de 132 m³. Par ailleurs, l'usine MELOX, exploitée de

³¹ Dans son inventaire national, l'ANDRA fournit des estimations en m³ sur les volumes de déchets qui portent sur les volumes existants pour les déchets conditionnés, et sur les volumes attendus après conditionnement pour les déchets non conditionnés. Ces estimations sont donc soumises à une incertitude liée au degré plus ou moins avancé de conception et de validation du procédé futur de conditionnement des déchets en question. Dans la suite, les volumes indiqués pour des déchets anciens ou en attente de filière sont des volumes attendus conformément à cette règle.

manière séparée par AREVA, entrepose ses propres déchets technologiques MA-VL contaminés au plutonium, qui représentaient 161,4 m³ fin 2010 ;

- le site de Marcoule abrite également plus de 41 000 m³ de déchets FA-VL, essentiellement répartis en deux catégories. La première, qui représente plus de 1 500 m³, concerne les déchets graphite issus des réacteurs UNGG du site. La seconde concerne les boues de traitement d'effluents du retraitement : il s'agit en fait pour l'essentiel de fûts d'enrobés bitumineux de même nature que les déchets MA-VL précédents, mais jugés moins chargés en radioactivité. Cette catégorie représentait fin 2010 un total de plus de 39 100 m³, dont 29 491 m³ encore entreposés dans la STEL et 9 626 m³ reconditionnés dans l'EIP. Il faut souligner que la répartition de ces déchets bitumés entre MA-VL reste une proposition de l'exploitant et de l'ANDRA qui n'a à ce stade aucune valeur réglementaire et reste très incertaine sur le plan technique en l'absence de contrôle systématique des colis. En d'autres termes, un transfert de l'une vers l'autre catégorie reste ouvert.

Les différentes usines de chimie et d'enrichissement de l'uranium implantées sur le site de Pierrelatte entreposent des quantités importantes de déchets historiques et de flux d'exploitation qui appartiennent tous aux catégories FMA-VC et TFA et disposent tous, moyennant un travail de reconditionnement dans certains cas, d'une filière d'évacuation³². Le site abrite également une situation historique ancienne constatée dans le cadre de l'Inventaire national, pour laquelle aucune stratégie de reprise n'est envisagée par l'exploitant. Il s'agit de la butte de Pierrelatte, où des déchets de fluorine provenant de l'usine COMURHEX ont été enfouis entre 1964 et 1977.

La centrale d'EDF qui jouxte les installations d'AREVA sur le même site de Tricastin-Pierrelatte entrepose à l'image des autres centrales EDF de nombreux déchets d'exploitation relevant des catégories FMA-VC et TFA, évacués au fil de l'exploitation vers les sites de stockage de ces déchets. Mais elle entrepose également dans les piscines de ses réacteurs, comme de tous les réacteurs d'EDF, des déchets MA-VL constitués d'éléments mécaniques des assemblages combustibles (grappes, crayons de contrôle, squelette...) activés par leur passage en réacteur. La centrale de Tricastin abritait fin 2010 un total de 72 m³ de déchets de cette nature.

Les déchets issus de l'usine COMURHEX de Malvési, faiblement concentrés en termes de radioactivité mais de très grands volumes, constituent aujourd'hui dans l'Inventaire national une catégorie à part sans filière de gestion (résidus de la conversion et du traitement de l'uranium, ou RCTU), pour laquelle AREVA a transmis fin 2011 une étude de solution à long terme dans le cadre du PNGMDR. À ces déchets s'ajoutent 321 000 m³ environ de solutions nitratées et 280 000 m³ de boues de décantation chargées en uranium et ses descendants, auxquels pourraient s'ajouter 200 000 à 300 000 m³ de stériles miniers et boues contaminées à gérer dans le cadre de la filière des déchets miniers d'uranium. L'ANDRA projette, en tenant compte de la poursuite de l'installation, un volume total de déchets RCTU atteignant 635 000 m³ en 2020 et 688 000 m³ en 2030 (soit un cube de 88 m de côté).

Matières nucléaires entreposées sur les sites nucléaires de la zone sud-est

L'inventaire des quantités de déchets radioactifs entreposés sur les sites, dont certains sans perspective d'évacuation, doit également s'appliquer aux matières nucléaires. Cet inventaire comprend, pour les matières en attente ou sans emploi associées à la production électronucléaire, les catégories et quantités suivantes :

- Un stock d'uranium naturel, sous les différentes formes chimiques qui lui sont données au cours des étapes de conversion, est entreposé sur les sites de COMURHEX à Malvési et Pierrelatte (plus pour une petite part sur les sites du CEA). Ce stock atteignait 16 000 tonnes fin 2010, ce qui représente près de deux années de consommation du parc nucléaire français.
- Le stock d'uranium enrichi entreposé dans les différentes installations ne correspond qu'à un volume tampon nécessaire à la gestion des flux entre les différentes étapes du procédé. Ce stock atteignait fin 2010 un total de

³² À l'exception de très faibles quantités de déchets FA-VL spécifiques.

3 000 tonnes, essentiellement répartis entre les sites AREVA de Tricastin-Pierrelatte (enrichissement) et de Romans (fabrication du combustible) et sur les sites d'EDF sous forme de combustibles neufs en attente de chargement.

- L'uranium appauvri n'est réutilisé qu'en très faible quantité dans le combustible MOX. L'enrichissement de l'uranium génère environ chaque année 7 300 tonnes d'uranium appauvri dont 100 tonnes environ sont réutilisées. La France entrepose également l'uranium appauvri issu de l'enrichissement d'uranium à Tricastin-Pierrelatte pour des clients étrangers, dont elle devient contractuellement propriétaire. Fin 2010, environ 272 000 tonnes d'uranium appauvri étaient entreposées en France, dont seulement 7 000 tonnes environ de volume tampon dans les procédés de production. La majorité du stock sans emploi, soit 165 000 tonnes, est stockée sur le site AREVA du Tricastin (le reste est essentiellement entreposé sur l'ancien site minier AREVA de Bessines-sur-Gartempe, en Limousin, pour 100 000 tonnes environ, plus 176 tonnes recensées sur les sites du CEA). L'ANDRA évalue dans ses projections de poursuite du programme nucléaire à 450 000 tonnes le stock d'uranium appauvri sans emploi, probablement toujours majoritairement géré à Tricastin, à l'horizon 2040. Selon les projections de l'industrie nucléaire sur la 4^{ème} génération, une fraction de quelques dizaines de milliers de tonnes pourrait être consommée dans l'hypothèse d'un futur parc de réacteurs à neutrons rapides.

- L'uranium de retraitement (URT) extrait des combustibles usés, représente un flux d'environ 1 000 tonnes par an issus du retraitement du combustible d'EDF, dont quelques centaines de tonnes sont utilisées après réenrichissement³³, sous forme de combustible à l'uranium de retraitement enrichi (URE) dans la centrale nucléaire de Cruas. Le stock français atteignait fin 2010 un total de 24 000 tonnes d'URT, dont une fraction inférieure à 1 000 tonnes sous forme de volume tampon aux étapes du retraitement (La Hague), de la conversion (Tricastin), de la fabrication (Romans) et de l'utilisation (Cruas). L'essentiel soit environ 23 000 tonnes est entreposé sans emploi sur le site AREVA du Tricastin. À ce stock français, qui inclut une part d'uranium issu du retraitement de combustibles étrangers cédé par ses propriétaires à AREVA, s'ajoutait fin 2010 un total de 2 670 tonnes d'URT appartenant aux clients étrangers d'AREVA La Hague et destiné à leur être restitué pour réutilisation. L'uranium de retraitement constitue un enjeu particulier du point de vue de la radioprotection lié à la présence d'isotopes artificiels de l'uranium formés au cours de son passage en réacteur³⁴.

- Le plutonium séparé issu du retraitement des combustibles représente aujourd'hui un flux de 8 à 10 tonnes par an dont l'essentiel transite par l'usine de fabrication de combustible MOX de MELOX à Marcoule, et un stock non réutilisé s'élevant à 80,3 tonnes sous diverses formes (plutonium séparé, rebuts de fabrication du MOX et combustible MOX neuf en attente d'utilisation) dont 22,8 tonnes appartenant à des clients étrangers. L'essentiel, soit environ 60 tonnes, est entreposé sur le site de La Hague, mais l'inventaire comprend environ 8 tonnes immobilisées dans le processus de fabrication, c'est-à-dire principalement à Marcoule, environ 7 tonnes présentes dans les assemblages de combustible neuf sans emploi à Superphénix, 3 tonnes dans les combustibles MOX en attente d'utilisation dans les 22 réacteurs EDF qui le consomment, dont les quatre unités du Tricastin, et enfin 2 tonnes entreposées dans diverses installations du CEA dont celles de Cadarache. Le plutonium est notamment redouté pour son extrême radiotoxicité³⁵ et pour sa capacité fissile qui engendre du

³³ Cette opération de réenrichissement s'effectuait jusqu'en 2010 en Russie, laissant l'URT appauvri dans ce pays. La nouvelle usine Georges Besse II permettrait techniquement, contrairement à la première, de procéder à ce réenrichissement en France.

³⁴ Il s'agit essentiellement de l'uranium-236, beaucoup plus radiotoxique que les isotopes uranium-235 et uranium-238 qui constituent l'uranium naturel (et dont on fait simplement varier les teneurs respectives, sans modifier leur comportement radiologique, dans l'uranium enrichi et l'uranium appauvri).

³⁵ Le plutonium est essentiellement émetteur de particules radioactives peu pénétrantes mais très énergétiques (particules alpha) qui le rendent particulièrement dangereux en cas d'inhalation ou d'ingestion. L'absorption de quelques dizaines de microgrammes de plutonium dans les poumons est une cause certaine de cancer des poumons.

point de vue de la sûreté un risque de criticité et impose du point de vue de la sécurité, du fait de son rôle dans la fabrication d'armes nucléaires, des mesures de protection physique renforcées³⁶.

- L'inventaire des matières nucléaires en entreposage comprend enfin les combustibles nucléaires usés, dont il faut distinguer deux catégories. La première porte sur les combustibles des réacteurs EDF en exploitation, et concerne des combustibles usés qui sont entreposés entre 2 et 3 ans dans les piscines de désactivation des réacteurs après déchargement avant leur transfert vers le site de La Hague. Les centrales de Tricastin, Cruas et Saint-Alban, comme les autres sites d'EDF, entreposent l'équivalent de 3 années au plus de fonctionnement en combustible usé UOX (quelques centaines de tonnes sur les trois sites), MOX (environ 18 tonnes à Tricastin) et URE (environ 70 tonnes à Cruas). La seconde porte sur les combustibles usés de filières arrêtées, entreposés en attente d'une solution (qui consiste en général, par défaut, à proposer un retraitement différé vers 2030 ou au-delà, sans perspective réelle de mise en œuvre industrielle). Cette catégorie regroupait notamment, fin 2010, 104 tML (tonnes de Métal Lourd) de combustible usé de Superphénix entreposé à Creys-Malville et 68 tML de combustibles de réacteurs du CEA, dont 43 tML de combustibles usés du réacteur Phénix à Marcoule et 15 tML de combustibles métalliques sur les sites du CEA, dont Cadarache et Marcoule.

Démantèlement des installations nucléaires de la zone sud-est

Il convient par ailleurs de mentionner au chapitre des situations que l'industrie nucléaire peut laisser en héritage l'immense chantier du démantèlement des installations. Des opérations de grande envergure sont engagées sur des installations très différentes sur les trois principaux sites avec par exemple l'usine de fabrication de MOX de l'ATPu à Cadarache, l'usine d'enrichissement Georges Besse à Pierrelatte et l'usine de retraitement UP1 à Marcoule. D'autres opérations en cours ou à venir concernent différents ateliers et réacteurs, complétant la palette technique des réalisations. La région abrite également un important chantier d'assainissement sur le site de l'ancienne usine chimique d'AREVA à Miramas, où le décret de déclassement prévoit l'assainissement de 100 000 m³ de terres contaminées. Fin 2011, 5 400 tonnes de terre ont selon AREVA été traitées.

Les opérations de démantèlement, qui vont devoir s'étendre à d'autres installations en fin de vie sur les mêmes sites ou sur d'autres sites de la zone sud-est, comportent des risques spécifiques – de nature toutefois plus locale, en général, que l'exploitation des mêmes installations dans la mesure où la première étape du démantèlement consiste en théorie à évacuer les matières nucléaires de l'installation. Elles peuvent également générer des déchets particuliers dont la prise en charge peut soulever des problèmes qui ne sont pas toujours suffisamment identifiés en amont des opérations.

L'exemple de Superphénix illustre ce problème : si l'exploitant estime que 85 % environ des 473 000 tonnes de déchets générés par le démantèlement sont des déchets non radioactifs (métaux, gravats...) qui pourront être évacués dans des filières appropriées, le chantier va également produire des petites quantités de déchets MA-VL de structures activées, ainsi qu'une quantité estimée à 10 000 tonnes de déchets FMA-VC et TFA, dont certains devront toutefois être entreposés cinquante ans dans l'installation d'entreposage de la centrale proche du Bugey avant de pouvoir être évacués vers le site du CSA. Surtout, la présence d'une grande quantité de sodium, utilisé pour le refroidissement du réacteur, a nécessité la mise en place d'une filière spécifique consistant à transformer le sodium en soude avant de couler ensuite avec cette soude des blocs de béton, pour une production attendue de 63 000 tonnes qui nécessite la mise en place sur le site d'un entreposage dédié.

À Marcoule, dans le cadre de la préparation du démantèlement du réacteur Phénix pour lequel une demande a été déposée fin 2011 et est en cours d'instruction par l'ASN, le CEA a également présenté un projet de création d'une nouvelle INB sur le centre. Baptisée DIADEM, elle doit permettre d'entreposer sur place les déchets du

³⁶ Une quantité de quelques dizaines de kilogrammes, voire inférieure à 10 kg peut suffire, dans certaines conditions, à déclencher une réaction de criticité, c'est-à-dire un flash très radioactif de fission en chaîne de quelques grammes. Cette même quantité peut également suffire à la fabrication d'une bombe atomique, d'où le risque de prolifération nucléaire très élevé associé à l'existence de ces stocks.

démantèlement issus en particulier du chantier de déconstruction de Phénix. Selon l'ASN, ce dossier a toutefois pris du retard et la mise en service de cette installation est désormais repoussée au plus tôt à 2016.

4-3 Risque d'accident

Risque d'accident majeur

La catastrophe nucléaire survenue le 11 mars 2011 à Fukushima, dans le cadre d'une catastrophe naturelle produite par un séisme au large des côtes japonaises et le tsunami qui a suivi, n'a pas modifié le risque présenté par les grandes installations nucléaires, au premier rang desquelles les centrales. Elle a en revanche profondément modifié l'évaluation de ces risques. Très vite en effet, l'analyse de cet accident majeur a définitivement démontré qu'un scénario d'accident jugé jusque-là trop improbable pouvait se réaliser.

Les études probabilistes sur lesquelles se fondent l'essentiel de l'approche de sûreté nucléaire aujourd'hui concluaient jusqu'ici, malgré les précédents de l'accident grave de Three Mile Island aux États-Unis en 1979 et de l'accident majeur de Tchernobyl en Ukraine en 1986, que les réacteurs occidentaux présentaient un risque inférieur à 10^{-5} accident grave par année.réacteur (un risque d'un pour cent mille années de fonctionnement de réacteur), et 10^{-6} accident majeur (un pour un million)³⁷. Or, le parc nucléaire mondial, qui cumule aujourd'hui plus de 14 000 années.réacteurs de fonctionnement, a connu quatre accidents majeurs (les réacteurs n°1, 2 et 3 de Fukushima s'ajoutant à Tchernobyl) et deux accidents graves (la piscine du réacteur n° 4 de Fukushima s'ajoutant à Sellafield). La fréquence constatée des accidents est donc de $4,3 \times 10^{-4}$ pour les accidents graves et $2,9 \times 10^{-4}$, soit respectivement plus de 40 fois et près de 300 fois plus élevée que la fréquence théoriquement attendue³⁸.

Si le premier constat tiré de Fukushima est cette révision de la probabilité d'accident grave sur les centrales, ce résultat se traduit plus brutalement : c'est bien le dispositif de sûreté nucléaire, dans son ensemble, qui a connu une défaillance majeure dont il faut dès lors identifier la nature en examinant tous les éléments qui concourent à la sûreté. En effet, tout en tenant compte des circonstances spécifiques de l'accident et d'éventuels particularismes japonais, l'analyse montre les limites de plusieurs principes essentiels de la doctrine de sûreté internationale :

- l'approche probabiliste, au sens d'un choix « à dire d'expert » sur les situations jugées suffisamment probables pour être plausibles et celles qui sont jugées suffisamment improbables pour être écartées de l'analyse (la situation rencontrée à Fukushima était, indépendamment de sa probabilité, imaginable et plausible) ;
- la défense en profondeur, qui vise à garantir la sûreté en multipliant les systèmes de secours et les barrières de confinement (qui ont tous cédé en chaîne à Fukushima) ;
- l'impossibilité de mode commun, c'est-à-dire la séparation des bâtiments, des fonctions, etc., afin qu'un événement extérieur ou interne ne puisse pas provoquer une condition d'accident grave similaire sur des éléments séparés du site (ce qui s'est pourtant produit pour les trois réacteurs en fonctionnement à Fukushima).

³⁷ On distingue du point de vue de la sûreté une situation d'accident grave, qui conduit à des dommages importants à l'intérieur de l'installation, comme une fusion partielle du cœur, avec possibilité de rejets radioactifs limités mais sans rupture brutale du confinement, et une situation d'accident majeur où l'accident grave ne peut être maîtrisé et conduit à une rupture importante du confinement provoquant des relâchements de radioactivité beaucoup plus importants.

³⁸ La possibilité de ne compter la catastrophe de Fukushima que comme un seul accident majeur, bien qu'il faille en toute rigueur comptabiliser chaque réacteur, ne change pas fondamentalement l'ordre de grandeur avec une fréquence d'accident majeur constatée de $1,4 \times 10^{-4}$, ce qui reste presque 150 fois supérieur au risque théorique.

Dès lors, les premières études de réévaluation de la sûreté menées en France sous le terme d'Évaluations complémentaires de sûreté (ECS) par les exploitants, puis évaluées par l'IRSN³⁹ avant que l'ASN ne prenne position⁴⁰, conduisent pour qui veut bien mener l'analyse critique à son terme et en afficher plus clairement les conclusions, à une révision sans appel du risque associé aux installations nucléaires françaises. Ainsi, selon l'étude menée à partir des ECS et du rapport de l'IRSN par WISE-Paris et l'Institute for Energy and Environmental Research (IEER, basé aux États-Unis)⁴¹, plusieurs scénarios d'accident majeur doivent être considérés comme plausibles :

- pour les 58 réacteurs en exploitation d'EDF, quel que soit le palier considéré, un accident de fusion du cœur peut se produire et conduire à une rupture brutale de l'enceinte (entraînant une fuite atmosphérique majeure) et/ou à un percement du radier (entraînant une forte contamination des eaux). De plus, un accident de vidange de piscine de désactivation peut se produire, conduisant à un feu du combustible et à des rejets très importants faute d'enceinte de confinement de ce bâtiment. Pour le projet de réacteur EPR en construction à Flamanville, les mêmes risques ne peuvent pas être totalement écartés. L'analyse montre par ailleurs que le recours au combustible MOX, utilisé notamment au Tricastin, est un facteur aggravant en réacteur comme en piscine, tant du point de vue de la cinétique possible de l'accident que de ses conséquences radiologiques ;
- pour les usines de retraitement de La Hague, un accident majeur peut se produire sur une piscine de combustible ou sur un stockage de déchets liquides hautement radioactifs, entraînant également des rejets atmosphériques majeurs.

Enfin, la réévaluation des scénarios possibles d'accident doit s'accompagner d'une révision de l'évaluation de leurs conséquences potentielles. L'accident de Tchernobyl avait déjà démontré le risque de retombées à grande distance de matières radioactives entraînant une contamination significative et durable, en fonction de la hauteur dans l'atmosphère à laquelle peut être projeté le panache radioactif lors de l'accident, et des conditions climatiques (force et direction du vent, précipitations) de transport de ce panache. Selon les premières estimations, encore très grossières, les rejets de radioactivité lors de la catastrophe de Fukushima ont représenté environ 30 % des rejets atmosphériques de Tchernobyl. Les retombées terrestres ont été relativement peu dispersées. Des contaminations significatives ont toutefois été constatées au-delà de 100 km de la centrale, et les concentrations observées autour de la centrale ont justifié l'évacuation de 200 000 personnes et l'exclusion d'un territoire de 2 000 km². Il faut de plus rappeler que la majeure partie des rejets atmosphériques a été portée par des vents favorables vers l'Océan Pacifique au lieu de se diriger, ce qui aurait rendu la catastrophe plus dramatique encore, vers la région de Tokyo et ses 30 millions d'habitants.

De plus, l'accident de Fukushima a montré la possibilité, qui ne s'était pas produite à Tchernobyl, de rejets liquides massifs lors d'une catastrophe de cette sorte. Les rejets de radionucléides artificiels dans le milieu marin lors du mois qui a suivi l'accident représentent sans contexte la contamination radioactive marine la plus importante en une si courte période jamais observée dans le monde. Selon les estimations de l'IRSN, les rejets liquides de césium-134 et 137, deux des principaux contributeurs à la contamination chronique à moyen et long terme, ont été presque équivalents aux rejets atmosphériques.

Conséquences pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Les conséquences pour la région de cette réévaluation à plusieurs niveaux du risque associé aux grandes installations nucléaires sont de deux types. En premier lieu, elles impliquent d'étendre le champ des installations susceptibles, en cas d'accident majeur, de menacer tout ou partie du territoire de la région.

³⁹ IRSN, *Évaluations complémentaires de sûreté post-Fukushima : comportement des installations nucléaires françaises en cas de situations extrêmes et pertinence des propositions d'améliorations*. Tomes 1 et 2, novembre 2011.

⁴⁰ ASN, *Évaluations complémentaires de sûreté: Rapport de l'Autorité de sûreté nucléaire*, décembre 2011.

⁴¹ IEER / WISE-Paris, *Sûreté nucléaire en France post-Fukushima : Analyse critique des Évaluations complémentaires de sûreté (ECS) menées sur les installations nucléaires françaises après Fukushima*, Rapport commandité par Greenpeace France, février 2012.

D'une part, la réévaluation du risque ne s'applique pas qu'aux réacteurs et conduit à inclure toutes les installations dont l'inventaire de matières et déchets représente, par sa forme et sa quantité, un potentiel de danger suffisant pour qu'un accident grave puisse se produire en provoquant des rejets significatifs : ceci inclut notamment les usines de la chaîne du combustible de la zone sud-est. Ce constat est de plus accentué, par exemple dans le cas de Cadarache, par l'écart observé entre les normes de résistance sismique appliquées aux installations à l'époque de leur construction (pour certaines dans les années cinquante) et l'évolution des connaissances dans ce domaine, alors que la zone est exposée à un risque d'activité sismique renforcé. Cette préoccupation avait d'ailleurs déjà conduit l'ASN, dès la fin des années quatre-vingt-dix, à demander la fermeture de l'ATPu.

D'autre part, la réévaluation du risque conduit à prendre en compte des installations plus lointaines. Les retombées d'un accident majeur sur un réacteur à quelques centaines de kilomètres pourraient, dans des circonstances pénalisantes, entraîner des contaminations suffisantes pour engendrer des restrictions d'usages. Et même les retombées d'un accident plus lointain comme à La Hague ou sur un réacteur distant de l'ordre d'un millier de kilomètres pourraient s'avérer suffisamment significatives pour perturber l'activité économique et justifier une préoccupation particulière.

En second lieu, la question qui se pose pour la région est celle de la révision de la planification de gestion de la crise produite par un accident nucléaire. Cette question se pose en priorité pour les installations qui occupent ou bordent son territoire, c'est-à-dire pour celles susceptibles de connaître un accident de grande ampleur les sites de Cadarache, Tricastin-Pierrelatte et Marcoule.

Les Plans particuliers d'intervention en vigueur autour de ses sites définissent tous un périmètre de 5 km autour du site pouvant dans le pire des cas faire l'objet d'une évacuation, et un périmètre de 10 km susceptible de justifier une distribution de pastilles d'iodes. Celui de Cadarache, datant de 2002, touche ainsi partiellement ou totalement le territoire de 7 communes réparties sur les 4 départements de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Celui de Pierrelatte-Tricastin affecte plusieurs communes du Vaucluse, et celui de Marcoule touche 18 communes dans le Gard et 6 dans le Vaucluse.

4-4 Transports de déchets et de matières nucléaires

Les flux de matières générés par les principales installations présentes sur les sites concernés impliquent de nombreux transferts. Ces transports de matières nucléaires ou de déchets constituent la plupart du temps, du point de vue des quantités transportées, des INB roulantes qui présentent donc le même type de risques que les installations elles-mêmes, tout en offrant une vulnérabilité accrue. Bien que cette réflexion ne semble pas encore avoir été engagée par les pouvoirs publics, il apparaît nécessaire, comme pour les installations nucléaires, de revoir l'évaluation de sûreté de ces transports à la lumière des leçons de Fukushima, en raisonnant donc là aussi à partir du potentiel de danger.

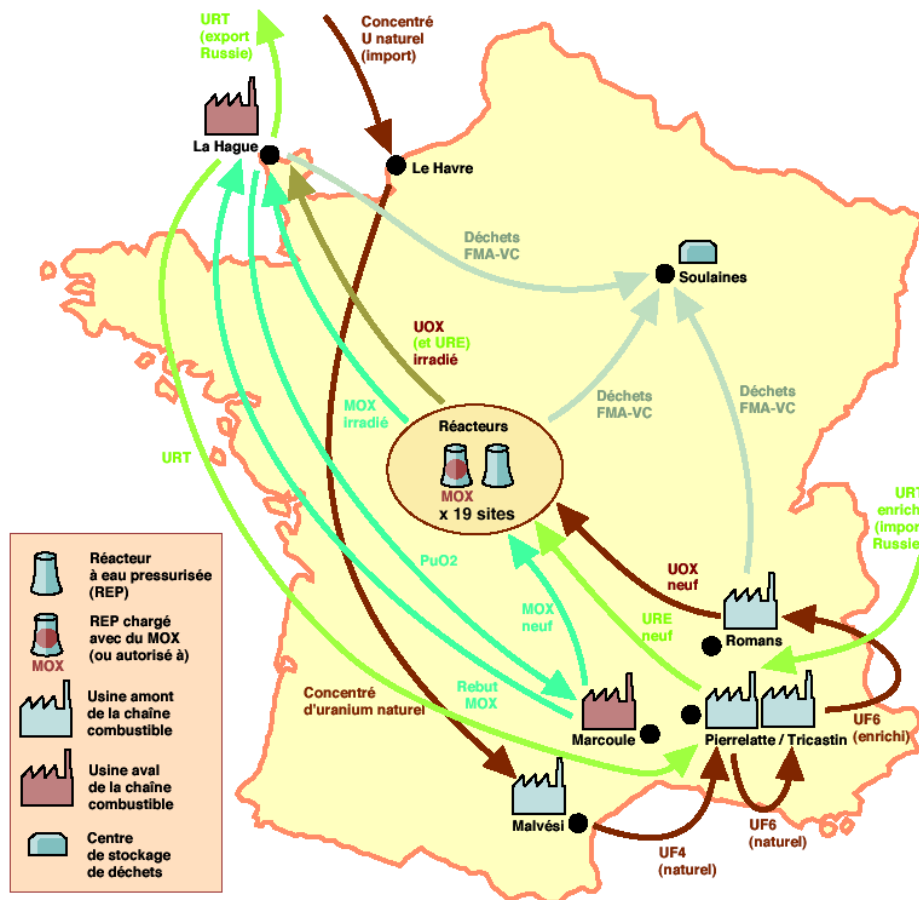
Cette notion renvoie en premier niveau d'analyse, sans entrer dans le cadre d'une évaluation plus détaillée des risques associés à chaque type de transport, à l'inventaire des matières et déchets mis en circulation dans la zone sud-est. Ces flux sont relativement variables d'une année à l'autre, mais présentent une assez grande constance en termes de grandes masses échangées. On peut mentionner pour l'essentiel, en s'appuyant sur les chiffres pour l'année 2011 dans son rapport annuel par l'ASN :

- La centrale nucléaire de Tricastin qui procède pour chacun de ses réacteurs, selon un rythme à peu près annuel, à des arrêts de tranche pour rechargement qui sont précédés de l'arrivée sur le site du combustible neuf, et suivis de l'évacuation du site du combustible usé (issu d'un cycle de fonctionnement précédent et ayant séjourné deux ou trois ans dans la piscine de désactivation). Chaque réacteur décharge et recharge ainsi environ 60 tonnes chaque année, dont jusqu'à 30 % est constitué de combustible MOX dans le cas de Tricastin. Il en va de même avec le combustible URE à Cruas.

- L'usine COMURHEX de Pierrelatte est à l'arrêt.
- L'Atelier TU5 de Pierrelatte a traité en 2011 un total de 2 801 tonnes de nitrate d'uranyle à base d'uranium de retraitement, et produit 837 tonnes d'U3O8 de retraitement placé en entreposage sur place.
- L'usine W de Pierrelatte a traité un total de 11 181 tonnes d'uranium appauvri sous forme UF6 en provenance de l'enrichisseur URENCO, et 8 205 tonnes en provenance d'EURODIF, produisant respectivement après défluoration 8 917 tonnes et 6 552 tonnes d'uranium appauvri sous forme U3O8, entreposé sur le site.
- L'usine d'EURODIF à Pierrelatte a traité en 2011 un total de 6 420 tonnes d'uranium naturel et 184 tonnes d'uranium appauvri (repris dans les stocks pour réenrichissement), produisant 956 tonnes d'uranium enrichi et 5 636 tonnes d'uranium appauvri.
- L'usine FBFC de Romans a produit en 2011, à partir de 632 tonnes d'UF6 à base d'uranium enrichi en provenance des usines d'enrichissement d'EURODIF, URENCO et TENEX, 74 tonnes d'UF6 enrichi fourni par AREVA NC, plus 4,5 tonnes d'UF6 à base d'uranium naturel fourni par COMURHEX, un total de 194 tonnes de poudre d'oxyde d'uranium enrichi (UO2) livrée à l'usine FBFC de Dessel en Belgique, et 541 tonnes d'éléments combustibles livrés à EDF (459 tonnes) ainsi qu'aux centrales belges et sud-africaine (l'usine a également produit à partir de tonnages beaucoup plus faibles des maquettes pour AREVA).
- L'usine MELOX de Marcoule a traité en 2011 un total de 134,4 tML (tonnes de Métal Lourd) d'UO2 à base d'uranium appauvri fourni par AREVA NC Pierrelatte, et 12,6 tML d'oxyde de plutonium PuO2 fourni par AREVA NC La Hague, pour produire 138,6 tML d'éléments combustibles MOX (destinés pour 118,1 tML aux centrales d'EDF, pour 12,8 tML à l'usine de fabrication de FBFC Dessel, en Belgique, pour les autres clients européens du MOX, et 1,7 tML destinés au Japon, retournés pour entreposage à La Hague).

La carte I-7 illustre, à partir de la situation observée en 2010, les principaux flux de matières et de déchets associés à la filière nucléaire française, illustrant le fait qu'en concentrant l'essentiel des activités liées à l'amont du cycle et à la réutilisation des matières, la zone sud-est joue dans ces transports un rôle particulier, qui l'expose bien sûr à un risque particulier.

Figure I-8 : Principaux transports de matières nucléaires et de déchets vers et depuis les sites nucléaires de la zone sud-est



Source : WISE-Paris, 2012

II- Scénarios possibles et impacts pour la région

L'inventaire des différentes implications pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur de l'état de développement actuel de la filière nucléaire permet d'appréhender les multiples dimensions de cette question complexe, qui doit s'aborder non seulement au niveau énergétique, mais aussi au niveau socio-économique et au niveau de l'environnement et des risques. En particulier, cette analyse a permis de préciser le champ des impacts liés au nucléaire, et même plus spécifiquement de la filière de production électronucléaire, en excluant ce qui relève directement d'autres branches d'activité du domaine nucléaire. Elle a également permis, à l'inverse, d'élargir la vision des impacts de ce secteur spécifique, en explorant la diversité des activités liées à cette filière électronucléaire autour du cœur que constitue l'exploitation des réacteurs nucléaires.

À l'issue de ce travail d'inventaire, la question des conséquences énergétiques, économiques, sociales, environnementales et sanitaires d'une stratégie de sortie du nucléaire peut être discutée avec une meilleure connaissance de ces différents enjeux, et une meilleure compréhension de leurs relations. Mais cette analyse se place tout d'abord, au vu des constats précédents, sous un double paradoxe. D'une part, bien que la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ne soit pas elle-même engagée directement, sur son territoire, dans l'activité de production d'électricité nucléaire, la question des conséquences d'un arrêt de cette activité prend, compte tenu de ses nombreuses implications dans la région, un sens tout à fait réel et concret. D'autre part, la nature plus ou moins directe des relations entre cette activité de production et ses conséquences pour la région, à travers notamment des effets de déplacement d'activité, d'accumulation ou de décalage dans le temps, implique que l'arrêt de l'activité de production électrique correspondant à un scénario de sortie du nucléaire ne conduit pas nécessairement à réduire rapidement tous les impacts positifs comme négatifs et peut même, pour certains d'entre eux, à les renforcer.

La première étape du travail d'analyse des conséquences éventuelles d'une sortie du nucléaire pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur consistera donc à bien décrire la signification que l'on donne à ce scénario, non seulement du point de vue de la trajectoire énergétique fixée par la réflexion menée dans d'autres parties de ce rapport, mais aussi vis-à-vis des différents objets (installations, équipements, matières et déchets) mis en jeu par la filière électronucléaire et impactés ou non par un tel scénario de sortie.

On proposera dans la suite, une fois ce travail fait, une analyse point par point des implications de ce scénario sur l'ensemble des impacts socio-économiques et environnementaux qualifiés, et autant que possible quantifiés, dans la partie précédente. On renverra bien sûr dans le cadre de cette analyse aux éléments de caractérisation et quantification présentés dans cette première partie, sans en rappeler systématiquement tous les détails et les nuances.

1- Scénarios énergétiques et scénarios nucléaires

La notion même de scénario de sortie du nucléaire n'a pas grand sens dans le cadre d'une réflexion cantonnée au cadre régional, dans la mesure où la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ne dispose pas de production électronucléaire qu'il s'agirait alors « simplement » d'arrêter.

1-1 Scénario de sortie et scénario de poursuite du nucléaire

Une première façon de comprendre la notion de sortie du nucléaire pour la région serait alors de se concentrer sur une stratégie énergétique menée par la région pour développer, par des actions sur la demande électrique sur son territoire et la construction sur son territoire de moyens de production d'électricité non nucléaires, qu'il s'agisse d'énergies renouvelables ou de centrales thermiques fonctionnant avec des combustibles fossiles,

pour devenir autonome sur le plan électrique. Il s'agirait alors de substituer la réduction de consommation ou ces nouvelles productions aux 40 % environ d'électricité nucléaire, essentiellement produite en région Rhône-Alpes voisine, dont bénéficie actuellement la région Provence-Alpes-Côte d'Azur pour son bilan électrique.

Cette approche n'apparaît cependant pas très pertinente pour plusieurs raisons. Le fait que cette approche n'apporterait aucune réponse au risque d'accident majeur que font massivement peser sur la région les réacteurs les plus proches, à commencer par la centrale limitrophe du Tricastin, n'est pas la moindre. La réussite d'un objectif d'autonomie électrique de la région vis-à-vis du nucléaire impliquerait de plus non seulement de développer des substitutions au nucléaire en bilan énergétique, mais aussi en puissance. Or l'équilibre en puissance de la région, par ailleurs aujourd'hui fragile dans sa partie est, peut encore moins que l'équilibre en énergie électrique se construire dans un système interconnecté entre les régions comme l'est actuellement le réseau de transport d'électricité. En d'autres termes, il est très difficile d'imaginer les solutions techniques, les conditions économiques et les politiques et mesures qui permettraient à la région de garantir, même si rien ne changeait sur le fonctionnement du parc de réacteurs nucléaires en France, qu'aucun des électrons qu'elle consomme ne provient de centrales nucléaires.

Au contraire, la difficulté de l'exercice consiste bien à définir, tout en se concentrant sur les implications dans la région, une décision et une stratégie qui se jouent essentiellement hors de la région.

On comprend donc ici, en cohérence avec l'exercice prospectif proposé dans l'ensemble de ce rapport, la sortie du nucléaire pour la région comme l'application en Provence-Alpes-Côte d'Azur d'une stratégie déclinant au niveau régional, selon des hypothèses et avec des résultats présentés dans les parties 2 et 3 du rapport global, une stratégie nationale de transition énergétique.

Il convient d'ailleurs à ce stade de rappeler que cette transition énergétique ne se réduit en aucun cas à une stratégie de sortie du nucléaire. La trajectoire énergétique dans laquelle le scénario proposé ici pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur s'inscrit est une stratégie visant à réduire, en optimisant l'équilibre entre la maîtrise de ces différents enjeux, les risques que font peser aujourd'hui sur la France, compte tenu de sa double dépendance au pétrole pour les transports et au nucléaire pour l'électricité, trois crises majeures : le dérèglement climatique, l'épuisement des ressources fossiles et les risques technologiques liés aux infrastructures énergétiques, au premier rang desquels, avec une place très spécifique, le risque nucléaire.

Dans une trajectoire répondant à ces différentes contraintes en jouant sur les leviers de sobriété, d'efficacité et de développement des renouvelables qui sont à notre disposition, les 58 réacteurs du parc nucléaire français s'arrêtent aussi progressivement que possible, sans dépasser une durée maximale de 40 ans (le parc atteint en moyenne l'âge de 37,9 ans par rapport à la date de couplage des réacteurs), les fermetures commençant en 2012 pour s'achever en 2033. La logique sous-jacente consiste à fermer certains réacteurs plus rapidement pour lisser le phénomène de fermeture du parc⁴² et adapter son rythme à la vitesse à laquelle, sur le plan national, les solutions de maîtrise de la demande et de renouvelables peuvent être développées.

Cette approche reste sur le fond très distincte d'une stratégie centrée sur un objectif de sortie du nucléaire qui se donnerait comme règle de fermer chacun des réacteurs le plus vite possible aux dépens d'autres objectifs économiques, sociaux et environnementaux de la politique énergétique. Il convient également de souligner que cette approche ne répond pas à une autre question, adressée aux pouvoirs publics dont ce devrait être la responsabilité, qui est de savoir comment la France, avec une dépendance à près de 80 % de son

⁴² En effet, 80 % du parc nucléaire a été mis en service sur une période de 10 ans seulement, entre 1977 et 1987. Aussi la pyramide des âges du parc nucléaire français impose, quelle que soit la solution de remplacement par du nucléaire ou d'autres options, d'étalement la gestion des fermetures par rapport à une condition stricte de durée de vie appliquée uniformément. La règle suivie dans le scénario négaWatt étant de ne dépasser 40 ans pour aucun des réacteurs en service, cet étalement ne peut plus s'envisager, comme le projette EDF, dans une prolongation d'au moins une partie du parc de réacteurs. Dès lors, l'étalement des fermetures implique d'en anticiper un certain nombre par rapport à cette durée de 40 ans, pour produire une descente aussi régulière que possible.

fonctionnement économique et social à l'électricité d'origine nucléaire, pourrait en cas d'urgence (accident ou risque manifeste et générique que celui-ci se produise à court terme) organiser son fonctionnement sans réacteurs – question qu'il est impossible d'esquiver au regard de l'expérience japonaise.

Le scénario de sortie du nucléaire dont il est question ici désigne donc bien la mise en place en région Provence-Alpes-Côte d'Azur d'une stratégie de transition énergétique en cohérence avec une stratégie de même nature au niveau national. Du point de vue énergétique, les solutions mises en place dans la région, telles qu'elles sont décrites dans les autres chapitres de ce rapport, permettent d'accélérer la réduction de la dépendance de la région au nucléaire, dont la production diminue par ailleurs au niveau national pour s'effacer définitivement à partir de 2033. Par ailleurs, sans qu'il soit possible d'analyser cette question délicate en détail dans le cadre du présent rapport, les stratégies de gestion de l'effacement de la demande et de la prévisibilité des productions renouvelables variables, de renforcement de l'interconnexion du réseau électrique à un niveau plus poussé de décentralisation, de renforcement des solutions de stockage existantes pour l'électricité et de mise en place à plus long terme de solutions nouvelles telles que la méthanation confèrent beaucoup plus de robustesse aux développements du secteur électrique proposés pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dans cette stratégie régionale, que dans le cas où cette stratégie régionale devrait s'inscrire dans un scénario de poursuite de la situation actuelle au niveau national.

Par souci de cohérence, on retient comme référence de scénario alternatif à la sortie du nucléaire le scénario tendanciel construit par négaWatt au niveau national, qui se caractérise notamment par une progression lente, à peu près conforme à la croissance démographique, de la consommation d'énergie nationale et pour l'offre, au maintien à son niveau actuel de la capacité nucléaire (par des nouveaux réacteurs ou par la prolongation de leur durée de vie).

1-2 Conséquences sur l'inventaire d'installations nucléaires

La première conséquence du choix entre un scénario de sortie ou de poursuite du nucléaire, au sens d'une stratégie de transition énergétique ou d'une stratégie de poursuite de l'équilibre actuel décrite ci-dessus, porte bien sûr sur l'évolution du parc de réacteurs nucléaires.

Dans le scénario tendanciel au niveau national, la capacité nucléaire est maintenue à l'identique jusqu'à 2050 et au-delà. Ce maintien suppose à la fois un programme de prolongation de la durée de vie des réacteurs existants et leur remplacement au cours de la période par des réacteurs de type EPR, sans que le scénario ne statue sur le rythme ou l'ordre dans lequel ces remplacements s'opèrent. Ce choix signifie schématiquement qu'un réacteur EPR de 1 650 MWe doit être construit en un point non précisé de la période 2020-2050 pour remplacer chaque paire de réacteurs 900 MWe et chaque réacteur de 1 300 MWe ou 1 450 MWe : pour des questions d'acceptabilité de nouveaux sites, de gestion des sites existants et de besoins associés en nouvelles structures de réseau électrique, la très grande majorité des experts s'accorde à penser qu'un éventuel renouvellement du parc s'opèrerait à sites de centrales constant.

Dans le scénario de sortie du nucléaire, la transition énergétique conduit à fermer l'ensemble des réacteurs entre 2012 et 2033 (au-delà du résultat précis de la trajectoire retenue dans le scénario négaWatt, ce qu'il faut retenir de l'analyse des contraintes croisées d'équilibre énergétique et de sûreté est que cette fermeture des derniers réacteurs peut difficilement être accélérée avant 2030 du point de vue énergétique comme repoussée après 2035 sur point de vue de la sûreté nucléaire). L'ordre et le rythme de fermeture des réacteurs ne sont plus neutres du point de vue de la trajectoire énergétique comme dans un scénario tendanciel, dans la mesure où ils ne sont pas remplacés. Cet ordre et ce rythme, dans leur déclinaison pour les sites les plus proches de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, sont également importants pour l'évolution des retombées et impacts associés.

Cet ordre de fermeture devrait idéalement être fixé par une évaluation de la hiérarchie du risque associé à chaque réacteur, tenant compte de différents critères : le niveau d'aléa pesant sur le réacteur en fonction de son environnement naturel et industriel (phénomènes sismiques, hydrologiques, climatiques, accidents industriels ou de transports, ...), le niveau de vulnérabilité du réacteur en fonction de ses caractéristiques et de son histoire (palier, taille, âge, degré de vieillissement, ...), et le niveau de sensibilité de la zone où il est implanté à un accident, en fonction des caractéristiques du territoire (densité de population, type et densité d'activité, etc.). En première approche, la trajectoire peut par défaut être construite en s'appuyant sur l'ordre chronologique des paliers successifs de construction du parc d'EDF et d'âge des réacteurs au sein de chaque palier.

À titre d'illustration, ceci conduit dans la trajectoire nationale modélisée pour le scénario négaWatt à fermer les réacteurs les plus proches de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur aux dates suivantes : les quatre réacteurs de Bugey entre 2013 et 2014, les quatre tranches de Tricastin entre 2014 et 2016, les quatre tranches de Cruas entre 2020 et 2021, et enfin les deux réacteurs de Saint-Alban en 2023 et 2025. Cet exemple montre notamment la réalité, pour tenir compte des impacts sur chaque site, et quelle que soit l'échéance à laquelle la fermeture est projetée, d'étaler la fermeture des tranches au sein de chaque site de façon concertée entre les sites : ainsi la proximité des centrales permettrait par exemple, au lieu de ce calendrier « centrale après centrale », d'étaler la fermeture des quatre tranches entre 2013 et 2021, soit une fermeture tous les deux ans, sur chacun des trois sites.

Il faut par ailleurs souligner qu'une trajectoire de fermeture du parc nucléaire actuel ne définit pas à elle seule la sortie du nucléaire, si l'on entend par là le maintien, au-delà des réacteurs du parc de production, d'un inventaire d'installations, de matières et de risques qui survivent au parc de réacteurs et subsistent à court, moyen ou très long terme.

Ces éléments résultent pour la plupart d'une conséquence mécanique du choix de fermer les réacteurs. Les stocks de déchets radioactifs et de matières nucléaires sans emploi, comme les installations devenues sans usage, constituent un héritage dont la gestion peut être rendue d'autant plus difficile qu'elle ne peut plus s'appuyer sur les moyens techniques et financiers générés par le maintien d'une activité de production. Ces éléments ne sauraient toutefois être strictement et systématiquement désignés comme des conséquences d'une stratégie de sortie : en effet, dans la très grande majorité des cas, la décision de fermeture ne joue que sur l'échéance à laquelle la gestion de cet héritage déjà constitué doit être considérée, et non sur la nature technique des objets (installations, inventaires de matières) formant cet héritage.

Il reste cependant, même dans le cadre d'une stratégie claire de fermeture du parc nucléaire, des décisions importantes à prendre qui, pour certaines, relèvent du périmètre de responsabilité des mêmes acteurs publics, alors que d'autres peuvent être prises ailleurs. La première catégorie désigne notamment les choix de la France en matière de stratégie de gestion des déchets radioactifs d'une part, et de recherche et développement d'autre part.

Du point de vue de la gestion des déchets radioactifs, les grandes décisions à prendre portent sur la nature, le lieu d'implantation et la date de mise en œuvre de solutions d'entreposage de longue durée (en subsurface pour être suffisamment robuste au temps, etc.) ou de stockage géologique. Ces décisions, qui auront un impact sur la gestion des inventaires de déchets et de matières accumulés aujourd'hui sur les sites sans filières d'évacuation ou d'utilisation, peuvent être tranchées de façon relativement indépendante des choix sur le parc nucléaire. Il n'en va pas de même pour le choix de maintenir ou de renoncer à la stratégie de « retraitement-recyclage », qui perd sa raison d'être dès lors que la prolongation du parc existant ou la construction d'un nouveau parc nucléaire ne vient plus créer la perspective de réutilisation des matières valorisables accumulées. Il semble dès lors cohérent de considérer que le scénario de sortie du nucléaire analysé ici s'accompagne d'un arrêt à relativement brève échéance du retraitement du combustible usé à La Hague, ce qui a des répercussions non négligeables sur la gestion de l'ensemble du combustible usé.

Le même raisonnement peut s'appliquer du côté de la recherche et développement aux projets en cours, en fonction de la cohérence ou de la contradiction de leurs objectifs avec une trajectoire de sortie du nucléaire. Ainsi, le projet de réacteur ASTRID, destiné à préparer la réutilisation des matières accumulées et/ou une hypothétique transmutation des déchets à vie longue en même temps que le remplacement progressif du parc actuel ou à venir par des réacteurs de 4^{ème} génération, perd dans une perspective de sortie l'essentiel de sa finalité. Dès lors, on considère également dans la suite de cette analyse que le scénario de sortie du nucléaire implique l'abandon du projet ASTRID alors que celui-ci est maintenu dans un scénario de poursuite.

La réponse ne peut être aussi tranchée s'agissant du projet ITER, dont il faut par ailleurs se souvenir que la décision de le construire s'appuie sur une convention internationale dont la France, même en tant que pays hôte, n'est qu'une des parties. Le projet de réacteur ITER s'inscrit davantage dans une rupture que dans une continuité avec le parc nucléaire existant qui n'empêche pas, en théorie, son maintien, même en cas de sortie du nucléaire. On considère donc dans la suite que l'alternative entre un scénario de sortie et un scénario de poursuite du nucléaire reste neutre sur ce point. On peut cependant souligner d'une part que la mise en œuvre du projet ITER, qui soulève déjà d'importantes questions sur ses coûts et ses risques dans sa phase de construction et dans la prévision de ses phases d'exploitation et de démantèlement, posera des problèmes d'autant plus complexes à résoudre que leur gestion ne pourra pas s'appuyer sur les moyens supports dont jouit la filière électronucléaire aujourd'hui. Et d'autre part que la production massive d'énergie commerciale de fusion extrêmement concentrée, qui est l'objectif lointain dans lequel s'inscrit ITER, ne trouve pas facilement sa place dans la vision d'un système énergétique durable fondé sur la maîtrise de la demande et sur une production décentralisée, qui est au cœur de la stratégie de transition énergétique.

Il est enfin un autre point dans l'inventaire des impacts et des risques qui est, au moins en principe, indépendant, même si des cohérences doivent se construire au niveau européen, des décisions prises sur la sortie ou la poursuite du nucléaire en France : il s'agit de l'évolution du parc nucléaire européen et mondial, en particulier dans le périmètre relativement proche, en se souvenant que 20 % des réacteurs actuellement en service dans le monde sont à moins de 1 000 km de Marseille, dont 32 sur 90 dans huit pays européens.

Parmi ceux-ci, un grand nombre doivent fermer dans les prochaines années. C'est le cas en Allemagne, où un calendrier précis a été établi pour la sortie du nucléaire. Les dates de fermeture des réacteurs encore en exploitation ont été fixées, avec des limites d'autorisations s'étalant de décembre 2015 à décembre 2022 (Grafenrheinfeld en 2015, Gundremmingen en 2017 et 2021, Philippsburg en 2019, Isar et Neckarweistheim en 2022). Un calendrier de sortie a également été fixé en Belgique. En Suisse, aucun calendrier n'est fixé mais un moratoire interdit toute nouvelle construction. En Espagne, le gouvernement souhaite actuellement prolonger les réacteurs mais n'envisage pas d'en construire - et l'exploitant de la plus ancienne, Garoña, a renoncé à prolonger le réacteur (du même type que ceux de Fukushima).

En revanche, d'autres réacteurs situés à des distances inférieures à 1 000 km ou à peine davantage de la région ne font pas aujourd'hui l'objet d'un plan de fermeture. C'est par exemple le cas des réacteurs des centrales de Temelin et de Dukovany en République Tchèque. Au Royaume-Uni, le gouvernement projette des constructions de nouveaux réacteurs, sans parvenir pour l'instant à réunir les conditions économiques permettant cet investissement très lourd. Il s'agit simplement ici de retenir que si les engagements de sortie de certains de nos pays voisins vont contribuer, quoiqu'il se passe en France, à réduire la menace d'un accident nucléaire affectant la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la mise en œuvre d'une stratégie de sortie du nucléaire en France n'apporte à l'inverse pas la garantie de lever totalement cette menace, compte tenu de la poursuite actuelle des programmes nucléaires dans d'autres pays voisins.

2- Conséquences sur les impacts et les risques

Nous avons choisi, dans la première partie, de traiter d'abord des retombées socio-économiques du nucléaire sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, avant d'analyser les impacts environnementaux et les risques. Cette logique obéissait au fait que l'activité de production électronucléaire est, comme toute activité productive, une activité que l'on développe d'abord pour des objectifs économiques et sociaux, en essayant de justifier ensuite les impacts négatifs, principalement imaginés du côté de l'environnement et des risques, en regard des retombées bénéfiques espérées. De façon schématique, cette relation s'inverse dans une stratégie de sortie : c'est la réduction voire l'élimination des impacts et des risques qui devient l'objectif, et suscitent des préoccupations sur les conséquences socio-économiques potentiellement négatives de l'arrêt de la production, qui doivent alors être évaluées et compensées pour justifier cet arrêt.

Ce constat conduit à traiter ici la question des impacts et des risques avant la question des conséquences socio-économiques, c'est-à-dire à inverser l'ordre par rapport à l'inventaire des enjeux mené dans la première partie.

2-1 Évolution sur les rejets

La question des impacts est d'abord celle des rejets. Sur ce point, la situation est relativement simple. Dans un scénario de poursuite du nucléaire, les rejets radioactifs décrits pour chacun des principaux sites de la région sud-est ont peu de chances de connaître des évolutions significatives. Les usines nécessaires à l'amont comme à l'aval du combustible poursuivent leur exploitation, ainsi que les réacteurs. Le remplacement éventuel, à terme, des réacteurs existants par des réacteurs de type EPR, dont la technologie n'apporte pas de rupture dans ce domaine, ne modifie pas fondamentalement la situation.

Dans ces conditions, les impacts associés à ces rejets se maintiennent à un niveau proche de leur niveau actuel, que les estimations par modélisation montrent très inférieures à la limite de 1 mSv/an d'exposition ajoutée pour la population, mais qui reste entaché de toutes les incertitudes évoquées précédemment. Plusieurs facteurs peuvent de plus conduire à une augmentation, à rejets constants, des impacts sur les populations et sur l'environnement. Le premier réside dans la pression démographique et la tendance à l'étalement urbain, qui peuvent se traduire par une augmentation de la densité de population dans l'environnement proche des installations, donc une augmentation de l'exposition des habitants. Le deuxième concerne la poursuite des phénomènes de dispersion et d'accumulation, dans les nappes phréatiques ou les sédiments notamment, qui ont pu être mis en évidence par les travaux de ces dernières années autour de la vallée du Rhône.

Dans un scénario de poursuite du nucléaire et de l'exploitation des différentes installations, le vieillissement des équipements peut également conduire à davantage d'incidents se traduisant par des bouffées plus élevées que les niveaux de rejets en fonctionnement régulier, avec les interrogations légitimes que suscite ce genre de situation du point de vue de l'impact sur les populations. Enfin, le scénario de poursuite du nucléaire peut s'accompagner de la mise en service de nouvelles installations, à commencer par le réacteur ASTRID, susceptibles d'engendrer des rejets supplémentaires.

À l'inverse, une trajectoire de sortie du nucléaire se traduit par une baisse progressive des rejets du fait de la fermeture au fil du temps des différentes installations. En particulier, l'arrêt des réacteurs entraîne une baisse puis une coupure des besoins de conversion et d'enrichissement de l'uranium et de fabrication du combustible qui élimine à terme l'ensemble des rejets liés à l'exploitation des usines de Pierrelatte-Tricastin et de Malvési notamment. Les rejets radioactifs liés aux activités nucléaires ne disparaissent pas pour autant totalement du territoire. En effet, des besoins de rejets associés à la gestion des déchets, y compris la reprise indispensable dans tous les cas des déchets anciens, ainsi qu'aux opérations de démantèlement subsistent même dans ce scénario, en particulier sur des sites tels que Cadarache et Marcoule. Toutefois bien sûr, même en tenant compte des incertitudes et des phénomènes d'urbanisation ou d'accumulation des radionucléides évoqués ci-

dessus, les rejets et leurs impacts sont en diminution dans un scénario de sortie, en valeur absolue et plus encore en valeur relative par rapport au scénario de poursuite.

2-2 Évolution sur les déchets et le démantèlement

La situation est un peu plus complexe sur le front des déchets et du démantèlement. On peut évacuer rapidement la question des déchets FMA-VC et TFA générés par les différentes installations de la région dans le cadre de l'exploitation actuelle, et qui sont régulièrement évacués vers les sites de stockage ouverts à ces catégories de déchets. Dans un scénario de poursuite du nucléaire, la production de ces déchets et leur entreposage temporaire se poursuit à peu près au même rythme, et le principal problème envisageable est une saturation des sites d'accueil existants sans mise en service de nouveau stockage, qui pourrait le cas échéant conduire à un entreposage croissant de ces déchets sur les sites de la région. À l'inverse, un scénario de sortie du nucléaire conduit comme précédemment pour les rejets à une baisse progressive des flux de tels déchets, donc des risques associés.

Toutefois comme on l'a vu, les installations nucléaires des sites de la zone sud-est abritent d'importantes quantités de déchets radioactifs, y compris des différentes catégories qui ne disposent pas aujourd'hui d'une filière de gestion (déchets HA, MA-VL, FA-VL), ainsi que de matières nucléaires, y compris des catégories dites « valorisables » mais qui se trouvent aujourd'hui sans emploi.

Il convient de distinguer, concernant ces déchets et matières, les situations historiques liées à des situations et stratégies de gestion anciennes, sur lesquelles l'alternative entre poursuite et sortie du nucléaire n'a pas d'impact direct, des situations anciennes dont les options de gestion peuvent dépendre des choix actuels, et les situations liées aux modes de gestion actuels que cette alternative peut profondément modifier.

La première catégorie concerne notamment les énormes quantités de déchets anciens accumulés sur le site de Marcoule, au premier rang desquels les dizaines de milliers de m³ d'enrobés bitumineux issus du retraitement de combustible à UP1. Les deux paramètres déterminants pour la gestion de ces déchets dans l'avenir seront d'une part l'échéance à laquelle pourront être opérationnels, ou non, un site de stockage géologique pour la partie MA-VL de ces déchets et un site de stockage subsurface pour la partie FA-VL, et d'autre part la faisabilité, qui n'est pas totalement acquise à ce jour, d'une caractérisation fine de la répartition des fûts entre MA-VL et FA-VL et de solutions de reconditionnement de ces déchets compatibles avec la sûreté de leurs sites d'accueil respectifs. Ces éléments, dont dépendra la faisabilité et l'échéance d'un enlèvement des déchets du site de Marcoule pour les évacuer vers ces sites, sont relativement indépendants des choix sur la poursuite ou la sortie du nucléaire. Il faut par ailleurs signaler que, si la zone de Bure, dans la Meuse, est d'ores et déjà sélectionnée pour abriter la réalisation éventuelle d'un stockage géologique, la localisation d'un ou plusieurs sites de subsurface pour le stockage éventuel des déchets FA-VL reste à déterminer, laissant en théorie au moins ouverte la possibilité que la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ou un territoire voisin accueille cette structure.

Le même raisonnement s'applique pour l'ensemble des déchets MA-VL et FA-VL historiques – au sens où il n'en est plus produits dans le cadre de l'exploitation actuelle – recensés sur les sites de Marcoule et Cadarache. Il concerne également les déchets vitrifiés HA-VL issus du retraitement entreposés à Marcoule et destinés eux aussi au stockage géologique, avec les réserves actuelles sur la réalisation de ce site.

Cette logique peut également s'appliquer aux matières nucléaires sans emploi, dont la production a cessé avec la fin récente ou plus ancienne de certaines activités. Ce point concerne essentiellement les combustibles usés de filières arrêtées, soit plusieurs dizaines de tonnes de combustibles de Phénix à Marcoule et d'autres prototypes à Marcoule et Cadarache, et, dans un périmètre plus large, les 104 tML (tonnes de métal lourd) de combustible de Superphénix, à Creys-Malville, contenant plus de 14 tonnes de plutonium. Toutefois, si le choix de poursuivre ou sortir du nucléaire n'a pas d'influence sur ces stocks, il peut en avoir sur leur perspective de gestion en fonction du devenir de la stratégie de « retraitement-recyclage ». En effet, si une part de ces

combustibles sont déjà aujourd'hui destinés au stockage géologique, avec les mêmes réserves que ci-dessus, l'autre part, et en particulier les combustibles des réacteurs à neutrons rapides, sont dans la doctrine actuelle entreposés en attente d'un retraitement à La Hague dont la faisabilité technique et économique reste très incertaine. L'arrêt du retraitement qui accompagnerait une stratégie nationale de sortie du nucléaire clarifierait la situation en termes de perspective de gestion de ces combustibles – avec toutefois les mêmes réserves que précédemment sur le stockage géologique. Une telle situation favoriserait l'émergence d'une stratégie plus sûre d'entreposage intermédiaire des combustibles usés concernés, en envisageant par exemple un entreposage à sec dans une structure en subsurface au lieu de leur entreposage en piscine de désactivation actuel.

Une logique différente s'applique à l'ensemble des déchets et matières dont la production continue dans le cadre de la gestion actuelle. Il s'agit par exemple, pour les déchets MA-VL, des déchets d'exploitation contaminés au plutonium de l'usine MELOX ou de différents déchets MA-VL d'exploitation d'ateliers à Cadarache. Pour ces catégories, l'alternative entre un scénario de poursuite du nucléaire et un scénario de sortie ne modifiera pas les perspectives de gestion, qui dépendent des mêmes facteurs que précédemment, mais l'arrêt progressif du nucléaire conduira évidemment à un inventaire final moindre que la poursuite, favorisant la gestion de ces déchets et réduisant les risques associés.

Il en va de même pour les déchets de la catégorie spécifique RCTU accumulés sur le site de l'usine COMURHEX de Malvési, dont la gestion à long terme, très probablement sur le site compte tenu des énormes volumes de boues contaminées en jeu, reste très incertaine et dont le volume arrêterait de croître en cas de déclin des besoins de conversion d'uranium alors qu'il augmentera régulièrement si l'exploitation du parc se poursuit.

La question se pose enfin de l'ensemble des matières nucléaires accumulées dans la gestion actuelle et de leur emploi futur en fonction des perspectives d'évolution du parc nucléaire. Il faut sur ce point souligner en premier lieu que la poursuite du nucléaire ne conduit pas nécessairement à la réduction de ces stocks. Au contraire, les matières qui s'accumulent sans emploi dans le mode de gestion actuel ont toutes les chances de continuer à le faire à court et moyen terme.

Ainsi, l'ANDRA prévoit par exemple dans la partie prospective de son inventaire national, sur la base d'une hypothèse de 50 années de durée de vie des réacteurs actuels et d'inflexions des modes de gestion du combustible conformes aux déclarations d'EDF et d'AREVA, une augmentation de pratiquement toutes les catégories de matières nucléaires entreposées comme « valorisables » dans le cadre de la gestion actuelle du parc entre 2010 et 2030 (tableau II-1). Hormis une baisse du plutonium séparé qui correspond en réalité essentiellement à une stabilisation du stock français et à un retour vers les pays clients du plutonium étranger encore détenu en France, et une baisse de 7 % du stock tampon d'uranium enrichi qui traduit une légère baisse de production des usines d'enrichissement, tous les stocks augmentent selon ces projections entre 3 % et 450 %.

Tableau II-1 : Prévisions d'inventaire des matières nucléaires à 2020 et 2030 dans un scénario de poursuite du nucléaire

Matières nucléaires	2010	2020	2030	2030/2010
Combustible UOX en attente de traitement (tML)	12 006	11 450	12 400	+ 3 %
Combustible MOX en attente de traitement (tML)	1 287	2 400	3 800	+ 195 %
Combustible URE en attente de traitement (tML)	318	1 050	1 750	+ 450 %
Uranium naturel (tML)	15 913	25 013	28 013	+ 76 %
Uranium appauvri (tML)	271 481	345 275	454 275	+ 67 %
Uranium enrichi (tML)	2 954	2 344	2 764	- 7 %
Uranium de retraitement	24 100	40 020	40 020	+ 66 %
Plutonium non irradié (tML)	80	55	53	- 34 %

Source : ANDRA, Inventaire national 2012

Ainsi, la poursuite d'une stratégie nucléaire conduirait à une augmentation systématique des entreposages de matières en attente sur les sites du sud-est, notamment l'uranium appauvri, l'uranium naturel et l'uranium de retraitement à Tricastin-Pierrelatte, et l'uranium naturel à Malvési. De plus, la poursuite de la doctrine du « retraitement-recyclage » conduirait pourtant à les considérer malgré cette accumulation comme des matières valorisables, laissant donc les matières et les risques associés s'accumuler sans mettre en place de filières de stockage dédiées. À l'inverse, une stratégie de sortie du nucléaire conduirait à reconnaître à ces différents inventaires le statut de déchets et favoriserait la mise en place, sur les sites où ces matières sont entreposées, de filières appropriées. Cet effort pourrait conduire, sans réduire le potentiel de danger intrinsèque des inventaires de matières considérées, à diminuer les risques associés par le déploiement de conditions plus sûres d'entreposage et de gestion.

Il faut par ailleurs souligner qu'une partie de ces matières nucléaires est issue d'activités liées à la fourniture de clients étrangers. Leur statut de matières « valorisables » évite dans la doctrine actuelle de croiser leur situation avec une disposition importante de la loi sur la gestion des matières et déchets radioactifs de 2006, qui interdit de stocker en France des déchets d'origine étrangère. La reconnaissance à l'avenir du statut de déchet de ces matières sans emploi pourrait donc conduire, en plus de la nécessité de mettre en place des filières d'élimination pour ces déchets en France, de mettre en place une gestion spécifique pour la part d'origine étrangère. Les scénarios de poursuite ou de sortie du nucléaire en France doivent, s'agissant de ces matières étrangères, être croisés avec les perspectives de réutilisation ou d'élimination en stockage de ces matières dans les pays destinataires.

L'exemple le plus important du point de vue des risques comme des enjeux socio-économiques associés concerne le plutonium séparé⁴³. Le stock de plutonium déclaré par la France à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) représentait fin 2011 un total de 80,3 tML (tonnes de métal lourd) sous différentes formes, dont 22,8 tML de plutonium d'origine étrangère. Compte tenu de l'histoire des programmes d'utilisation du MOX dans d'autres pays clients et des difficultés rencontrées pour déployer ce combustible au Japon avant même Fukushima, on peut estimer que plus de 16 tML de ce plutonium étranger est d'origine japonaise. Il apparaît désormais très incertain que ce plutonium puisse être utilisé sous forme de MOX au Japon, ce qui devrait dès aujourd'hui conduire à envisager la mise en place d'une filière d'immobilisation de ce plutonium sous forme de déchet stable. Cet effort de développement, dont le centre de Marcoule pourrait être

⁴³ AIEA, *Communication Received from France Concerning its Policies regarding the Management of Plutonium - Statements on the Management of Plutonium and of High Enriched Uranium*, INFCIRC/549/Add.5/16, 3 août 2012

le pilote, répondrait également aux besoins d'immobilisation du stock de plutonium séparé français dans une perspective de sortie du nucléaire.

Un dernier point concerne la situation des combustibles irradiés des centrales d'EDF, qui sont dans la doctrine de gestion actuelle transférés après désactivation en piscine des réacteurs à l'usine de La Hague pour y être entreposés en attente de retraitement. La remise en cause de cette stratégie de retraitement qui accompagnerait une sortie du nucléaire pourrait conduire à mettre fin à l'entreposage sous cette forme à La Hague. L'alternative consisterait probablement à développer des solutions d'entreposage à sec en containers des combustibles usés, comme cela se pratique déjà dans de nombreux pays. Cet entreposage pourrait être organisé, soit de manière centralisée sur le site de La Hague, soit sur les sites des centrales d'EDF, ce qui pourrait conduire à une augmentation des inventaires de combustibles usés sur ces sites. Ainsi, tout en conduisant à une baisse globale par arrêt de la production de l'inventaire de combustibles déchargés des centrales, un scénario de sortie du nucléaire pourrait nécessiter la mise en place d'entreposages de combustibles usés plus importants – mais plus sûrs que l'entreposage en piscine actuel – sur les sites des centrales d'EDF.

Au-delà de la gestion des déchets existants en entreposage et en cours de production, la gestion de l'héritage nucléaire de la région comprend également le démantèlement des installations et l'assainissement des sites, y compris la reprise et le conditionnement des déchets les plus anciens. Ce travail est à faire quelle que soit l'option retenue pour la suite du programme nucléaire, s'agissant des installations déjà arrêtées dont le démantèlement est déjà en cours et de celles dont l'arrêt est programmé dans tous les cas. En revanche, le choix d'une stratégie de sortie peut conduire à anticiper des fermetures d'installations, à la fois de réacteurs et d'usines, et ainsi accélérer les besoins de démantèlement et d'assainissement par rapport à une stratégie de poursuite du nucléaire.

2-3 Évolution sur le risque d'accident

La situation est beaucoup plus simple s'agissant du risque d'incident et d'accident nucléaire, si l'on veut bien considérer comme règle générale – qui peut toutefois connaître des exceptions – que les risques associés aux installations nucléaires sont en général plus élevés dans leur phase d'exploitation que dans leur phase de post-exploitation (démantèlement, assainissement et déconstruction).

Un scénario de poursuite du nucléaire se traduit par une augmentation intrinsèque des risques d'accident, dans la mesure où il laisse en place les installations existantes tout en laissant leur niveau de sûreté s'éroder sous l'effet du vieillissement. L'effet du vieillissement peut être en partie compensé par des investissements de jouvence des installations qui permettent de remplacer certains composants usés, et par des investissements de renforcement des dispositifs sûreté, que les résultats des évaluations complémentaires de sûreté conduites après Fukushima vont encourager dans les prochaines années.

Toutefois ces investissements ne permettent pas de compenser tous les effets du vieillissement. Certains composants essentiels des réacteurs, par exemple, ne sont en pratique pas remplaçables. Il s'agit en particulier des cuves de réacteur et des enceintes, dont l'acier et le béton sont pourtant soumis à des phénomènes importants de fragilisation. L'IRSN a par exemple montré dans une note publiée en 2010 que les cuves de certains réacteurs 900 MWe, sous l'effet cumulé de l'irradiation, ne présenteront plus au-delà de 35 ans les marges de résistance suffisantes pour résister à la rupture dans certains chocs thermiques⁴⁴. Par ailleurs, le vieillissement se caractérise également par des effets diffus d'usure, corrosion, etc., qu'il est impossible de systématiquement compenser, et même de systématiquement détecter.

⁴⁴ IRSN, Avis DSR_2010-153 du 19 mai 2010, sur la tenue en service des cuves des réacteurs de 900 MWe.

Une solution plus radicale consiste à remplacer les installations vieillissantes par la construction de nouvelles installations. Cette approche ne présente pas non plus nécessairement toutes les garanties, dans la mesure où la mise en service de nouvelles installations comporte toujours une part d'incertitude. Dans le cas des réacteurs, il est par exemple trop tôt aujourd'hui pour savoir si les travaux engagés pour concevoir de nouveaux modèles de réacteurs, à l'image du projet ATMEA, aboutiront à des designs dont la sûreté sera réellement renforcée. En attendant, la stratégie envisagée dans un scénario de poursuite du nucléaire consiste à remplacer progressivement les réacteurs vieillissants par des réacteurs EPR. Or ce modèle de réacteur, dont le projet en cours à Flamanville a subi une évaluation complémentaire de sûreté, a été conçu dans une doctrine de sûreté préalable à Fukushima, et son évaluation a confirmé qu'il reste comme les réacteurs actuels susceptibles de connaître un scénario d'accident grave. L'EPR se veut, sur le papier, compte tenu de la redondance accrue de ses dispositifs de sûreté et du renforcement de ses barrières, le réacteur le moins risqué au monde. Mais il peut aussi être vu, compte tenu de sa taille, qui en fait le plus gros réacteur au monde, et du taux de combustion qu'il vise, qui augmente la puissance thermique résiduelle du combustible à évacuer en cas de problème, le réacteur le plus dangereux du monde au sens de la concentration en son cœur d'un potentiel de danger sans équivalent.

Un scénario de poursuite du nucléaire s'accompagnerait enfin de la construction de nouvelles installations dont certaines peuvent introduire sur les sites de la région des risques supplémentaires. Il s'agit en particulier du projet ASTRID à Marcoule, dont les caractéristiques ne sont pas encore suffisamment définies pour évaluer plus précisément sa sûreté, mais qui reprend la technologie des réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium dont on peut sérieusement questionner la sûreté, dans le cadre de la révision de la doctrine de sûreté conduisant à mieux prendre en compte le potentiel de danger.

À l'inverse, un scénario de sortie du nucléaire se traduirait par la fermeture progressive de l'ensemble des installations. Cette perspective n'éliminerait pas tout risque d'accident dans la mesure où les installations, même fermées, recèlent encore un inventaire de radioactivité générateur de risques. Elle conduirait cependant, en fermant à la fois les réacteurs et les installations porteuses de risques propres à l'uranium à Tricastin-Pierrelatte ou au plutonium avec MELOX à Marcoule, à une réduction systématique et générale du risque d'accident.

2-4 Évolution sur les transports

La question des transports, enfin, se pose en deux étapes. Dans un premier temps, le scénario de sortie du nucléaire produirait mécaniquement, comme pour les rejets ou les déchets d'exploitation, un effet de baisse lié au repli de l'activité et à la fermeture progressive des installations. En d'autres termes, les transports liés aux échanges de fonctionnement entre les différentes installations de la zone sud-est diminueraient évidemment dans un tel scénario, alors qu'ils se maintiendraient dans un scénario de poursuite du nucléaire.

La question se pose dans un deuxième temps différemment pour les transports associés aux inventaires anciens ou aux catégories de déchets sans filière d'évacuation et de matières sans emploi dans la stratégie de gestion actuelle. Comme on l'a discuté plus haut, un scénario de sortie du nucléaire est susceptible, en permettant une remise à plat de la doctrine de « retraitement-recyclage » actuelle, d'accélérer la mise en œuvre de solutions plus pérennes pour la gestion de ces déchets et de ces matières, ce qui peut engendrer de façon transitoire des transports associés plus importants que dans un scénario de statu quo.

3- Conséquences socio-économiques

Les conséquences sur l'activité, l'emploi et l'économie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur d'une stratégie énergétique régionale cohérente avec un scénario de sortie du nucléaire à l'échelle nationale doivent bien sûr s'apprécier d'abord en termes de réduction des retombées socio-économiques positives et négatives directement liées à l'activité nucléaire. Mais elles ne sauraient se réduire à cela, dans la mesure où cette sortie du nucléaire s'inscrit dans une stratégie de transition énergétique qui crée, via les actions de maîtrise de la demande et de soutien aux énergies renouvelables, d'autres opportunités et développe d'autres leviers économiques pour la région.

Par ailleurs, la perspective d'une sortie du nucléaire ne signifie pas la fin de toute activité liée à la filière électronucléaire, dans la mesure où l'activité de gestion des installations et des matières accumulées ne disparaît pas, voire se renforce avec l'arrêt de l'activité de production électrique. Il convient donc de s'interroger également sur les opportunités que peut représenter pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, compte tenu de son positionnement actuel dans la filière nucléaire française, cette activité de gestion des déchets et de démantèlement.

Il ne s'agit pas ici de mener une analyse économique stricte des conséquences respectives pour la région de chacun des deux scénarios, compte tenu de l'ensemble des paramètres extérieurs à ce choix qu'il faudrait intégrer dans une telle comparaison. On peut cependant, à la lumière de l'inventaire des retombées socio-économiques du nucléaire dans la région identifiées dans la première partie de ce chapitre, mettre en perspective les principales implications de ce choix.

3-1 Contribution à la production nucléaire et gestion de l'héritage nucléaire

L'impact d'une stratégie de sortie du nucléaire par rapport à une poursuite du nucléaire doit d'abord être relativisé à plusieurs niveaux. Tout d'abord, comme on l'a vu dans l'inventaire des différentes retombées socio-économiques de la filière nucléaire pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le poids du nucléaire sur l'économie de la région reste moins élevé que dans d'autres régions, qu'il s'agisse de régions très industrielles comme la région Rhône-Alpes voisine qui apparaît comme un leader dans cette filière, ou beaucoup plus rurales comme la région Centre où la présence de plusieurs centrales donne à l'énergie nucléaire un poids très important.

On a estimé précédemment à 8,6 % la contribution mesurée en termes d'emplois de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur à l'activité du nucléaire au niveau national pour l'année 2009. C'est davantage que la contribution de la région au PIB national, qui s'élève selon l'INSEE à 7,2 % pour la même année. Ce ratio doit être nuancé en tenant compte du fait que l'activité de la filière électronucléaire est concentrée dans quelques régions et extrêmement faible dans certaines autres, comme les régions Bretagne ou Auvergne. Ainsi la valeur générée par le nucléaire représente dans la région 1,8 % du PIB environ, contre 0,71 % au niveau national.

De même, la part de l'emploi direct dans le nucléaire pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, soit 10 150 salariés en 2009, représente environ 6,2 % de l'emploi industriel de la région, alors que ce chiffre n'est que de 3,7 % au niveau national. En comptant les emplois indirects, le nucléaire représente environ 1 % de l'emploi dans la région.

Le point important reste surtout que le choix entre un scénario de poursuite du nucléaire et un scénario de sortie ne peut en aucun cas se résumer au maintien de la totalité de l'emploi et de la valeur associés à la filière électronucléaire d'un côté, contre la perte brutale et intégrale de ces bénéfices de l'autre. Ainsi par exemple, une part importante de l'activité économique générée par des sites comme Marcoule ou Cadarache repose d'ores et déjà sur des activités de gestion de déchets anciens et de démantèlement qui sont héritées de choix

passés et que l'alternative entre poursuite ou sortie du nucléaire n'impacte pas : ces activités vont décliner avec l'avancement des chantiers correspondants, même si le programme nucléaire se poursuit.

À l'inverse, bien sûr, les activités productives des usines de l'amont et de l'aval du combustible ainsi que des réacteurs nucléaires vont se maintenir dans un scénario de poursuite du nucléaire alors qu'elles vont s'éteindre dans un scénario de sortie. Toutefois ces activités ne concernent pas le seul site réellement implanté en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Cadarache, dont les activités pour la filière électronucléaire sont essentiellement tournées aujourd'hui vers un support en recherche et développement. Il est de plus peu probable, et rien de tel n'est envisagé dans les projections actuelles, que de nouveaux réacteurs ou de nouvelles usines nécessaires au remplacement des installations existantes dans un scénario de poursuite du nucléaire soient implantées à Cadarache ou dans de nouveaux sites en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. De telles constructions pourraient plutôt se poursuivre sur les sites de Marcoule et surtout de la centrale et des usines de Tricastin-Pierrelatte, apportant à la région Provence-Alpes-Côte d'Azur le même type de retombées indirectes qu'aujourd'hui mais sans générer sur son territoire de nouvelles activités.

Un autre facteur important pourrait minorer l'impact positif attendu en termes socio-économiques d'une poursuite du nucléaire. Il s'agit de l'évolution du nucléaire européen et mondial et des marchés remportés par l'industrie nucléaire française à l'international. En effet, si une bonne partie de l'activité des entreprises nucléaires françaises sur les marchés étrangers génère en réalité essentiellement de la valeur et de l'emploi dans les pays concernés, il est utile de rappeler qu'une partie de l'activité des sites nucléaires de la zone sud-est relève de la fourniture de biens et de services à des clients étrangers. C'est le cas notamment des usines de conversion de Malvési et Pierrelatte, de l'usine d'enrichissement de Tricastin et de l'usine de MELOX, toutes dimensionnées pour des besoins équivalents à 1,5 à 2 fois ceux du parc nucléaire français – y compris la toute nouvelle usine Georges Besse II et le projet dit Comurhex II : ainsi, même dans un scénario de poursuite du programme français, la perte de débouchés que peut entraîner l'évolution du nucléaire dans les pays partenaires, notamment en Allemagne et au Japon, peut conduire à une baisse de l'activité, des emplois et de la valeur des actifs de ces différentes usines.

S'il faut donc relativiser l'impact positif pour la région d'une poursuite du programme nucléaire, qui verrait certaines activités décliner et d'autres se poursuivre sans générer de véritable croissance du secteur dans la région elle-même, il faut de même nuancer les conséquences sur l'activité d'une sortie du nucléaire. Non seulement les activités de gestion des installations et matières héritées de la production passée se poursuivraient de façon relativement indifférente à ce choix, mais les nouvelles fermetures d'installations liées à l'arrêt de la production actuelle viendraient soutenir l'activité de gestion des déchets et de démantèlement à mesure que les chantiers déjà en cours dans ce domaine s'achèveraient. Bien qu'elle ne constitue pas une activité productive au sens électronucléaire, cette activité, qui implique comme on l'a vu précédemment de développer de nouvelles filières de gestion des matières nucléaires sans emploi, est susceptible de générer de la croissance, y compris sur le site de Cadarache au cœur de la région.

En résumé, le choix d'une stratégie de sortie du nucléaire n'entraînerait pas la fin des activités nucléaires au sein et autour de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. La question se pose beaucoup plus en termes de choix sur l'orientation de cette activité, entre une poursuite centrée sur l'activité de production électronucléaire dont la région n'est pas placée pour être le moteur mais dont elle pourrait continuer à profiter des retombées, ou le développement d'une activité centrée sur la gestion des déchets et le démantèlement dont la région pourrait être porteuse.

3-2 Impacts sur les retombées positives et sur les effets d'éviction

Il est, comme on vient de le voir, difficile d'établir un bilan précis de l'impact sur les retombées en termes de taxes, d'activité créée dans la région et d'emplois d'une orientation de poursuite de la production nucléaire par

rapport à une orientation de développement de la gestion des déchets et du démantèlement. On peut cependant donner quelques indications.

D'une manière générale, les emplois liés à la filière électronucléaire en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ne sont, comme au niveau national, qu'en partie liés aux activités directement productrices de cette filière. De nombreux emplois attachés aux réacteurs et usines en exploitation sont liés à des fonctions support de sûreté, sécurité, radioprotection, gestion des effluents et des déchets dont le besoin existerait encore après l'arrêt de ces unités. D'autres emplois sont déjà directement consacrés, sur les grands chantiers de démantèlement et d'assainissement des sites de la zone sud-est, à des fonctions déconnectées de la production. Enfin, les emplois liés à la recherche et développement, qui constitue l'activité première du site de Cadarache, sont déjà en partie tournés vers des activités aval de gestion des matières et des déchets et de démantèlement. Au total, on peut estimer qu'un tiers au moins des emplois liés au nucléaire dans la région ne seraient pas directement affectés par une réorientation du programme nucléaire. Pour les autres, des transferts ou reconversions seraient en partie possible, en fonction des nouvelles activités se développant dans un scénario ou dans l'autre.

Ces nouvelles activités seraient de nature très différente. Dans un scénario de poursuite du nucléaire, il s'agirait essentiellement de la construction et de la mise en exploitation des usines déjà en chantier ou en projet ainsi que de réacteurs. La prolongation de la durée de vie des réacteurs existants puis leur éventuel remplacement par des réacteurs de type EPR (ou d'autres modèles dont le développement pourrait se poursuivre d'ici cette échéance) constituerait une part essentielle de cette nouvelle activité. Il est intéressant de rappeler ici qu'un réacteur EPR génère, selon les chiffres de l'industrie, environ 2 700 emplois pendant sa construction, et 230 millions d'euros de valeur ajoutée directe par an pendant la même période. Cette phase de quelques années est en effet la seule où un nouveau projet de réacteur crée de l'emploi et de la valeur, puisqu'il se substitue ensuite, pour son exploitation, aux réacteurs existants pour un emploi et une valeur en amont, exploitation et maintenance et aval à peu près équivalents pour la même puissance installée. Ces emplois non durables sont essentiellement des emplois « importés » dont les retombées sont limitées pour la région, tandis qu'une partie non négligeable de la valeur générée par la construction va vers des fournisseurs très spécialisés, par exemple pour les principaux composants forgés de la cuve et du circuit nucléaire, dont la plupart ne sont pas implantés dans la région.

À l'inverse, les chantiers de démantèlement et d'assainissement liés à la fin de vie des réacteurs et des usines et d'installations d'entreposage et de stockage liés à la gestion des déchets et matières sans emplois, qui constitueraient le principal moteur d'activité du secteur nucléaire dans une stratégie de sortie, génèrent également de l'activité et de la valeur qui sont plus pérennes et peuvent, par leur degré moindre de spécialisation et de concentration, s'appuyer davantage sur le tissu local.

La tendance de l'impact du choix entre activité productive ou activité de gestion du passif est en revanche plus claire en ce qui concerne les effets négatifs d'éviction décrits dans la première partie de ce chapitre. En effet, comme il a été détaillé dans l'analyse des conséquences d'une poursuite ou d'une sortie du nucléaire sur les risques et sur les impacts environnementaux, la réorientation des activités nucléaires vers la gestion du passif que représentent les installations et les matières et déchets accumulés joue un effet positif. D'une part, la fin progressive des activités productives entraîne une réduction progressive des rejets associés au fonctionnement des installations et des risques liés aux réacteurs et aux usines, généralement plus élevés que les risques associés à l'entreposage ou au stockage des mêmes matières qui y sont manipulées. D'autre part, le développement d'une véritable stratégie de gestion de l'héritage laissé par la production nucléaire pourrait conduire à accélérer le démantèlement et mieux maîtriser les risques liés aux stocks de matières et de déchets en améliorant leurs conditions d'entreposage et de stockage.

Ainsi, dans une telle stratégie, les effets d'éviction liés à la nécessité de maîtriser les usages des sols dans le périmètre d'influence des installations ou à la crainte engendrée par des rejets et des incidents réels ou redoutés diminueraient sous l'effet du recul progressif de cette nécessité et de ces craintes. Il faut cependant

souligner encore que la sortie du nucléaire ne permettrait en aucun cas d'éliminer toutes restrictions d'usages des sols et effets d'éviction associés. Tout d'abord, le « retour à l'herbe », c'est-à-dire la banalisation totale qui devrait être l'objectif théorique de tout démantèlement est en pratique très difficile à atteindre, si bien que des restrictions d'usages subsisteront dans tous les scénarios à long terme sur et autour des principaux sites nucléaires actuels. Ensuite, la gestion dans des conditions aussi sûres que possible des inventaires actuels et à venir de déchets et matières sans emploi impliquera le maintien et même la création de nouvelles installations dédiées à leur traitement, à leur conditionnement, à leur entreposage et à long terme à leur stockage (et celui-ci, même si les options sont ouvertes, se fera sans doute au moins en partie dans le périmètre des sites existants).

L'autre facteur négatif important du point de vue économique est le risque faible, mais aux conséquences très élevées, qu'un accident nucléaire dans ou autour de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur provoque des retombées radioactives sur son territoire, exposant la population et entraînant des mesures d'évacuation voire d'exclusion temporaire ou permanente. Pour toutes les raisons évoquées plus haut, une stratégie de réorientation de l'activité nucléaire vers la gestion des déchets et le démantèlement n'élimine pas ce risque, mais elle en réduit à la fois l'occurrence et la portée en traitant progressivement les situations les plus dangereuses (fermeture des activités productives et sécurisation des inventaires de déchets et de matières).

3-3 Opportunité énergétique et nucléaire

Au final, le poids socio-économique d'un choix de poursuite ou de sortie du nucléaire au niveau national doit être mis en perspective des opportunités qui s'offrent en matière de stratégie énergétique et industrielle pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Dans une analyse prospective prolongeant son évaluation du poids économique actuel de la filière électronucléaire en France, PricewaterhouseCoopers⁴⁵ évalue entre 70 000 et 115 000 emplois supplémentaires le développement du nucléaire en France d'ici 2030, dont 21 000 à 38 000 emplois directs dans la filière électronucléaire. Ces valeurs correspondent à une fourchette de trois scénarios de développement de la filière nucléaire française en France et à l'international, construits à partir d'hypothèses sur l'évolution du parc nucléaire mondial et sur la part prise par les entreprises françaises dans ce développement.

Sur le premier point, l'étude s'appuie sur des projections présentées par l'Agence internationale de l'énergie (AIE)⁴⁶ qui prévoient une croissance du parc nucléaire atteignant en 2035, par rapport à une référence de 391 GWe en 2008, une puissante installée de 551 GWe à 849 GWe (+ 41 à + 117 %) : cette perspective est en réalité très peu crédible dès lors qu'on analyse en détail l'état actuel du parc de réacteurs et de son vieillissement, les capacités de l'industrie à construire et financer de nouveaux réacteurs, et les programmes en cours, insuffisants pour remplacer les réacteurs à fermer et revus à la baisse depuis Fukushima⁴⁷. Sur le second point, l'hypothèse centrale retenue consiste à projeter une part française sur le marché international conforme à la part de marché historique, soit 26 %, qui semble en réalité extrêmement optimiste⁴⁸.

⁴⁵ PricewaterhouseCoopers, *op. cit.*

⁴⁶ AIE, *World Energy Outlook 2010*, 2011.

⁴⁷ Schneider, M. et Froggatt, A., juillet 2012, *op. cit.*

⁴⁸ Entre autres critiques de cette hypothèse, on peut relever le fait que ce chiffre historique de 26 % agrège les ventes des technologies de toutes les entreprises intégrées au groupe AREVA, y compris certaines qui n'étaient pas françaises à l'époque de leur commercialisation et/ou que le groupe ne porte plus du tout, et le fait que ces 26 % portent sur les réacteurs construits dans le monde y compris en France, alors que la part historique hors France n'est que de 12 %. Hors Union Européenne, c'est-à-dire dans les régions où la majeure partie d'un développement du nucléaire est anticipé dans ces scénarios, la part historique française tombe même à 4 %. À l'inverse, l'hypothèse selon laquelle les technologies françaises continueraient à remporter 100 % de nouveaux marchés nucléaires en France est elle aussi contestable.

En d'autres termes, la prévision de PricewaterhouseCoopers doit être retenue comme un maximum très optimiste pour l'industrie nucléaire, et difficilement atteignable. La croissance des emplois directs et indirects associés au nucléaire serait sans doute beaucoup plus modeste, et limitée à quelques milliers d'emplois, dans un scénario réaliste de maintien de l'activité nucléaire en France sans véritables relais de croissance à l'étranger. De plus, ces retombées s'exerceraient avant tout dans les secteurs de la construction et de l'exploitation et maintenance, dont les principaux pôles d'activité ne sont pas en région Provence-Alpes-Côte d'Azur⁴⁹. À l'inverse, cette perspective ne conduirait pas à une croissance, mais simplement au maintien du niveau d'activité sur les pôles de l'amont et de l'aval du combustible de Malvési, Pierrelatte et Tricastin, et Marcoule – maintien auquel les seuls besoins du parc nucléaire français, même à capacité constante, ne suffiraient pas totalement.

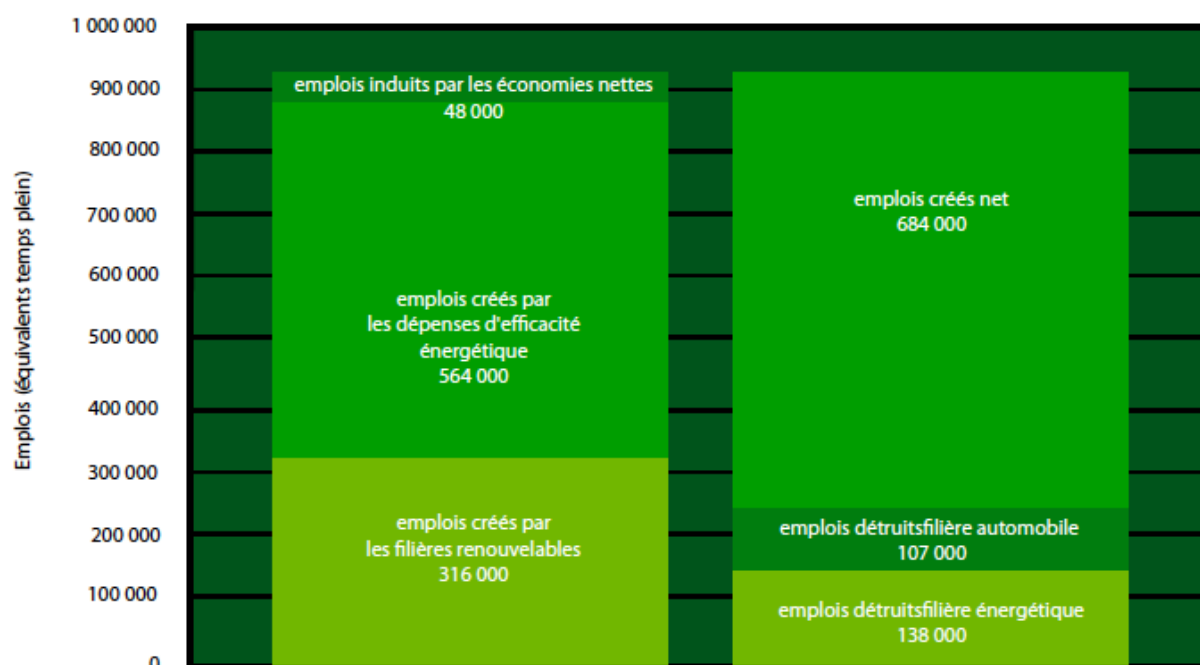
Ainsi, hormis la question très spécifique du projet ITER qui ne s'inscrit pas dans cette discussion sur le devenir du programme électronucléaire français, l'enjeu d'une poursuite du nucléaire se résume probablement pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur à quelques centaines d'emplois pérennes tout au plus. Ce constat peut être mis en perspective des enjeux que peut représenter en termes d'emploi le développement dans la région d'une stratégie de transition énergétique vers le « 100 % renouvelable » conforme à une évolution vers la sortie du nucléaire au niveau national. L'exemple des pays engagés dans une politique de ce type, au premier rang desquels aujourd'hui l'Allemagne, montre que les créations d'emploi dans ces nouveaux secteurs peuvent atteindre plusieurs centaines de milliers d'emplois en quelques années.

À titre d'exemple, une étude conduite par le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED)⁵⁰ a montré, en comparant le contenu en emploi d'une trajectoire de transition énergétique correspondant au scénario publié par l'association négaWatt en 2006 à celui d'une trajectoire énergétique tendancielle, un impact beaucoup plus important sur l'emploi. Comme illustré dans la figure II-1, le solde à l'horizon 2020 des emplois directs et indirects détruits dans certaines branches (industrie nucléaire et pétrolière, automobile, ...) et des emplois directs et indirects créés dans d'autres branches (énergies renouvelables, bâtiment avec la rénovation thermique, transports en commun, ...) s'élève à 636 000 emplois nets créés dans une stratégie de transition énergétique (plus 48 000 emplois induits par l'effet des économies d'énergie sur le pouvoir d'achat des ménages).

⁴⁹ Encore faut-il relativiser ce point, en ayant en tête que la moitié des effectifs de maintenance et d'exploitation d'EDF dans les métiers de production et d'ingénierie devrait partir à la retraite d'ici 2015.

⁵⁰ Étude commanditée et publiée par le World Wildlife Fund-France (WWF) : WWF, « - 30 % de CO₂ = + 684 000 emplois » : *L'équation gagnante pour la France*, juillet 2008.

Figure II-1 : Bilan en emplois pour la France, à l'horizon 2020, d'une stratégie de prolongement tendanciel ou de transition pour l'énergie (scénario négaWatt 2006)



Source : WWF / CIRED, 2008

Ce chiffre n'est pas directement transposable à la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sans mener une analyse plus fine des emplois par secteur et de l'évolution de chacun des secteurs telle qu'elle peut ressortir du scénario énergétique régional présenté dans ce rapport ; analyse qui sort du cadre de ce rapport. L'ordre de grandeur en jeu, compte tenu du fait que la population active de la région représente environ 7,6 % de la population active métropolitaine, porte sur environ 48 000 emplois nets créés dans différents secteurs à l'horizon d'une dizaine ou d'une quinzaine d'années. Il faut de plus souligner que contrairement au secteur nucléaire, dont le développement est très contraint par l'héritage du passé et où la région Provence-Alpes-Côte d'Azur n'est pas en position forte par rapport à d'autres régions leaders des différents métiers du nucléaire, la nouveauté de nombreuses activités nécessaires à la transition énergétique, au premier rang desquelles les filières de production d'énergie renouvelable et la rénovation thermique du bâtiment, offrent à la région l'opportunité de se placer en position de leadership et de capter une part importante de ce potentiel national de création d'emplois⁵¹.

Même si ces chiffres ne constituent que des ordres grandeur qu'une analyse prospective détaillée de l'évolution de l'activité par secteur dans un scénario comme dans l'autre devraient affiner, il ressort de cette discussion que la mise en place d'une stratégie de transition énergétique vers le « 100 % renouvelable » représente une opportunité beaucoup plus forte pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur qu'une stratégie de poursuite du nucléaire, dont la différence est par exemple d'un ordre de grandeur en termes de créations d'emplois (dizaines de milliers contre milliers et même plus probablement centaines).

⁵¹ Bien que les transferts d'activité qui accompagneront une transition énergétique aillent globalement de secteurs économiques plus concentrés vers des secteurs plus diffus, ils reposeront toutefois sur la mise en place de nouvelles filières industrielles qui obéiront probablement à une forme de concentration en pôles productifs dans les différentes régions du territoire national. À titre d'exemple, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur pourrait être bien placée pour devenir un tel pôle dans la filière porteuse que représente l'éolien off-shore ancré, appelé à termes à prendre le relais de l'éolien terrestre et de l'off-shore planté.

Cette opportunité est d'autant plus grande qu'une transition énergétique s'inscrivant dans une stratégie nationale de sortie du nucléaire ne signifie pas nécessairement de sacrifier le secteur nucléaire au niveau régional. Au contraire, la réorientation du secteur de son activité productive actuelle vers une activité de gestion des déchets et des matières et de démantèlement pourrait, même si elle constitue difficilement un projet porteur pour cette industrie au niveau national, présenter une opportunité pour l'évolution de ce secteur en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

En particulier, la présence sur les principaux sites de la zone sud-est d'inventaires considérables de matières nucléaires sans emploi et de déchets anciens, la diversité des usines, réacteurs, ateliers à démanteler et les compétences des sites de Pierrelatte-Tricastin sur la gestion de l'uranium, de Marcoule sur la gestion du plutonium, et de Cadarache sur la recherche et développement de l'ensemble des techniques nucléaires, constituent autant d'atouts pour engager la région dans une stratégie de développement de pôle d'excellence dans ce domaine. Cette stratégie, dans laquelle le développement de nouvelles activités nucléaires pourrait s'appuyer davantage sur le tissu régional de Provence-Alpes-Côte d'Azur qu'une stratégie de poursuite du programme tirée par d'autres régions, serait également susceptible de trouver d'importants relais de croissance à l'international, où le marché du démantèlement et de la gestion à long terme des déchets et des matières nucléaires va dans les prochaines années, quel que soit le scénario d'évolution de la filière nucléaire au niveau mondial, connaître un important développement.

Conclusion

La région Provence-Alpes-Côte d’Azur ne dispose pas de réacteur nucléaire de production d’électricité. Pourtant, l’inventaire des installations et matières nucléaires en Provence-Alpes-Côte d’Azur ou susceptibles d’impacter la région permet d’estimer **l’ensemble des risques et des contraintes** auxquels est soumise la région, sans pour autant bénéficier de retombées socio-économiques en proportion.

L’analyse des **conséquences d’une sortie du nucléaire** pour la région Provence-Alpes-Côte d’Azur montre :

- qu’elle permet de réduire globalement les risques, et de préciser le statut d’importantes quantités de déchets nucléaires situé dans un périmètre proche de la région et qui aujourd’hui sont en attente d’une hypothétique « valorisation »
- que ses retombées négatives sont limitées concernant les emplois, qui dans la région sont plutôt au niveau de l’aval du cycle, qui sera moins touché, et se trouvera même renforcé par une décision de sortie du nucléaire ; de même pour les recettes liées aux centrales, qui sont faibles pour la région
- et qu’elle ouvre finalement des opportunités à la région dans le secteur même du nucléaire, avec la possibilité de développer son pôle « démantèlement et déchets », avec des perspectives importantes en France comme à l’international.

Enfin, la sortie du nucléaire au niveau national s’inscrit dans une transition énergétique dont le bilan en emplois est largement positif, et qui le sera en particulier pour la région Provence-Alpes-Côte d’Azur qui dispose d’importantes sources de production d’électricité renouvelable encore à valoriser. Des investigations complémentaires permettraient de mieux définir les reconversions possibles entre métiers et quantifier davantage les bénéfices et les pertes.

Imprimé sur papier 100% recyclé

