



RISQUES, ÉTUDES ET OBSERVATIONS

2026-1

Dossier :

Les entretiens du Grillenbreit 20255

Varia :

F. Farine : COMPTE RENDU DE CONFÉRENCE : « La barémisation de la réparation du préjudice extrapatrimonial : état des lieux et perspectives d'évolution ».....96

C. Grandclément, Le contrôle des aides d'Etat fiscales : Instrument de régulation des risques économiques dans l'Union européenne.....101

M. Hashiguchi, Les risques de l'informatique quantique et les encadrements juridiques pour la cryptographie post-quantique.....116

M. Rhartaoui, La prévention des risques concurrentiels pesant sur le touriste : regards croisés entre l'Union européenne et le Maroc.....138

J. Frinchaboy, J. Lelieur, A. Lucidarme, S. Vernaz : Quand le droit pénal aggrave son cas : Réflexion sur le mouvement d'aggravation des peines.....147

Mentions légales

Ligne éditoriale :

Risques, Études et Observation (Riséo) est une revue doctrinale universitaire dédiée à la question des risques en droit. Elle publie à un rythme biannuel des articles variés articulés autour de la question du ou des risques. Rattachée au Centre européen de recherche sur les Risques, le Droit des Accidents Collectifs et des Catastrophes (CERDACC) de l'Université de Haute-Alsace, elle est publiée en *open access*, téléchargeable en PDF sur le site www.riseo.cerdacc.uha.fr et diffusée sur la plateforme, Calaméo

La rédaction :

Responsables scientifiques : Sophie HILDENBRAND, Dariusz PIATEK
Coordinatrice éditoriale : Nathalie ARBOUSSET
Editeur numérique : Université de Haute-Alsace

Politique de publication :

Titre : Riséo
Sous-titre : Risques, études et observations
ISSN : 2110-5537
Périodicité : bi-annuelle, sous réserve de numéro exceptionnel
Type de support : électronique
Année de création : 2010

Politique des droits d'auteurs et de diffusion :

Publication d'accès ouvert et de réutilisation « lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou créer un lien vers un texte intégral ».

Politique d'évaluation :

Les soumissions sont libres, à l'adresse suivante : cerdacc.riseo@gmail.com ou dariusz.piatek@uha.fr, sophie.hildenbrand@uha.fr
Les auteurs conservent leurs droits d'auteurs ; les articles ne font en conséquence l'objet d'aucune rémunération.
La sélection et éventuelles demandes de modifications sont opérées par le responsable scientifique. En cas de participation à la rubrique dossier, la sélection et éventuelles demandes de modification sont effectuées par les coordinateurs ou coordinatrices du dossier.
Les articles ne sont pas soumis à contraintes de signes. Il revient toutefois aux auteurs de respecter la charte graphique :

[Charte graphique.](#)

Conformément aux règles de la déontologie scientifique, la revue condamne fermement toute pratique de plagiat et de falsification des données.

Éditorial

Nous avons le plaisir de vous présenter le numéro **2026-1** de la revue *Riséo*.

Ce numéro s'ouvre par les actes des **8es Entretiens du Grillenbreit**, consacrés au thème « *Droit de propriété et avenir du nucléaire* » et organisés **sous la responsabilité scientifique de Hervé Arbousset et Thomas Schellenberger**.

Du renouvellement du parc nucléaire au stockage géologique des déchets radioactifs, en passant par le démantèlement des anciennes centrales, les nouveaux enjeux du nucléaire soulèvent plusieurs questions relatives au droit de propriété que notre journée d'études se propose de traiter principalement au regard du droit français mais également sous l'angle du droit suisse pour ce qui concerne le stockage géologique des déchets. Dans le prolongement de ces réflexions, la question de la réutilisation d'objets nucléaires sera abordée, à partir du démantèlement de la centrale de Fessenheim ainsi que du projet de recyclage des déchets radioactifs de très faible activité sur ce même territoire. Il s'agira de dresser le bilan des travaux du WP7 du projet européen CO2InnO.

La rubrique **Varia** illustre une nouvelle fois la diversité des recherches consacrées au risque en droit. Les contributions réunies explorent des problématiques aussi variées que le droit pénal, le droit fiscal, le droit des biens ou encore les rapports entre langage, société et droit. Au-delà de cette diversité thématique, elles témoignent d'une densité particulière de réflexion autour de la notion de risque, fil conducteur de la revue, envisagée dans ses multiples dimensions juridiques, sociales et environnementales.

Nous vous souhaitons une excellente lecture !

Sophie Hildenbrand
Co-directeur de publication
Maître de conférences à l'UHA
CERDACC (UR 3992)



Dariusz Piatek
Co-directeur de publication
Maître de conférences à l'UHA
CERDACC (UR 3992)



Sommaire

PARTIE I : Les entretiens du Grillenbreit 2025.....	5
L'exploitant, le propriétaire et l'actionnaire : La nouvelle trilogie du droit des installations nucléaires	
Marc Léger	17
La propriété du sous-sol face au dépôt géologique profond : Questions de droit réel lors de la construction d'un dépôt de déchets radioactifs en Suisse	
Andrin Studer	27
L'impact environnemental du démantèlement de la centrale de Fessenheim à travers l'analyse du cycle de vie	
Paul Robineau, Nicolas Arbor, Gaetana Quaranta	34
Le démantèlement des installations nucléaires : Vers un modèle durable – approche comparative internationale	
Paris Thasitis.....	50
Penser collectivement la recherche sur le démantèlement des centrales nucléaires en France : enseignements d'une enquête qualitative	
Aurélio Labat, Fanny Greullet, Nicolas Arbor.....	70
Le stockage géologique des déchets radioactifs au prisme du droit français de la propriété	
Philippe Billet	86
PARTIE II : <i>Varia</i>	95
COMPTE RENDU DE CONFÉRENCE : « La barémisation de la réparation du préjudice extrapatrimonial : état des lieux et perspectives d'évolution »	
Fiona Farine.....	96
Le contrôle des aides d'Etat fiscales : Instrument de régulation des risques économiques dans l'Union européenne	
Cyrille Grandclément.....	101
Les risques de l'informatique quantique et les encadrements juridiques pour la cryptographie post-quantique	
Mizuki Hashiguchi	116
La prévention des risques concurrentiels pesant sur le touriste : regards croisés entre l'Union européenne et le Maroc	
Marouane Rhartaoui	138
Quand le droit pénal aggrave son cas : Réflexion sur le mouvement d'aggravation des peines	
Jenny Frinchaboy, Juliette Lelieur, Alexandre Lucidarme, Silvain Vernaz	147

PARTIE I : *Les entretiens du Grillenbreit 2025*

« Droit de propriété et avenir du nucléaire »

Les limitations du droit de propriété du fait des activités nucléaires civiles

Nicolas PAUTHE

Maître de conférences en droit public
CURAPP-ESS, Université de Picardie Jules Verne

« Cette île dont il faisait sa propriété personnelle, il lui sembla qu'elle ne lui appartenait plus tout entière et qu'il la partageait avec un autre maître, auquel, bon gré, mal gré, il se sentait soumis ».
Jules Verne, *L'île mystérieuse*, 1874.

Résumé : Le droit de propriété se trouve limité à cause de la proximité des terrains bâtis ou non bâtis sur lesquels il s'exerce avec une installation nucléaire civile. Cette limitation se justifie par la nécessité de mener à bien l'activité nucléaire ou par celle de restreindre les risques qu'elle engendre. Elle se manifeste alors selon deux modalités. Dans sa version maximale, elle consiste à transférer la totalité du droit de propriété à la puissance publique, la plupart du temps pour qu'une installation nucléaire de base puisse être construite ou agrandie. Dans une version plus atténuée et variable d'une situation à l'autre, elle consiste à atténuer certaines des dimensions du droit de propriété, pour faire face à d'éventuels accidents nucléaires.

Mots-clés : propriété ; expropriation ; amiable ; circulaire Borloo ; urbanisme ; servitude ; zones de danger immédiat ; porter à connaissance ; échelle de vulnérabilité.

Abstract¹ : *Property rights are restricted due to the proximity of developed or undeveloped land on which such rights are exercised to a civilian nuclear facility. This restriction is justified by the need to carry out nuclear activities or to limit the risks they pose. It takes two forms. In its most extreme form, it involves transferring the entire property right to the government, most often so that the nuclear facility can be built or expanded. In a more limited form that varies from situation to situation, it involves restricting certain aspects of property rights in order to address potential nuclear accidents.*

Keywords : *property ; eminent domain ; amicable settlement ; Borloo circular ; urban planning ; easement ; immediate danger zones ; notification ; vulnerability scale.*

Le droit de propriété fait partie intégrante du bloc de constitutionnalité. Il est consacré aux articles 2² et 17 de la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen de 1789 (DDHC). L'article 17 précise que « la propriété étant un droit inviolable et sacré, nul ne peut en être privé, si ce n'est, lorsque la nécessité publique, légalement constatée, l'exige évidemment, et sous la juste et préalable indemnité ». Sur ce fondement, le Conseil constitutionnel a déclaré en 1982 que le droit de propriété est l'un des « droits naturels et imprescriptibles de l'homme dont la conservation constitue l'un des buts de la société politique »³. Il a de ce fait confirmé le rang constitutionnel du droit de propriété, tout en précisant que les dispositions pertinentes de la DDHC doivent être lues à la lumière du contexte dans lequel il a rendu sa décision. Ainsi, d'une part, la protection de 1789 s'applique à toutes les formes de propriété, incluant notamment

¹Traduit avec [www.deepl.com].

²Selon l'article 2 de la DDHC, « [l]e but de toute association politique est la conservation des droits naturels et imprescriptibles de l'homme. Ces droits sont la liberté, la propriété, la sûreté, et la résistance à l'oppression ».

³Décision n°81-132 DC du 16 janvier 1982, *Loi de nationalisation*.

la propriété mobilière. D'autre part, la privation de propriété est bien possible, à condition toutefois qu'elle se fasse dans le respect des conditions cumulatives posées par l'article 17 de la DDHC. Cela implique que cette privation obéisse à la nécessité publique (condition 1), que cette dernière soit légalement constatée (condition 2), et que ladite privation de propriété fasse l'objet d'une juste et préalable indemnité (condition 3).

Dans sa jurisprudence postérieure, le Conseil constitutionnel a ensuite étoffé son raisonnement, en l'appliquant au-delà des cas de nationalisation, auxquels étaient circonscrits la décision de 1982. Pour ce faire, il a eu à affronter des situations différentes dans lesquelles était remis en cause le droit de propriété. Il a dès lors précisé que si la limitation du droit de propriété était possible, elle devait être justifiée par un motif d'intérêt général, et ne pas être disproportionnée au regard de l'objectif poursuivi. Sur la base de ce raisonnement, il a par exemple validé l'atteinte au droit de propriété des marques des cigarettiers que constituait l'interdiction de faire la publicité et la propagande de leur activité. Le Conseil a considéré une telle interdiction proportionnée et justifiée par l'objectif de valeur constitutionnelle (OVC) de protection de la santé publique⁴. A l'inverse, il a plus tard invalidé la « loi Florange »⁵. Celle-ci imposait aux propriétaires d'une entreprise souhaitant fermer un site de rechercher un repreneur et, sous certaines conditions, d'accepter l'offre de reprise. Le Conseil a considéré, ici, que l'obligation de cession portait notamment une atteinte disproportionnée au droit de propriété⁶.

En substance, le droit de propriété est le droit d'exercer un pouvoir juridique direct sur la chose. Cela comprend, par exemple, le droit de l'utiliser (dimension 1), celui d'en jouir (dimension 2), et celui d'en disposer (dimension 3). En définitive, ce droit peut consister, dans sa dimension première, à utiliser la maison dont on est propriétaire pour y habiter ou non ; dans sa dimension deuxième, à percevoir les revenus ou les avantages qu'elle génère par exemple en choisissant de la louer ; et, dans sa dimension troisième, à la modifier, la détruire ou la céder. Les limitations au droit de propriété peuvent alors être totales, si elles concernent entièrement chacune des trois dimensions ; ou partielles, si elles se concentrent sur une seule d'entre elles, ou que les atteintes au droit de propriété dans l'une de ces dimensions ne sont que parcellaires.

Quant aux activités nucléaires civiles, en tant que telles, elles ne sont pas intégrées au bloc de constitutionnalité. Pour autant, outre que leur développement peut se confondre avec l'intérêt public énoncé à l'article 17 de la DDHC, ces activités nucléaires concernent au premier chef l'OVC d'ordre public, tant il paraît nécessaire de prévenir les accidents nucléaires, ou d'agir en conséquence lorsque ceux-ci se réalisent. L'ordre public est lui aussi mentionné par la DDHC. L'article 11 dispose en effet que « [n]ul ne peut être inquiété pour ses opinions, même religieuses, pourvu que leur manifestation ne trouble pas l'ordre public établi par la loi ». L'ordre public fait donc office de limite possible aux droits et libertés. Ce constat a amené le Conseil constitutionnel à développer une jurisprudence visant à le concilier avec ces derniers. En 1981 notamment, il a affirmé que liberté individuelle et liberté d'aller et venir

⁴Décision n°2015-727 DC du 21 janvier 2016, *Loi de modernisation de notre système de santé*. Le Conseil précise à cette occasion que « la prohibition de publicité et de la propagande en faveur du tabac est susceptible d'affecter dans son exercice le droit de propriété d'une marque concernant le tabac ou des produits du tabac (...) [m]ais (...) ces dispositions trouvent leur fondement dans le principe constitutionnel de protection de la santé publique ».

⁵Loi n°2014-384 du 29 mars 2014 visant à reconquérir l'économie réelle.

⁶Décision n°2014-692 DC du 27 mars 2014, *Loi visant à reconquérir l'économie réelle*.

devaient elles aussi être conciliées avec les impératifs de l'ordre public, consacré pour l'occasion en tant qu'objectif de valeur constitutionnelle⁷. Comme tout OVC, l'ordre public est un but assigné « par la Constitution au législateur, qui [constitue] des conditions objectives d'effectivité des droits fondamentaux constitutionnels »⁸. Parmi les finalités de l'OVC qu'est l'ordre public, on peut donc relever celle de définir les conditions objectives d'effectivité du droit constitutionnel de propriété. Cette définition se fait néanmoins au prix d'une confrontation de ces deux composantes du bloc de constitutionnalité. Celle-ci se situe donc au sein d'un même niveau normatif, et a nécessairement pour conséquence de limiter le droit de propriété au nom de l'exigence de conciliation des composantes du bloc de constitutionnalité.

D'une manière générale, les modalités de la limitation du droit de propriété obéissent à des logiques spécifiques à chaque situation. Il reste toutefois possible de dresser un panorama de ces limitations. Dans certaines situations, la limitation du droit de propriété justifie par d'autres arguments que les raisons d'ordre public. L'activité nucléaire civile n'est pas seulement le terreau d'accidents potentiels. Elle correspond aussi à un choix politique effectué pour satisfaire les besoins énergétiques de la nation. C'est ce qu'induit aussi la notion de « nécessité publique » invoquée par l'article 17 de la DDHC. Dès lors, la limitation du droit de propriété du fait des activités nucléaires civiles oscille, tantôt pour satisfaire les besoins énergétiques de la nation, tantôt pour prévenir ou se préparer aux accidents nucléaires potentiels.

La forme la plus complète de limitation du droit de propriété est sans doute celle de son transfert pur et simple, qui peut être effectué à l'amiable avec le propriétaire, ou de manière forcée après une procédure contentieuse (I). La forme moins aboutie consiste, quant à elle, à diminuer certains des effets du droit de propriété (II).

I) Le transfert du droit de propriété dans le but de concrétiser les activités nucléaires civiles

Ce cas de figure recouvre deux procédures applicables : la procédure de droit commun d'expropriation, et une procédure accélérée, instaurée par la loi du 22 juin 2023⁹. Selon un rapport parlementaire de 2024, « la majorité des acquisitions pour la construction du parc nucléaire existant a été faite à l'amiable, notamment à Penly, où 48 hectares ont été acquis pour le besoin des installations de chantier »¹⁰. Il est toutefois déjà arrivé que l'on ait recours à l'expropriation de droit commun, comme cela a pu être le cas pour les centrales de Flamanville, Cruas ou Cattenom, dans les années 1970. L'intention du Chef de l'Etat exprimée dans son discours de Belfort¹¹ tend à une construction rapide de nouveaux réacteurs EPR. La procédure accélérée pourrait être privilégiée, le cas échéant, pour la construction de ces derniers, en cas d'échec de la phase amiable. Le choix a donc été fait de ne présenter, ici, que cette procédure accélérée.

⁷Décision n°80-127 DC du 20 janvier 1981, *Loi renforçant la sécurité et protégeant la liberté des personnes*.

⁸Pierre de Montalivet, « Les objectifs de valeur constitutionnelle », *Cahiers du Conseil constitutionnel*, n°20, 2006 : [<https://www.conseil-constitutionnel.fr/nouveaux-cahiers-du-conseil-constitutionnel/les-objectifs-de-valeur-constitutionnelle>].

⁹Loi n°2023-491 du 22 juin 2023 relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes, *JORF* n°144 du 23 juin 2023.

¹⁰Maud Bregeon, Rapport n°917 relatif à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité des sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes, 7 mars 2023, p. 110.

¹¹Déclaration de M. Emmanuel Macron, sur la politique de l'énergie, à Belfort le 10 février 2022.

L'article L. 522-1 du code de l'expropriation organise en effet une procédure de prise de possession accélérée, selon deux modalités différentes. Le premier alinéa concerne certains types de travaux limitativement énumérés, et permet à l'administration de prendre possession immédiate d'un terrain non bâti. Cette disposition réserve alors l'utilisation d'une telle procédure à des projets énumérés, parmi lesquels la construction d'autoroutes ou celle d'ouvrages de réseaux publics d'électricité régulièrement déclarés d'utilité publique¹².

L'alinéa 2¹³ étend cette procédure à la prise de possession d'un immeuble bâti ou non bâti. Les cas dans lesquels elle peut être utilisée ne sont cette fois-ci pas précisément énumérés dans cette disposition, puisqu'elle restreint la possibilité d'une telle procédure au « périmètre d'une opération d'intérêt national mentionnée à l'article L. 102-12 du code de l'urbanisme ou d'une grande opération d'urbanisme mentionnée à l'article L. 312-3 du même code ». S'agissant de l'article L. 102-12, il dispose qu'« [u]ne opération d'aménagement qui répond à des enjeux d'une importance telle qu'elle nécessite une mobilisation de la collectivité nationale et à laquelle l'État décide par conséquent de consacrer des moyens particuliers peut être qualifiée d'opération d'intérêt national par un décret en Conseil d'État qui l'inscrit sur la liste des opérations auxquelles cette qualité est reconnue ». Quant à l'article L. 312-3, il prévoit notamment qu'« une opération d'aménagement peut être qualifiée de grande opération d'urbanisme lorsqu'elle est prévue par un contrat de projet partenarial d'aménagement et que, en raison de ses dimensions ou de ses caractéristiques, sa réalisation requiert un engagement conjoint spécifique de l'État et d'une collectivité territoriale ou d'un établissement public cocontractant ».

Dans l'un et l'autre cas, la prise de possession accélérée comprend toutefois les deux mêmes limites. La première est matérielle. Elle réside dans le fait qu'on ne puisse recourir à cette procédure accélérée que dans la mesure où le projet risque d'être retardé par des difficultés « tenant à la prise de possession d'un ou de plusieurs terrains situés dans l'emprise de l'ouvrage » (al. 1er), ou « tenant à la prise de possession d'un ou de plusieurs immeubles bâtis ou non bâtis dont l'acquisition est nécessaire à la réalisation de cette opération et que, pour les immeubles bâtis à usage d'habitation, un projet de plan de relogement a été établi » (al. 2). La seconde limite est procédurale. Cette prise de possession doit en effet être autorisée après avis conforme du Conseil d'État, qui va alors pouvoir l'autoriser à titre exceptionnel.

Ce n'est toutefois qu'en 2023 que le législateur a étendu aux projets électronucléaires la possibilité de recourir à cette procédure accélérée de prise de possession. L'étude d'impact et l'avis du Conseil d'Etat sur le projet de loi ont tous les deux souligné le caractère nécessaire d'une intervention en ce sens de la part du législateur. L'article 15 de la loi précise alors que « [l]a procédure prévue aux articles L. 522-1 à L. 522-4 du code de l'expropriation pour cause

¹²L'article L. 522-1 al. 1er du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique énonce : « Lorsque l'exécution des travaux de construction d'autoroutes, de routes express, de routes nationales ou de sections nouvelles de routes nationales, de voies de chemins de fer, d'infrastructures nécessaires à la mise en œuvre des services express régionaux métropolitains mentionnés à l'article L. 1215-6 du code des transports, de voies de tramway ou de transport en commun en site propre, d'oléoducs et d'ouvrages des réseaux publics d'électricité régulièrement déclarés d'utilité publique risque d'être retardée par des difficultés tenant à la prise de possession d'un ou de plusieurs terrains non bâtis, situés dans les emprises de l'ouvrage, un décret pris sur l'avis conforme du Conseil d'État peut, à titre exceptionnel, en autoriser la prise de possession ».

¹³Selon l'article L. 522-1 al. 2 du même code, « [l]orsque l'exécution des travaux de projets compris dans le périmètre d'une opération d'intérêt national mentionnée à l'article L. 102-12 du code de l'urbanisme ou d'une grande opération d'urbanisme mentionnée à l'article L. 312-3 du même code risque d'être retardée par des difficultés tenant à la prise de possession d'un ou plusieurs immeubles bâtis ou non bâtis dont l'acquisition est nécessaire à la réalisation de cette opération et que, pour les immeubles bâtis à usage d'habitation, un projet de plan de relogement a été établi, un décret pris sur avis conforme du Conseil d'État peut, à titre exceptionnel, en autoriser la prise de possession ».

d'utilité publique peut être appliquée (...) en vue de la possession immédiate, par le bénéficiaire de la déclaration d'utilité publique, de tous les immeubles bâtis ou non bâtis dont l'acquisition est nécessaire à la réalisation d'un réacteur électronucléaire ». Le même article poursuit au second point : « Le décret pris sur avis conforme du Conseil d'État en application de l'article L. 522-1 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique est publié dans un délai de six ans à compter de la publication du décret en Conseil d'État déclarant d'utilité publique le projet de réacteur électronucléaire mentionné à l'article 7 de la présente loi ».

Ledit article 7 retient alors une approche large de ce qu'il faut entendre par « projet de réacteur électronucléaire ». Selon le point I, la réalisation d'un réacteur nucléaire « comprend l'ensemble des constructions, des aménagements, des équipements, des installations et des travaux liés à sa création ou à sa mise en service ainsi que ses ouvrages de raccordement au réseau de transport d'électricité. La réalisation d'un réacteur électronucléaire comprend également les installations ou les aménagements directement liés à la préparation des travaux en vue de la réalisation de celui-ci ».

De même, le législateur entend largement l'expression « réacteurs électronucléaires », dans la mesure où l'article 7.II de la loi de 2023 précise qu'elle englobe les petits réacteurs modulaires. L'article 7.IV prévoit même la possibilité d'étendre ultérieurement le champ d'utilisation d'une telle expression. Il fixe un délai de cinq ans à compter de la promulgation de la loi de 2023 pour que le Gouvernement remette au Parlement un rapport sur la faisabilité et l'opportunité d'étendre l'application de ces mesures à d'autres types de réacteurs nucléaires et à d'autres conditions d'implantation géographique. Il n'est donc pas impossible que l'applicabilité de ces dispositions soit encore élargie à l'avenir.

Enfin, notons que le législateur était déjà intervenu au moins deux fois en ce sens par le passé. D'abord, en 2006¹⁴, déjà dans le domaine nucléaire, le législateur avait utilisé les dispositions du code de l'expropriation qui permettent de recourir à l'expropriation pour la construction d'autoroutes, de routes ou de chemins de fer. Le législateur de 2006 avait alors rendu applicable ces dispositions à l'itinéraire routier destiné à desservir le projet international de réacteur expérimental de fusion thermo-nucléaire ITER, implanté à Cadarache. Ensuite, en 2018¹⁵, le législateur était également intervenu, cette fois-ci dans un autre domaine que le nucléaire, pour l'organisation des Jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024. Le législateur est intervenu dans le même sens avec la loi de 2023 en étendant l'applicabilité des articles L. 522-1 à L. 522-4 du code de l'expropriation aux constructions d'installations nucléaires. Dans ce cas de figure, la procédure spéciale d'expropriation ne peut être mise en œuvre que lorsque l'exécution des travaux risque d'être retardée par des difficultés tenant à la prise de possession. Cela semble donc concerner des situations particulières, celles dans lesquelles l'administration pressent que le propriétaire est prêt à s'engager dans une procédure contentieuse des plus longues. D'ailleurs, selon Maud Bregeon, rapporteure en 2024 d'un rapport sur l'application de la loi de 2023 : « Seuls les sites envisagés à Bugey ou à Tricastin pourraient nécessiter des expropriations. Les emprises concernées sont constituées pour l'essentiel par du foncier industriel, qui appartient à Orano ou à des exploitants de carrières, et non à des particuliers. L'objectif n'est vraiment pas de porter atteinte au droit de

¹⁴Loi n°2006-450 du 18 avril 2006 de programme pour la recherche, *JORF* n°92 du 19 avril 2006, II de l'article 39.

¹⁵Loi n°2018-202 du 26 mars 2018 relative à l'organisation des Jeux Olympiques et Paralympiques de 2024, *JORF* n°72 du 27 mars 2018, texte n°1.

propriété (...). Mais nous avons besoin de cette faculté en dernier recours »¹⁶.

Quant à la lecture de la décision rendue par le Conseil constitutionnel¹⁷ après le vote de la loi de 2023, elle livre elle-même deux enseignements. En premier lieu, le Conseil valide le système d'indemnisation particulier prévu par la loi de 2023. Ainsi, d'une part, la prise de possession peut être préalable à l'indemnisation. L'étude d'impact de la loi estime à quinze jours ce décalage entre la prise de possession et le versement de l'indemnité. Il s'agit là d'une entorse qui est faite à la règle constitutionnelle contenue dans l'article 17 de la DDHC, qui impose une « juste et préalable indemnité » à l'expropriation. Le Conseil constitutionnel considère toutefois que « le tempérament apporté à la règle du caractère préalable de l'indemnisation répond à des motifs impérieux d'intérêt général et est assorti de la garantie des droits des propriétaires intéressés », puisqu'ils ont la possibilité de saisir le juge administratif à tout moment de la procédure. Or, on a du mal à comprendre pourquoi le Conseil valide ici ces dispositions, qui sont bien plus qu'un tempérament, mais qui apparaissent plutôt comme une violation de la règle qu'énonce expressément l'article 17 de la DDHC. Surtout, la réalisation des projets nucléaires s'étend sur de nombreuses années, voire plusieurs décennies. On voit donc mal en quoi il ne serait pas possible d'attendre quinze jours que l'indemnité soit reçue pour que la prise de possession intervienne de manière effective. Une telle situation figurerait déjà dans l'article L. 522-3 du code de l'expropriation, selon lequel « [l]a prise de possession ne peut avoir lieu qu'après le paiement provisionnel d'une somme égale à l'évaluation de l'autorité administrative compétente pour l'effectuer ou à l'offre de l'autorité expropriante si celle-ci est supérieure. En cas d'obstacle au paiement, cette condition est remplacée par l'obligation de consigner la somme correspondante ». C'est bien l'extension de ces dispositions aux projets électronucléaires que valide le Conseil constitutionnel dans sa décision de 2023. D'autre part, l'indemnité que fixe le juge de l'expropriation peut être, dans ce cas, spécifiquement complétée par « une indemnité spéciale tenant compte du préjudice spécial causé par la rapidité de la procédure ». Cela signifie que la mise en œuvre de cette dernière pourrait coûter plus cher à la collectivité, et que potentiellement elle renforcerait la position du propriétaire. Il n'est pas certain cependant que cela encourage la mise en œuvre de la procédure. Sans doute faut-il y voir surtout une menace sur le propriétaire que l'on pourrait ainsi mieux presser d'accepter un accord.

En deuxième lieu, et de manière classique, le Conseil constitutionnel n'entre pas vraiment dans le fond du problème juridique de la conciliation avec le droit de propriété. Il se contente de constater l'intervention du juge administratif tout au long de la procédure pour conclure que le droit de propriété n'est pas bafoué par la loi. Autrement dit, la possibilité de restreindre le droit de propriété est validée dans son principe par le Conseil constitutionnel, mais il reviendra au juge administratif dans le contrôle de la procédure, et au juge judiciaire dans la prise de décision d'expropriation, de veiller à ce que les droits du propriétaire soient effectivement préservés. La « procédure [d'extrême urgence] permet [alors] à l'État de prendre possession

¹⁶Maud Bregeon, Rapport n°917, précité, p. 332. Un autre rapport précise que pour les constructions à venir « EDF souligne [que cette procédure accélérée] pourrait être potentiellement nécessaire pour Bugey, les discussions en cours avec les exploitants des terrains nécessaires à la construction de la centrale pouvant ne pas aboutir à un accord à l'amiable. RTE n'a pas identifié de besoin de recourir à cette procédure à ce stade, tout en soulignant qu'elle pourrait s'avérer utile pour l'établissement de postes électriques si un besoin ultérieur était identifié ». Maud Bregeon et Sébastien Jumel, Rapport d'information n°2199 sur l'application de la loi n°2023-491 du 22 juin 2023 relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité des sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes, 13 février 2024, p. 27.

¹⁷Décision n°2023-851 DC, du 21 juin 2023, *Loi relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes*.

des terrains sans attendre que soit opéré le transfert de propriété par voie d'ordonnance judiciaire »¹⁸.

Outre le transfert du droit de propriété prononcé par le juge de l'expropriation pour mener des projets de construction d'installations nucléaires, les effets du droit de propriété peuvent également être en partie restreints, cette fois-ci pour tenir compte des risques inhérents à l'activité nucléaire.

II) La limitation des effets du droit de propriété du fait des activités nucléaires civiles

Il s'agit là de limitations administratives au droit de propriété. Elles sont autorisées par la loi au bénéfice de personnes publiques ou de personnes privées exerçant une activité d'intérêt général. L'article 31 de la loi de 2006¹⁹, codifié à l'article L. 593-5 du code de l'environnement, précise ainsi que « l'autorité administrative peut instituer autour des installations nucléaires de base, y compris les installations existantes, des servitudes d'utilité publique ». Ces dispositions étendent aux installations nucléaires de base le régime des servitudes d'utilité publique déjà institué aux articles L. 515-8 s. du code de l'environnement. Selon ces dernières dispositions, les modalités des servitudes envisagées sont de trois ordres. Certaines consistent à limiter ou interdire « certains usages susceptibles de porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du même code²⁰, du droit d'implanter des constructions ou des ouvrages ou d'aménager les terrains ». Certaines autres subordonnent « des autorisations de construire au respect de prescriptions techniques tendant à limiter l'exposition des occupants des bâtiments aux phénomènes dangereux ». D'autres encore limitent « des effectifs employés dans les installations industrielles et commerciales ». Quant au périmètre de ces servitudes, deux cas de figure sont envisagés par l'article L. 593-5 du code de l'environnement. En premier lieu, elles peuvent concerner l'utilisation du sol et l'exécution de travaux soumis à déclaration ou autorisation administrative. En second lieu, elles peuvent aussi viser « l'utilisation du sol sur le terrain d'assiette de l'installation et autour de celui-ci, après déclassement ou disparition de l'installation nucléaire de base ». Dès lors, les incidences des activités nucléaires civiles sur le droit de propriété peuvent se prolonger dans le temps bien au-delà de l'effectivité même des activités nucléaires.

En substance, le but de ces servitudes est de prévenir ou de réduire les risques liés à l'activité de l'installation électronucléaire dans l'éventualité d'un accident, ou pour prévenir les effets d'une pollution radioactive ou chimique du sol. C'est en ce sens que l'Andra a pu préciser que de telles servitudes visent à « éviter le développement d'activités qui ne permettrait pas une mise à l'abri rapide ou rendrait difficile une évacuation ultérieure et qui serait susceptible de remettre en cause l'opérabilité des plans de secours »²¹. Après avoir évalué l'analyse des scénarios accidentels dans le centre de stockage Cigéo, l'Andra a d'ailleurs affirmé ne pas demander l'instauration de servitudes d'utilité publique pour ce site. Recourir à de telles

¹⁸Réseau sortir du nucléaire, « Les procédures d'expropriation appliquées au projet de création d'installations nucléaires », sortirdunucleaire.org, 2025, p. 6.

¹⁹Loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire.

²⁰L'article L. 511-1 établit le champ d'application du titre du code de l'environnement dédié aux installations classées pour la protection de l'environnement, pouvant présenter des dangers ou des inconvénients « soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation économe des sols naturels, agricoles ou forestiers, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique ».

²¹Andra, Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, *pièce 12, Servitudes et demande de périmètre de protection et de droit exclusif*, 2026, p. 14.

servitudes nécessite donc une réflexion véritable en amont du développement à venir de l'activité électronucléaire. La décision est le résultat d'un choix véritable nécessitant une étude minutieuse des conditions dans lesquelles l'activité nucléaire peut avoir de répercussion sur l'exercice du droit de propriété dans un périmètre défini autour de l'installation nucléaire.

Les cas où de telles servitudes sont demandées restent toutefois nombreux et variés. A titre d'exemple, en 2019, des servitudes d'utilité publique ont été mises en œuvre à l'issue d'opérations de démantèlement et d'assainissement, compte tenu du risque de contamination résiduelle du sol et des eaux souterraines au droit et au voisinage immédiat du terrain d'assiette des installations nucléaires de base n°65 et n°90 exploitées par la Société industrielle de combustible nucléaire à Veurey-Voroize²². Ces servitudes, concernant l'utilisation du sol et des eaux souterraines, ont eu pour finalité première de « préserver l'environnement et la salubrité publique des nuisances potentielles qui ne pourraient pas faire l'objet de mesures compensatoires suffisantes ». Entre autres prescriptions, on peut citer la limitation de l'usage des parcelles concernées à des activités commerciales et industrielles, de services, de bureau ou de voiries. En outre, le propriétaire se doit de réaliser préalablement au creusement de terre ou de travaux d'excavation sur ces parcelles une étude portant en partie sur la justification des dispositions retenues pour la protection du public, de l'environnement et des travailleurs vis-à-vis du risque de dissémination de la contamination résiduelle.

En définitive, les servitudes d'utilité publique sont un outil de conciliation nécessaire entre activités électronucléaires et exercice du droit de propriété. Le droit de l'urbanisme peut lui aussi être mobilisé pour restreindre le droit de propriété du fait des activités nucléaires civiles. Trois textes interviennent en ce sens et méritent, à ce stade, d'être présentés.

En premier lieu, la « circulaire Borloo » a été publiée en 2010²³. Sa vocation première était de préciser les dispositions législatives de 2006, pour faire face aux préoccupations du moment chez les acteurs locaux évoluant à proximité des installations nucléaires. On peut, à son égard, verbaliser trois brèves remarques.

Tout d'abord, seules de grandes orientations ont été fixées par la circulaire Borloo. Celle-ci préconise ainsi « d'adopter une démarche de développement prudente des activités, constructions ou équipements nouveaux au voisinage des installations nucléaires », laissant une grande marge de manœuvre aux différents acteurs pour s'adapter aux réalités pratiques auxquelles ils pourraient faire face. On peut dès lors s'interroger sur le fait de savoir si ce texte, adopté quelques mois avant la catastrophe de Fukushima, est véritablement adapté pour faire face aux situations à risque. La force normative d'un tel appel à la prudence peut être en effet interrogé.

Ensuite, la circulaire recommande d'avoir la plus grande attention « vis-à-vis des projets sensibles de par leur taille, leur destination ou des difficultés qu'ils occasionneraient en matière de protection des populations dans la zone de dangers immédiats ». Dès lors, elle prévoit la possibilité de transmettre un « porter à connaissance » (PAC) aux communes ou aux

²²Arrêté préfectoral n°DDPP-IC-2019-10-01 fixant le périmètre et les servitudes d'utilité publique à instituer sur les parcelles situées au droit et autour du terrain d'assiette des installations nucléaires de base n°65 et n°90 exploitées par la Société industrielle de combustible nucléaire (SCIN) à Veurey-Voroize dans le cadre de leur procédure de déclassement.

²³Circulaire du 17 février 2010 relative à la maîtrise des activités au voisinage des installations nucléaires de base (INB) susceptibles de présenter des dangers à l'extérieur du site.

établissements publics de coopération intercommunale compétents en matière d'urbanisme concernés. Son application revient au préfet, dans ce qui est donc nommé « la zone de dangers immédiats », fixée à seulement 2 km de l'installation nucléaire. Dès lors, la circulaire invite à privilégier un développement d'activités à l'extérieur de cette zone, et d'éviter, à l'intérieur, le développement d'activités sensibles. Pour résumer, un rapport parlementaire de 2024 précise qu'un tel PAC « vise à limiter l'augmentation de la population et à interdire la réalisation de certains équipements (notamment les établissements recevant du public autres qu'en 5e catégorie) »²⁴. Les parlementaires notent toutefois que la mise en œuvre du PAC comme la possibilité d'y déroger mériteraient d'être clarifiées davantage. On peut en effet s'interroger sur la manière dont certaines de ces dérogations sont accordées, au regard de l'objectif de sécurité que ces restrictions poursuivent. Ainsi, l'existence d'une telle circulaire n'entrave pas totalement les projets d'urbanisme aux abords des installations nucléaires. En témoigne la construction d'un groupe scolaire réunissant les écoles de deux communes sur des terrains situés dans la zone de dangers immédiats de la centrale de Saint-Laurent-Les-Eaux. Le rapport d'un groupe d'experts a montré que les deux communes ne disposaient pas de terrains constructibles en dehors de cette zone de dangers²⁵. La circulaire invitait pourtant à utiliser l'article R. 111-2 du code de l'urbanisme dans sa version alors en vigueur, permettant « de refuser les projets qui s'avéreraient incompatibles avec les objectifs de sécurité des populations concernées ou de prescrire les conditions permettant de rendre les projets acceptables »²⁶. Une fois encore, la formulation est souple, et laisse la possibilité de rendre des projets jugés acceptables aux abords d'une installation nucléaire. Le fait que de tels projets puissent voir le jour interroge toutefois sur les conditions dans lesquelles la sécurité des habitants concernés est pensée.

Enfin, la loi de 2023 prévoyait la publication l'année suivante d'un rapport gouvernemental sur l'application de la circulaire Borloo, mais celui-ci n'était toujours pas publié début 2026. Ce retard gouvernemental doit être doublé du constat qu'une telle circulaire devait être provisoire, en attendant une réglementation plus aboutie qui se fait toujours attendre elle aussi. En outre, il a pu être regretté que les communes proches des installations nucléaires, « regroupées au sein de l'ARCICEN (Association des représentants des communes d'implantation de centrales et d'établissements nucléaires), font l'objet de nombreux recours administratifs vis-à-vis des projets d'urbanisme qu'elles souhaitent mettre en place, alors même que ceux-ci sont nécessaires à la création de logements »²⁷. Le volontarisme des autorités locales à développer dans les zones concernées de tels projets interroge lui aussi. Si dans son principe le développement d'un territoire est compréhensible et la plupart du temps nécessaire pour les populations concernées, il peut devenir néanmoins discutable aux abords d'une installation nucléaire compte tenu des risques inhérents que revêt l'activité générée.

En deuxième lieu, pour appuyer les acteurs concernés dans leur démarche, l'Autorité de sûreté nucléaire a publié, en 2016, un guide relatif à la maîtrise des activités de voisinage des installations nucléaires²⁸. Ce guide met notamment en place une échelle de vulnérabilité, pour aider à identifier les lieux et situations présentant un danger compte tenu de leur proximité avec une installation nucléaire. On retrouvait déjà une échelle dans les projets de guide

²⁴M. Bregeon, n°917, précité.

²⁵Rapport du groupe de travail-expert, *Groupe scolaire d'Avaray-Lestieu (41)*, 2012, p. 15.

²⁶Circulaire du 17 février 2010, précitée.

²⁷Question écrite du député Romain Daubié adressée au Ministère de la Transition écologique, *Journal Officiel*, 15 octobre 2024, p. 5478.

²⁸Autorité de sûreté nucléaire, *Guide n°15 : Maîtrise des activités au voisinage des installations nucléaires de base*, version 2016.

régulièrement publiés depuis 2010 par l'ASN. Dans sa publication, l'Autorité de sûreté nucléaire précise d'ailleurs que cette échelle de vulnérabilité reste indicative, et que « si l'implantation d'un établissement accueillant des enfants en bas âge est a priori à éviter, il ne saurait pour autant être question de priver la population existante de services de garde d'enfants ». Le guide est donc sur ce point-là aussi des plus souples, ce qui ne fait que renforcer les interrogations déjà exprimées à ce sujet. Sont alors distingués quatre degrés de vulnérabilité. Au stade qualifié de « négligeable », sont concernées les situations relatives aux personnes susceptibles d'être présentes dans la zone selon un nombre restreint, comme c'est le cas de celles travaillant habituellement au sein des exploitations agricoles ou des parcs énergétiques. Ces personnes sont le plus souvent déjà informées des consignes d'alerte, et évoluent sur de vastes espaces dans un effectif des plus réduits. En revanche, au stade maximal, correspondant à une vulnérabilité forte, on trouve les personnes identifiées comme n'ayant pas une connaissance suffisante des consignes en cas d'alerte, et évoluant dans un périmètre où elles ne pourront pas être mises à l'abri. Cela correspond notamment aux personnes présentes dans des établissements jugés sensibles, susceptibles de recevoir une population inapte à reconnaître un danger en la matière, comme peuvent l'être les crèches, les écoles ou les hôpitaux.

En troisième lieu, les PAC établis par les préfets concernés guident l'action locale en matière d'urbanisme. L'article L. 132-2 du code de l'urbanisme prévoit en effet que : « [l']autorité administrative compétente de l'État porte à la connaissance des communes ou de leurs groupements compétents : 1° Le cadre législatif et réglementaire à respecter ; 2° Les projets des collectivités territoriales et de l'État en cours d'élaboration ou existants. L'autorité administrative compétente de l'État leur transmet à titre d'information l'ensemble des études techniques dont elle dispose et qui sont nécessaires à l'exercice de leur compétence en matière d'urbanisme. Tout retard ou omission dans la transmission de ces informations est sans effet sur les procédures engagées par les communes ou leurs groupements ». Les autorités locales se doivent alors de prendre en compte les PAC en matière d'urbanisme. A titre d'exemple, le PAC de la centrale nucléaire de Saint-Laurent-Les-Eaux prévoit des restrictions très variées à l'urbanisation, illustrant toute la diversité des mesures pouvant être prises en la matière. Ainsi, s'agissant de l'urbanisation existante, sont interdites la plupart des extensions des établissements recevant du public qui viendraient augmenter les capacités d'accueil. En revanche, sont soumises à autorisation les extensions d'habitation individuelle, sous réserve de ne pas créer un nouveau logement ; les changements de destination de bâtiment aux fins d'activités liées à des constructions ou installations autorisées dans la zone ; les changements de destination de bâtiments pour un usage d'habitation sous réserve de ne pas créer plus d'un logement par unité foncière ; ou encore les aménagements et les réhabilitations de bâtiments existants qui ne créent pas de logements supplémentaires. S'agissant de l'urbanisation nouvelle, sont interdites les constructions d'habitat collectif, les lotissements à usage d'habitation de plus de trois lots ; les installations de camping et de stationnement de caravanes soumis à une autorisation préalable ; et la plupart des constructions d'établissements recevant du public. Parmi les opérations autorisées sous conditions, on peut citer les constructions à usage d'habitation individuelle respectant une limitation de trois logements par unité foncière, ou encore les entrepôts dont la surface cumulée par unité foncière n'excède pas 1000 m².

Pour conclure, la limitation du droit de propriété du fait des activités nucléaires civiles laisse une impression mitigée. D'un côté, la défense des intérêts individuels conduit à regretter les atteintes au droit de propriété du fait d'une activité que les propriétaires subissent, notamment si leur droit de propriété est antérieur à la construction d'une installation nucléaire. D'un autre côté, les atteintes parfois minimales que l'on peut çà et là constater interrogent sur le fait de savoir si le nécessaire est bel et bien réalisé pour faire face au risque que représente l'activité nucléaire. Quel cas ferions-nous des souplesses accordées au droit de propriété si un accident nucléaire d'ampleur advenait sur le territoire concerné ?

L'exploitant, le propriétaire et l'actionnaire

La nouvelle trilogie du droit des installations nucléaires de base

Marc LÉGER

*Professeur émérite de l'Institut national des sciences et techniques nucléaires
(INSTN)*

Chercheur associé au laboratoire CHROME (Université de Nîmes)

Résumé : Le droit français des installations nucléaires de base (INB) a longtemps réduit la pluralité des droits susceptibles d'exister sur une installation à la seule figure de l'exploitant, dont la qualité naît d'une autorisation administrative et non d'un droit réel. La loi du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, complétée par l'ordonnance du 10 février 2016, et la loi du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs ont fait émerger deux figures complémentaires : le propriétaire de l'installation ou du terrain d'assiette, et l'actionnaire de contrôle de l'exploitant. Le présent article propose de lire cette tripartition à la lumière de la trilogie romano-médiévale de l'usus, du fructus et de l'abusus, où l'exploitant incarne l'usage, l'actionnaire la perception des fruits économiques, et le propriétaire l'attribut résiduel de disposition. La construction normative se heurte toutefois à un paradoxe structurel : en cas de défaillance de l'exploitant — notion que la loi ne définit pas —, le droit prévoit la substitution du propriétaire, qui peut se voir imposer des prescriptions opérationnelles d'une intensité comparable à celles d'un exploitant nucléaire de fait, alors qu'aucun mécanisme de contrôle préalable de ses capacités techniques, financières et humaines n'est organisé. L'actionnaire de contrôle est, quant à lui, exposé à la prise en charge potentiellement illimitée des charges nucléaires de démantèlement et de gestion des déchets. Ces ambiguïtés deviennent critiques avec le déploiement projeté des petits réacteurs modulaires et l'émergence de la propulsion nucléaire civile, qui imposent au juriste de repenser la distribution des rôles entre opérateur, propriétaire et financeur dans des configurations industrielles inédites.

Mots-clés : installations nucléaires de base ; exploitant nucléaire ; propriétaire non-exploitant ; actionnaire de contrôle ; responsabilité civile nucléaire ; Convention de Paris ; charges nucléaires ; démantèlement ; petits réacteurs modulaires ; propulsion nucléaire civile.

Abstract¹ : *For decades, French law on basic nuclear installations (INB) reduced the plurality of rights potentially attaching to a nuclear facility to the single figure of the operator, whose status derives from an administrative licence rather than from any proprietary right. The Act of 13 June 2006 on nuclear transparency and security, supplemented by the Ordinance of 10 February 2016, and the Act of 28 June 2006 on the sustainable management of radioactive materials and waste brought to the fore two complementary figures : the owner of the installation or of the land on which it is sited, and the controlling shareholder of the operator. This article reads the resulting tripartition through the lens of the Roman-medieval categories of usus, fructus and abusus, with the operator embodying use, the controlling shareholder the enjoyment of economic benefits, and the owner the residual attribute of disposition. This regulatory architecture, however, faces a structural paradox: where the operator « fails » — a notion left undefined by the legislator — French law allows the substitution of the owner, who may be subject to operational prescriptions of an intensity comparable to those imposed on a de facto nuclear operator, even though no prior control mechanism verifies the existence of the technical, financial and human resources required. The controlling shareholder, in turn, may be required to assume the potentially unlimited financial burden of nuclear decommissioning and waste management charges. These ambiguities become acute with the planned deployment of Small Modular Reactors and the emergence of civil nuclear propulsion, which call upon legal scholarship to rethink the distribution of roles between operator, owner and financier in entirely new industrial configurations.*

Keywords : *nuclear installations ; nuclear operator ; licence holder ; non-operator owner ; controlling shareholder ; nuclear civil liability ; Paris Convention ; nuclear decommissioning and waste management charges ; decommissioning ; Small Modular Reactors ; civil nuclear propulsion.*

¹ Traduction réalisée avec l'aide d'un logiciel de traduction.

Introduction

Le droit romain classique, repris et systématisé par les juristes médiévaux, reconnaissait que des droits distincts pouvaient se superposer sur un même bien sans se contredire : en découpant le *dominium* en *usus*, *fructus* et *abusus*, il offrait la possibilité de confier la jouissance effective au titulaire du premier, la perception des revenus à celui du deuxième et la maîtrise du titre au titulaire du troisième, chacun agissant dans sa sphère propre. Cette tripartition structura pendant des siècles le droit des biens et survécut, dans une forme simplifiée, jusqu'au démembrement contemporain de la propriété.

Le droit des installations nucléaires de base (INB)² paraît avoir redécouvert, à sa façon et deux siècles après le code civil, la pertinence de cette trilogie. L'exploitant y incarne l'*usus* : il use de l'installation en tant qu'il en exploite l'objet et les finalités, en assume la maîtrise technique et porte l'intégralité de la responsabilité de son fonctionnement et de ses dysfonctionnements éventuels. L'actionnaire de contrôle y figure en position de *fructus*, non sur l'installation elle-même mais sur la société qui l'exploite : il tire les bénéfices économiques de l'exploitation sans en supporter directement les contraintes opérationnelles. Le propriétaire de l'installation ou du terrain d'assiette y tient le rôle de l'*abusus* : titulaire d'un droit réel sur la chose, il peut se voir imposer, en cas de défaillance de l'exploitant, des obligations dont l'ampleur évoque davantage celles d'un exploitant que celles d'un simple bailleur.

Cette analogie ne serait que littéraire si elle ne permettait de mettre en lumière la tension structurelle qui parcourt aujourd'hui le régime juridique des INB depuis la loi du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (loi dite TSN)³. Pendant plus de quarante ans, de 1963 à 2006, la réglementation n'avait connu qu'un seul acteur : l'exploitant, dont la qualité tient exclusivement à une autorisation administrative et non à un droit réel sur l'installation. Que l'exploitant fût ou non propriétaire de l'installation ou du terrain d'assiette était, aux yeux du régulateur, une circonstance indifférente. La prise en compte du propriétaire - d'abord du terrain d'assiette en 2006, puis de l'installation en 2016 - et celle de l'actionnaire contrôlant l'exploitant, introduite par la loi du 28 juin 2006⁴, ont introduit dans ce corpus deux figures secondaires dont le statut juridique demeure mal articulé avec le principe d'exclusivité de la responsabilité de l'exploitant, voire le contredit.

Le présent article se propose d'examiner, dans un premier temps, comment s'est construite cette tripartition et quels droits et obligations elle emporte pour chacun de ses membres (I), avant d'analyser, dans un second temps, les paradoxes qu'engendre la mise en jeu de responsabilités subsidiaires à l'égard du propriétaire et de l'actionnaire, et les défis que posent, à cet égard, les projets de petits réacteurs modulaires et leur utilisation éventuelle dans le domaine de la propulsion nucléaire civile (II).

² Seules sont concernées par la présente étude les « installations nucléaires de base », c'est-à-dire les installations nucléaires civiles, soumises aux dispositions du code de l'environnement ; la réglementation relative aux installations nucléaires intéressant la défense (qui relève du code de la défense) ne comporte pas de dispositions analogues à celles applicables aux INB.

³ Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire. Ses dispositions concernant les INB sont codifiées dans le code de l'environnement ; les dispositions relatives aux installations nucléaires intéressant la défense le sont dans le code de la défense.

⁴ Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Ses dispositions sont codifiées dans le code de l'environnement. Les dispositions relatives aux « charges nucléaires » sont codifiées aux articles L. 594-1 à L. 594-13 du code de l'environnement.

I) Exploitant, propriétaire, actionnaire : une tripartition progressivement construite autour d'un objet commun

La singularité du droit des INB tient à ce qu'il a longtemps réduit la réalité complexe des droits (et des obligations) sur une installation nucléaire à une figure unique : l'exploitant. Ce n'est qu'en 2006, sous la pression conjointe du projet ITER⁵, dont la construction venait d'être décidée à Cadarache sur un terrain mis à disposition par la France et dont le CEA⁶ était propriétaire, et de l'anticipation des projets de réacteurs innovants alors à l'étude dans le cadre du Forum International Génération IV, que la loi a commencé à articuler les rapports entre l'exploitant et les autres personnes détenant des droits sur l'installation ou sur son assiette foncière.

A) L'exploitant, figure centrale et longtemps exclusive du droit des INB

1) La définition de l'exploitant et l'acquisition de cette qualité

De 1963, date du décret fondateur du régime des « installations nucléaires »⁷, à 2006, la réglementation des INB n'a connu que la notion d'exploitant. Ce choix reflétait la réalité industrielle de l'époque : la quasi-totalité des INB étaient exploitées par leur propriétaire, et celui du terrain d'assiette ne leur était jamais distinct. Les rares exceptions - le réacteur Superphénix⁸, exploité par EDF mais propriété d'une société civile dont les membres restaient propriétaires de leurs apports, et le projet ITER, installation exploitée par une organisation internationale et implantée sur un terrain mis à disposition par l'État français - constituaient des anomalies tolérées plutôt qu'une catégorie juridiquement construite.

La loi TSN de 2006 a consacré une définition fonctionnelle de l'exploitant⁹. Dans le système qui en est résulté et qui est aujourd'hui codifié au titre IX du livre V du code de l'environnement, l'exploitant se définit comme la personne (sans qu'il soit précisé si elle doit être physique ou morale – mais la pratique commande que ce soit une personne morale) qui est autorisée par un décret du Premier ministre à créer une INB (art. L. 593-8 et R. 593-26) et par une décision de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) à la mettre en service (art. L. 593-11 et R. 593-33).

Il convient de noter cependant que le code accorde cette qualité dès le dépôt de la demande d'autorisation de création (art. R. 593-15), alors même que cette création est encore loin

⁵ ITER (acronyme de l'anglais *International thermonuclear experimental reactor*), est un projet international de réacteur nucléaire de recherche civil à fusion nucléaire, situé à proximité du centre CEA de Cadarache (13).

⁶ Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives.

⁷ Décret n° 63-1228 du 11 décembre 1963 relatif aux installations nucléaires, modifié notamment par le décret n° 73-405 du 27 mars 1973, qui a introduit la dénomination « installation nucléaire de base ». Pour autant, le décret de 1963 est resté relatif aux « installations nucléaires ». Il a été abrogé par le décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives, dont les dispositions ont été codifiées dans le code de l'environnement par le décret n° 2019-190 du 14 mars 2019 codifiant les dispositions applicables aux installations nucléaires de base, au transport de substances radioactives et à la transparence en matière nucléaire.

⁸ Prototype de réacteur à neutrons rapides (RNR) à caloporteur sodium situé à Creys-Malville (38), définitivement arrêté en 1997.

⁹ En droit international (Convention sur la sûreté nucléaire de 1994 et Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs de 1997) et en droit européen (directives 2009/71/Euratom du 25 juin 2009 établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires, révisée par la directive 2014/87/Euratom du 8 juillet 2014 ; directive 2011/70/Euratom du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs), les textes utilisent une autre expression, celle de « titulaire de l'autorisation » (*licence holder*). En revanche, les conventions internationales en matière de responsabilité civile nucléaire (Convention de Paris du 29 juillet 1960 et Convention de Vienne du 21 mai 1963) utilisent le terme « exploitant » (« *operator* »).

d'être autorisée (le délai d'instruction étant de 3 à 5 ans) et qu'elle peut ne pas l'être au terme de la procédure.

Cette disposition opère un choix doctrinal fort : la qualité d'exploitant naît non pas de la délivrance de l'autorisation, mais de son seul dépôt, c'est-à-dire d'une manifestation d'intention dont la condition de concrétisation dépend d'une autorité administrative. Elle entraîne, dès cet instant, l'application de l'ensemble du régime des INB, y compris des dispositions de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB. L'arrêté prend d'ailleurs soin de préciser que l'exploitant, dans le dossier joint à sa demande d'autorisation de création, doit identifier les « activités importantes pour la protection des intérêts¹⁰ » engagées préalablement au dépôt et justifier qu'elles ont été réalisées conformément au titre réglementaire applicable, reconnaissant ainsi implicitement un vide de qualification pour la période antérieure, pendant laquelle la personne concernée n'est qu'un « industriel envisageant d'exploiter une INB », selon les termes employés par l'ASNR.

2) La canalisation de la responsabilité sur l'exploitant en droit de la responsabilité civile nucléaire

Le régime de responsabilité civile nucléaire (RCN), issu en droit français de la Convention de Paris relative à la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire¹¹, illustre la logique d'exclusivité qui caractérise le statut de l'exploitant. Cette convention a en effet posé le principe de la canalisation de la responsabilité sur ce dernier : toutes les conséquences dommageables d'un accident nucléaire convergent vers la seule personne de l'exploitant, à l'exclusion de toute action directe contre le propriétaire de l'installation, contre les actionnaires ou contre les prestataires, sous-traitants ou fournisseurs, même si l'accident peut s'avérer avoir pour cause une faute de leur part.

Cette canalisation emporte trois conséquences majeures. D'abord, la responsabilité de l'exploitant est « objective », c'est-à-dire indépendante de toute faute. Ensuite, elle est exclusive : les victimes d'un accident nucléaire ne peuvent exercer leurs recours contre aucun autre acteur de la chaîne industrielle. Enfin, elle est assortie d'une obligation d'assurance ou de garantie financière, dont le montant varie selon les États parties à la Convention. Le droit de la RCN ignore donc délibérément la qualité de propriétaire et ne retient que celle d'exploitant, à qui il impose en contrepartie une responsabilité d'une intensité sans équivalent dans le droit commun de la responsabilité.

Le droit de la RCN ignore d'autant plus la qualité de propriétaire qu'il exclut de toute indemnisation les « biens sur site », c'est-à-dire ceux se trouvant sur le même site que celui de l'installation où est survenu l'accident et qui sont ou doivent être utilisés en rapport avec cette installation. Il s'ensuit que les dommages causés aux biens situés dans le périmètre de l'INB, quel qu'en soit le propriétaire (l'exploitant lui-même, ses prestataires et sous-traitants), n'ouvrent pas droit à réparation au titre de la RCN¹². Ces dommages relèvent en principe du droit commun de la responsabilité mais, en pratique, il est très difficile de trouver un assureur pour les couvrir.

¹⁰ Il s'agit de ceux définis à l'article L. 593-1 al. 1 du code de l'environnement, à savoir : la sécurité, la santé et la salubrité publiques ainsi que la protection de la nature et de l'environnement.

¹¹ Convention de Paris sur la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire, OCDE, 29 juillet 1960, modifiée par les Protocoles de 1964, 1982 et 2004. La France en est l'un des États membres.

¹² Article L. 597-3 du code de l'environnement, qui renvoie à la définition de « dommages nucléaires » donnée par la Convention de Paris précitée.

B) L'émergence progressive des qualifications de propriétaire et d'actionnaire (2006-2016)

1) L'introduction du propriétaire dans le corpus normatif des INB

La loi TSN de 2006 a introduit, pour la première fois, l'hypothèse d'un exploitant distinct du propriétaire du terrain d'assiette. Cette novation reflétait une nécessité pratique : plusieurs projets en gestation, à commencer par le projet ITER, impliquaient que l'installation soit édifée sur un terrain appartenant à un tiers — en l'occurrence, un terrain mis à disposition par l'État français. La solution retenue par le législateur consista à imposer à ce propriétaire non-exploitant de s'engager, dès la demande d'autorisation de création, à respecter les obligations susceptibles d'être mises à sa charge en cas de défaillance de l'exploitant.

Cette solution est appliquée, dans le cas du centre de stockage en couche géologique profonde¹³ que la loi elle-même qualifie d'INB, au propriétaire du terrain servant d'assiette aux installations de surface et à celui des tréfonds contenant les ouvrages souterrains.

Une ordonnance du 10 février 2016¹⁴ a étendu ce mécanisme au propriétaire de l'installation elle-même, qui peut désormais être une personne distincte à la fois de l'exploitant et du propriétaire du terrain. Cette extension comble un vide que la pratique industrielle des années 2010 avait mis en évidence, notamment dans les projets d'installations de gestion de déchets radioactifs confiées à des opérateurs spécialisés sur des terrains appartenant aux producteurs de déchets.

Le régime ainsi construit impose au propriétaire non-exploitant une triple exigence. Premièrement, l'article L. 593-6 du code de l'environnement dispose qu'il doit disposer des ressources techniques, financières et humaines nécessaires à l'exercice de ses responsabilités. Deuxièmement, l'article L. 593-7 précise que, pour assumer ces responsabilités, le propriétaire doit disposer de capacités techniques et financières suffisantes¹⁵ et avoir prévu des dispositions d'organisation avec l'exploitant — sans qu'il soit précisé lesquelles. Troisièmement, l'article L. 593-17 prescrit que la demande d'autorisation de création soit accompagnée d'un engagement du propriétaire à respecter les obligations qui sont susceptibles de lui incomber, tandis que l'article R. 593-16 impose que le dossier de demande d'autorisation de création de l'INB comporte un document attestant que le propriétaire a donné son accord à l'exploitation de l'installation, ou à l'usage de son terrain, et qu'il a été informé des obligations susceptibles d'être mises à sa charge.

2) L'introduction de l'actionnaire de contrôle dans le régime des charges nucléaires

Parallèlement à la loi TSN, la loi précitée du 28 juin 2006 a introduit dans le droit nucléaire une figure distincte du propriétaire¹⁶ : la personne contrôlant l'exploitant au sens du droit des sociétés¹⁷, c'est-à-dire l'actionnaire exerçant sur lui un contrôle exclusif ou conjoint.

Cette introduction ne vise pas la responsabilité de sûreté ni la responsabilité civile nucléaire - domaines dans lesquels, on l'a vu, l'exploitant demeure le seul interlocuteur du régulateur et le seul débiteur des victimes - mais la question, plus ciblée financièrement, des « charges

¹³ Prévu à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement.

¹⁴ Ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016 portant diverses dispositions en matière nucléaire.

¹⁵ Il n'est étrangement pas fait mention des capacités humaines dans cet article.

¹⁶ La disposition est aujourd'hui codifiée à l'article L. 594-2 du code de l'environnement.

¹⁷ Article L. 233-16 du code de commerce.

nucléaires ». Celles-ci désignent les charges de démantèlement des installations nucléaires ainsi que celles de gestion des combustibles irradiés et des déchets radioactifs issus de l'exploitation et du démantèlement des INB.

En principe, ces charges incombent exclusivement à l'exploitant, qui est tenu de constituer les provisions et les actifs nécessaires à la couverture de ces dernières. Mais la loi du 28 juin 2006 a prévu qu'en cas de défaillance ou d'insolvabilité de l'exploitant¹⁸, l'administration peut imposer la constitution de ces provisions et actifs à toute personne qui le contrôle, et que cette personne est alors soumise à l'ensemble des obligations de l'exploitant en matière de charges nucléaires.

II) Des responsabilités subsidiaires qui brouillent la distinction : paradoxes et enjeux non résolus

Construire une tripartition entre l'exploitant, le propriétaire et l'actionnaire, c'est poser les bases d'une répartition ordonnée des rôles. Mais le droit nucléaire, soucieux avant tout de garantir une continuité dans la prise en charge des risques et des charges associées aux INB, a prévu des mécanismes de substitution qui, en cas de défaillance de l'exploitant, tendent à effacer les frontières soigneusement tracées entre ces trois figures. Il en résulte des paradoxes structurels **(A et B)** dont les projets industriels contemporains révèlent toute l'acuité **(C)**.

A) Le propriétaire non-exploitant, quasi-exploitant par défaut

1) L'étendue des prescriptions susceptibles d'être imposées au propriétaire

Le régime des prescriptions susceptibles d'être imposées au propriétaire non-exploitant en cas de défaillance de l'exploitant est d'une ampleur qui, à bien des égards, place ce dernier dans une situation très proche de celle d'un exploitant de fait. Le législateur a en effet prévu plusieurs catégories de prescriptions.

En cas d'absence de mise en service dans le délai fixé par le décret d'autorisation de création, l'autorisation prend fin et des prescriptions particulières, incluant la remise en état du site, peuvent être imposées. En cas de menace pour les intérêts protégés par le code de l'environnement¹⁹, l'ASNR peut prescrire les évaluations et la mise en œuvre des dispositions rendues nécessaires. En cas de risques graves pour ces mêmes intérêts, un décret en Conseil d'État, pris après avis de l'ASNR, peut ordonner la mise à l'arrêt définitif et le démantèlement de l'installation. Enfin, des prescriptions spécifiques en matière de démantèlement — moyens de suivi, de surveillance, d'analyse et de mesure — peuvent être édictées.

La sanction du non-respect de ces prescriptions est identique à celle applicable à l'exploitant défaillant : les mêmes amendes pénales s'appliquent au propriétaire qui fait obstacle à leur mise en œuvre.

Paradoxalement, la loi ne précise pas ce qu'il faut entendre par défaillance de l'exploitant, alors qu'elle crée un régime de responsabilité par défaut, dont l'originalité et les risques qu'il crée imposerait que ses conditions de mise en œuvre et ses limites éventuelles soient clairement définies. S'agit-il d'une faillite de l'entreprise ayant par ailleurs la qualité d'exploitant ou bien d'une incapacité de ce dernier à faire face à ses responsabilités en

¹⁸ A noter que, dans ce cas, la loi distingue clairement défaillance et insolvabilité, mais sans préciser ce qui constitue une défaillance.

¹⁹ Voir la note 10 *supra*.

matière de sûreté ? Mais une incapacité de quelle nature et de quelle importance ? Rappelons que tout écart par rapport à la réglementation (par exemple, un rejet non autorisé d'effluents radioactifs, la non-conformité d'un équipement) peut légitimement être considéré comme une défaillance de l'exploitant au regard de sa responsabilité permanente de maîtrise des risques de son installation.

En outre, en ne précisant pas les hypothèses de défaillance de l'exploitant, le code laisse à l'ASNR un pouvoir d'appréciation discrétionnaire qui pose question au regard de l'objectif de valeur constitutionnelle d'intelligibilité de la loi.

2) Le paradoxe des ressources et capacités

La logique du dispositif ainsi décrit est claire : en faisant du propriétaire un récipiendaire potentiel de prescriptions normalement adressées à l'exploitant, le législateur entend éviter que la défaillance de ce dernier ne crée un vide de responsabilité préjudiciable à la protection des intérêts visés par la réglementation. Mais cette logique soulève un paradoxe de première importance.

L'article L. 593-6 du code de l'environnement exige que le propriétaire non-exploitant dispose des ressources techniques, financières et humaines pour exercer sa responsabilité, et l'article L. 593-7 précise qu'il doit bénéficier de capacités techniques et financières et de dispositions d'organisation avec l'exploitant. Ces exigences sont en tous points comparables à celles qui s'imposent à l'exploitant lui-même. Or, aucune disposition ne prévoit le contrôle, ni *a priori* ni *a posteriori*, de l'existence effective de ces ressources et capacités chez le propriétaire.

La question se pose avec encore plus d'acuité lorsque l'on considère la nature même de ces ressources : un exploitant d'INB est une entité dont la compétence nucléaire est au cœur de l'activité, dont les équipes sont formées et habilitées en conséquence, et dont l'organisation interne est entièrement structurée autour des exigences de sûreté. Un propriétaire d'installation — un investisseur immobilier, une collectivité territoriale, un industriel de branche différente — ne dispose d'aucune de ces caractéristiques. Faudrait-il qu'il duplique l'organisation de l'exploitant ? La réponse affirmative serait économiquement absurde ; la réponse négative laisserait le dispositif largement illusoire.

Une question additionnelle se pose lorsque les propriétaires de l'installation et du terrain d'assiette sont des personnes distinctes. Le partage des responsabilités entre ces deux propriétaires n'est pas explicitement réglé par le code de l'environnement, dont les dispositions s'appliquent indistinctement à l'un et à l'autre, créant un potentiel de conflits non résolu entre les deux propriétaires en cas de mise en jeu de leurs obligations respectives.

Enfin, il convient de soulever la question de la constitutionnalité d'un dispositif qui permettrait de substituer au régime de l'autorisation administrative — dont le non-respect constitue une infraction pénale — une responsabilité opérationnelle exercée par une personne n'ayant jamais fait l'objet d'une telle autorisation. Le code de l'environnement punit l'exploitation d'une INB sans autorisation. Comment admettre, sans contradiction, qu'une personne puisse être contrainte à assumer des responsabilités d'exploitant nucléaire par la seule vertu de son droit de propriété, et non par une procédure d'autorisation ?

B) L'actionnaire de contrôle, *quasi*-garant des charges nucléaires

Le cas de l'actionnaire de contrôle présente une configuration différente mais tout aussi problématique. Contrairement au propriétaire non-exploitant, l'actionnaire n'est pas exposé à des prescriptions techniques et opérationnelles : sa responsabilité subsidiaire se cantonne, du moins en l'état actuel du droit, au domaine des charges nucléaires. Mais ce domaine est précisément celui dont les enjeux financiers sont les plus considérables.

Le montant des provisions nécessaires à la couverture des charges de démantèlement et de gestion des déchets radioactifs d'une INB peut atteindre, selon la nature et l'âge de l'installation, plusieurs centaines de millions à plusieurs milliards d'euros. Pour un actionnaire privé qui prendrait des parts dans le capital d'une société portant un projet d'INB - fût-ce un petit réacteur modulaire de quelques dizaines de mégawatts - la perspective d'être contraint, en cas de défaillance de l'exploitant, d'assumer l'intégralité de ces charges constitue un obstacle financier et juridique véritablement dirimant.

Ce régime emporte une conséquence paradoxale : il dissuade précisément les investisseurs privés dont la mobilisation est pourtant présentée comme une condition nécessaire au déploiement des projets de petits réacteurs modulaires. En imposant à l'actionnaire de contrôle une responsabilité potentiellement illimitée sur les charges nucléaires, le droit actuel fait peser sur la structure du capital des projets nucléaires une contrainte que ne connaissent pas les investisseurs dans les projets d'énergies renouvelables, d'efficacité énergétique ou même de grands ouvrages d'infrastructure.

C) Les défis posés par les nouvelles configurations industrielles

1) Les petits réacteurs modulaires : un défi structurel pour la tripartition

La question de la tripartition exploitant/propriétaire/actionnaire prend une acuité particulière avec l'essor des projets de petits réacteurs modulaires (PRM), qu'ils soient de type SMR (*Small Modular Reactor*) ou AMR (*Advanced Modular Reactor*). Ces projets se caractérisent par une logique d'implantation fondamentalement différente de celle des centrales nucléaires de grande puissance.

Alors qu'en France, les grands réacteurs électronucléaires ont toujours été implantés sur des sites dédiés, détenus et exploités par un seul et même opérateur (EDF), les PRM sont précisément conçus pour être déployés à proximité de sites industriels ou urbains, auxquels ils ont vocation à fournir électricité ou chaleur décarbonée. Dans ce modèle, l'industriel ou la collectivité territoriale bénéficiaire de l'énergie est, selon toute probabilité, le propriétaire du terrain ou des bâtiments sur lesquels le réacteur sera implanté. Ces acteurs, dont la compétence se situe dans des domaines comme l'agroalimentaire, la chimie, la sidérurgie, la cimenterie, le traitement des eaux ou l'organisation des services publics, n'ont ni la vocation ni les moyens ni l'intention de devenir exploitants nucléaires de fait.

Or, dans la configuration actuelle du droit, toute convention de mise à disposition d'un terrain ou d'une installation pour y accueillir un PRM ferait peser sur le propriétaire-bailleur le risque de se voir imposer, en cas de défaillance de l'exploitant du réacteur, des obligations techniques et financières liées à la mise à l'arrêt définitif et au démantèlement de l'installation. Cette seule perspective est de nature à rendre le montage juridique des projets de PRM extrêmement difficile, voire impossible sans modification du cadre normatif.

La solution envisagée par certains acteurs du secteur passerait par une double évolution : d'une part, réduire la responsabilité subsidiaire du propriétaire non-exploitant à une responsabilité exclusivement financière, comparable à celle d'un bailleur ordinaire qui répondrait des conséquences de l'usage fait de son bien, sans être tenu à des obligations opérationnelles ; d'autre part, prévoir un mécanisme de reprise de l'exploitation par un opérateur étatique en cas de défaillance de l'exploitant privé, sur le modèle des mécanismes de gestion de crise existant dans d'autres secteurs d'infrastructure d'importance vitale.

2) La propulsion nucléaire civile : un vide juridique international

Les enjeux de la tripartition s'étendent au-delà des installations terrestres fixes. Les acteurs du commerce maritime examinent actuellement la propulsion nucléaire civile (PNC) comme solution de décarbonation des transports marchands, et des projets de navires nucléaires civils ou de barges flottantes sont en cours de développement dans différents pays. Dans ce contexte, la question de la distribution des rôles entre exploitant, propriétaire et « actionnaire » prend une dimension entièrement nouvelle.

Un navire de commerce implique en effet trois acteurs distincts dont les droits sur le navire et sur son exploitation peuvent se superposer de manière complexe : le propriétaire du navire, l'armateur qui en assure l'exploitation commerciale, et l'affrètement qui en dispose contractuellement pour une période déterminée. À ces trois figures classiques du droit maritime s'ajoute, pour un navire nucléaire, celle de l'exploitant de l'installation nucléaire embarquée, dont la responsabilité au titre de la Convention de Paris n'a pas de correspondance directe dans le droit maritime.

La question est d'autant plus complexe pour les FNPP (*Floating Nuclear Power Plants*), c'est-à-dire les barges ou navires porteurs d'un réacteur nucléaire destiné à fournir de l'énergie à un territoire côtier, dont la Russie a réalisé le premier exemplaire commercial avec l'*Akademik Lomonossov*. Ces unités flottantes cumulent les caractéristiques d'une INB et d'un navire, ce qui les rend difficiles à faire entrer dans les catégories existantes, tant en droit international nucléaire qu'en droit maritime²⁰.

La France dispose, certes, d'une loi sur la responsabilité civile des exploitants de navires nucléaires, adoptée en application des principes de la Convention de Bruxelles de 1962 sur la responsabilité des exploitants de navires nucléaires, convention qui n'est toujours pas entrée en vigueur faute de ratifications suffisantes. Mais le droit français ne comporte pas de régime administratif des navires nucléaires comparable à celui des INB, ce qui laisse sans réponse les questions relatives aux conditions d'autorisation, aux prescriptions techniques, aux inspections et aux sanctions administratives applicables.

Conclusion

La trilogie romano-médiévale de l'*usus*, du *fructus* et de l'*abusus* suggérait que la multiplicité des droits sur un même bien n'empêchait pas la clarté dans la répartition des rôles et des responsabilités, pour peu que chaque attribut fût précisément qualifié et assigné. Le droit contemporain des INB aspire à la même clarté : il distingue soigneusement l'exploitant, le propriétaire et l'actionnaire de contrôle, et assigne à chacun un régime propre.

²⁰ Sur la propulsion nucléaire civile maritime, voir le « Code de sécurité pour les navires nucléaires marchands » de l'OMI (Résolution A.491(XII), 1981) dit « Code nucléaire », qui nécessite d'être actualisé pour répondre aux besoins de développement de la PNC.

Mais, à la différence de la subtilité des juristes romain et médiéval, le législateur nucléaire a prévu des mécanismes de substitution qui, en cas de « défaillance » de l'exploitant, tendent à effacer les frontières entre ces trois figures. Le propriétaire non-exploitant peut se voir imposer des obligations opérationnelles pour lesquelles il n'a ni la compétence ni les moyens, sans que la loi n'ait prévu de contrôler l'existence de ces derniers. L'actionnaire de contrôle peut être contraint d'assumer des charges financières potentiellement illimitées, ce qui dissuade précisément les investisseurs privés dont l'apport de capitaux est pourtant indispensable au financement des projets nucléaires de demain.

Ces paradoxes n'ont pas de solution simple. Mais ils dessinent clairement les trois chantiers normatifs qui s'ouvrent devant le législateur et le régulateur. Il faudra d'abord clarifier la nature et l'étendue de la responsabilité subsidiaire du propriétaire non-exploitant, en la réduisant vraisemblablement à une responsabilité exclusivement financière assortie d'une obligation de faciliter l'accès des autorités à l'installation. Il faudra ensuite concevoir un mécanisme de reprise des INB dont l'exploitant est en situation de défaillance par un opérateur étatique ou para-étatique, de nature à rassurer les propriétaires et les actionnaires privés sans compromettre la continuité de la sûreté. Il faudra enfin construire, dans un cadre international, un régime administratif des navires et installations nucléaires flottants qui permette de distribuer lisiblement les responsabilités entre le propriétaire du bâtiment, l'armateur et l'exploitant de l'installation nucléaire embarquée.

L'enjeu n'est pas seulement doctrinal. Il conditionne la capacité de la France - et plus largement de l'Europe - à mobiliser les capitaux privés et à déployer les montages industriels sans lesquels la relance du nucléaire civil, aussi nécessaire fût-elle pour la transition énergétique et l'atteinte de l'objectif de neutralité carbone en 2050, ne pourra pas se concrétiser dans les délais que commande l'urgence climatique. La trilogie médiévale n'avait pas prévu le réacteur nucléaire : c'est au juriste d'aujourd'hui de compléter l'édifice.

La propriété du sous-sol face au dépôt géologique profond

Questions de droit réel lors de la construction d'un dépôt de déchets radioactifs en Suisse

Dr. iur. Andrin STUDER

Chef suppléant de l'Office suisse de la navigation maritime, Direction du droit international public, Département fédéral des affaires étrangères DFAE

Résumé : L'article examine, dans la situation juridique suisse, la construction d'un dépôt géologique profond de déchets radioactifs sous l'angle du Code civil suisse (CC) et de la loi sur l'énergie nucléaire (LENu). Le point central est l'art. 667 al. 1 CC, selon lequel la propriété du sol emporte celle du dessus et du dessous seulement dans la profondeur utile à son exercice. Cette règle conduit à distinguer trois espaces. Sous le fonds du titulaire de l'autorisation, l'intérêt positif à construire le dépôt justifie l'extension verticale de la propriété ; les parties de l'ouvrage construites dans cette colonne relèvent de l'accession. Sous les fonds voisins, les droits de défense dépendent de l'intérêt digne de protection du propriétaire concerné. Ils seront rares à la profondeur des cavernes de stockage, mais peuvent devenir déterminants pour un tunnel d'accès peu profond ou une tête de puits. Enfin, les parties du dépôt situées en dessous des fonds voisins dans le sous-sol public font apparaître une lacune : la LENu dispense des concessions cantonales, mais ne prévoit pas de règle expresse attribuant la propriété de l'ouvrage au titulaire de l'autorisation. Une qualification unitaire du dépôt peut être défendue, mais une clarification législative serait préférable.

Mots-clés : propriété foncière ; sous-sol ; sous-sol public ; dépôt géologique profond suisse ; déchets radioactifs ; art. 667 CC suisse ; accession ; action négatoire ; droits de voisinage ; expropriation ; LENu

Abstract: This article examines, in the Swiss legal situation, the construction of a deep geological repository for radioactive waste from the perspective of the Swiss Civil Code (CC) and the Nuclear Energy Act (LENu). The central provision is Article 667(1) CC, under which ownership of land extends upwards and downwards only as far as useful for its exercise. This rule leads to a distinction between three spaces. Under the permit holder's own land, the positive interest in building the repository justifies the vertical extension of ownership, and the parts of the facility built in that column fall under accession. Under neighboring land, defensive rights depend on the legally protected interest of the landowner concerned. Such rights will rarely exist at the depth of the storage caverns, but may be decisive for a shallow access tunnel or shaft head. Finally, the parts of the repository located in public subsoil reveal a gap: the LENu dispenses with cantonal concessions but does not expressly allocate ownership of the facility to the permit holder. A unitary qualification of the repository can be defended, but legislative clarification would be preferable.

Keywords: land ownership; subsoil; public subsoil; Swiss deep geological repository; radioactive waste; Article 667 Swiss Civil Code; accession; negatory action; neighborhood law; expropriation; Nuclear Energy Act

1) Introduction : la profondeur comme problème de droit réel

Le dépôt géologique profond est généralement décrit comme un problème de sûreté : il faut isoler des déchets radioactifs pendant de très longues périodes, dans des formations géologiques aptes à jouer le rôle de barrières passives. Il est également présenté comme un problème de planification, de financement et d'acceptabilité démocratique. Il est plus rarement présenté comme un problème de droit réel. Pourtant, dès que l'on quitte la surface pour construire des rampes, des tunnels, des puits et des cavernes, une question simple réapparaît : à qui appartient le sol dans lequel on construit ?¹

La question n'est pas abstraite en Suisse. Le dépôt n'est pas un simple point dans le sous-sol. Il comprend des installations de surface, un accès principal, des galeries, des cavernes de stockage, des puits d'exploitation ou de ventilation, puis un périmètre de protection destiné

¹ A. Studer, Die Entsorgung radioaktiver Abfälle, Schulthess, Zurich-Genève, 2024, chap. 12.

à préserver la sûreté à long terme. Cette infrastructure se déploie dans un espace qui ne coïncide pas avec une seule parcelle. Elle peut se trouver sous le fonds du titulaire de l'autorisation, sous le fonds d'un voisin et dans un sous-sol qui, à une certaine profondeur, ne relève plus d'un droit de propriété privée.

L'actualité renforce l'intérêt de la question. La Nagra² a déposé, le 19 novembre 2024, les demandes d'autorisation générale concernant le dépôt en couches géologiques profondes et l'installation de conditionnement des éléments combustibles ; les demandes complétées ont été rendues publiques le 19 juin 2025.³ La discussion n'est donc plus seulement doctrinale : elle accompagne un projet dont le droit devra organiser la construction.

Le présent article se concentre sur une idée : le droit suisse offre des instruments solides pour régler la plupart des conflits de proximité, mais il devient moins clair lorsqu'une installation nucléaire est construite dans le sous-sol public. La difficulté ne réside pas uniquement dans la profondeur. Elle réside dans le passage d'un espace approprié par un propriétaire privé à un espace soumis à la haute police cantonale, puis dans l'absence d'une règle fédérale attribuant explicitement la propriété de l'ouvrage.

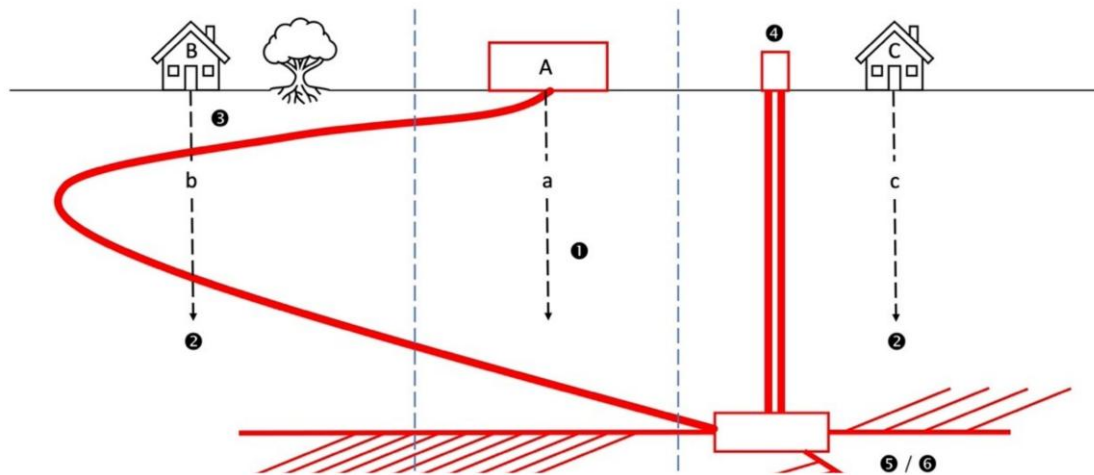


Figure 1 : schéma simplifié des questions de droit réel lors de la construction d'un dépôt géologique profond.
Source : présentation de conférence de l'auteur.

Le schéma permet de distinguer six situations : 1) le dépôt sous le fonds du titulaire de l'autorisation ; 2) les cavernes profondes sous des fonds voisins ; 3) le tunnel d'accès, qui peut traverser des profondeurs différentes ; 4) la tête de puits en surface ou proche de la surface ; 5) le statut du sous-sol public ; 6) l'attribution de la propriété de l'ouvrage lorsque le sous-sol public est utilisé.

II) L'art. 667 al. 1 CC : une propriété foncière tridimensionnelle

A) La règle

L'art. 667 al. 1 CC constitue le point d'entrée. La propriété du sol emporte celle du dessus et du dessous, mais seulement dans la hauteur et la profondeur utiles à son exercice.⁴ Le fonds n'est donc pas une surface plane ; il est un corps tridimensionnel. Mais ce corps n'est pas

² Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs.

³ Conseil fédéral, communiqués des 19 novembre 2024 et 19 juin 2025.

⁴ Code civil suisse du 10 décembre 1907 (RS 210 ; ci-après : CC), art. 667 al. 1. Les lois fédérales suisses sont consultables sur Fedlex, la plateforme de publication du droit fédéral : <https://www.fedlex.admin.ch/fr>.

illimité. La formule suisse se distingue d'une vision absolutiste du type usque ad inferos : le propriétaire ne possède pas tout ce qui se trouve sous sa parcelle jusqu'au centre de la Terre. Cette limite est déterminée par l'intérêt du propriétaire. La jurisprudence parle d'un intérêt digne de protection, apprécié selon les circonstances concrètes. Il peut être positif, lorsqu'un propriétaire veut utiliser l'espace souterrain, par exemple pour des fondations, une cave, un parking, une géothermie ou une infrastructure. Il peut aussi être négatif, lorsqu'il veut empêcher une atteinte venant du sous-sol. Dans les deux cas, l'intérêt doit être plus qu'une simple préférence : il doit être réalisable, juridiquement admissible et suffisamment concret.⁵ Cette approche flexible est précieuse. Elle permet de ne pas fixer une profondeur uniforme, qui serait trop basse pour certains usages et trop haute pour d'autres. Elle permet aussi de tenir compte du droit public : le propriétaire ne peut invoquer un intérêt digne de protection que dans les limites de l'ordre juridique. Si une intervention est interdite par la planification, par le droit de l'eau, par un droit régalien cantonal ou par une zone de protection, l'intérêt à cette intervention perd sa protection juridique.

B) Les conséquences procédurales

La qualification du volume souterrain n'est pas seulement une question théorique. Elle détermine quels titres doivent être acquis, quels droits de défense peuvent être exercés et qui devient propriétaire de l'ouvrage. Si le volume est compris dans la propriété d'un tiers, une construction sans titre constitue une atteinte directe. Si le volume se trouve hors de toute propriété privée, la question se déplace vers le droit public des choses publiques ou sans maître. Enfin, l'attribution de la propriété de l'ouvrage conditionne certaines responsabilités et, dans le domaine nucléaire, la délivrance de l'autorisation d'exploiter.

III) Le dépôt sous le fonds du titulaire de l'autorisation

La première situation est celle des parties du dépôt situées dans la colonne de sol du fonds appartenant au titulaire de l'autorisation. Dans ce périmètre horizontal, l'art. 667 al. 1 CC conduit à reconnaître un intérêt positif particulièrement fort. L'usage du sous-sol n'est pas un usage accessoire ou spéculatif : il est la raison d'être du projet. L'évacuation dans un dépôt en profondeur est prévue par le droit nucléaire, et la construction de l'ouvrage suppose une procédure fédérale approfondie.⁶

Une fois l'autorisation de construire délivrée, le droit public nucléaire concentre les autorisations nécessaires. L'autorisation comprend les autorisations relevant du droit fédéral et aucune autorisation ni aucun plan cantonal n'est requis.⁷ Les obstacles qui, dans un cas ordinaire, limiteraient l'intérêt à utiliser le sous-sol sont donc neutralisés pour le projet autorisé. Le propriétaire du fonds et titulaire de l'autorisation dispose d'un intérêt digne de protection à maîtriser la profondeur nécessaire à l'ouvrage.

Il en résulte que la propriété foncière s'étend, dans cette colonne, jusqu'à la profondeur du dépôt. Les parties du dépôt qui y sont construites deviennent alors parties intégrantes du fonds. L'art. 667 al. 2 CC concrétise ici le principe d'accession : les constructions font partie du sol, sous réserve de restrictions légales ou de droits réels distincts.⁸

⁵ Recueil officiel des arrêts du Tribunal fédéral suisse (ci-après : ATF), ATF 119 Ia 390, consid. 5c-bb et 5d-e ; ATF 132 III 353, consid. 2.1 ; ATF 132 III 689, consid. 4.2. Les ATF sont consultables dans la base « Arrêts principaux (ATF) » du Tribunal fédéral : <https://www.bger.ch/fr/index/juridiction/jurisdiction-inherit-template/jurisdiction-recht/jurisdiction-recht-leitentscheide1954.htm>.

⁶ Loi du 21 mars 2003 sur l'énergie nucléaire (RS 732.1 ; ci-après : LENu), art. 3 let. c et d, art. 31 al. 2 let. a, art. 39, art. 49 al. 2 et 3, art. 51.

⁷ LENu, art. 49 al. 2 et 3.

⁸ CC, art. 642 al. 1 et 2, art. 667 al. 2 ; A. Studer, op. cit., chap. 12.

Cette conclusion doit toutefois rester limitée. Elle vaut pour le fonds du titulaire de l'autorisation et pour l'espace vertical qui s'y rattache. Elle ne permet pas d'annexer, par propagation, le sous-sol situé sous les fonds voisins. La propriété foncière reste bornée horizontalement par les limites du fonds.

IV) Le dépôt sous le fonds d'autrui

A) Les cavernes profondes

Un dépôt géologique profond s'étendra vraisemblablement au-delà de la parcelle supportant les installations principales. Les cavernes et galeries pourront se trouver sous les parcelles de voisins. Cette situation oblige à inverser la question : le voisin possède-t-il, à cette profondeur, un droit que l'ouvrage viendrait violer ?

La réponse dépend encore de l'art. 667 al. 1 CC. Le voisin ne peut invoquer l'action négatoire que si sa propriété s'étend jusqu'au volume touché. À plusieurs centaines de mètres, un intérêt positif actuel à utiliser l'espace sera difficile à établir. L'intérêt futur n'est pas exclu, car les techniques évoluent et les usages du sous-sol se multiplient. Mais il doit être vraisemblable dans un avenir proche et juridiquement possible. Or les cavernes de stockage sont précisément entourées d'une zone de protection, dont le but est d'exclure les interventions qui pourraient compromettre la sûreté du dépôt.⁹

Reste l'intérêt négatif. Le propriétaire peut-il dire : même si je ne veux pas utiliser cette profondeur, je veux empêcher qu'un ouvrage s'y trouve ? La doctrine discute la portée de cet intérêt. Si toute activité profonde pouvait fonder un intérêt négatif et faire « descendre » la propriété jusqu'à l'ouvrage contesté, la distinction entre propriété et voisinage deviendrait incertaine. Il paraît donc préférable de rattacher l'action négatoire aux atteintes directes ou aux effets concrets sur l'usage du fonds. Pour les cavernes profondes d'un dépôt autorisé, de telles atteintes ne devraient pas se produire.¹⁰

B) Les immissions et le droit de voisinage

Les droits de voisinage peuvent jouer un rôle complémentaire. Les art. 679, 684 et 685 CC protègent contre les immissions excessives, y compris matérielles ou idéelles. Il est concevable, en théorie, d'attribuer à la parcelle supportant l'accès principal les effets qui proviendraient du dépôt souterrain, même si la source matérielle se situe hors des limites cadastrales de cette parcelle. La jurisprudence admet en effet, dans d'autres contextes, que l'immission puisse être rattachée à l'usage d'un fonds lorsque le lien de causalité adéquate existe.¹¹

Dans le cas du dépôt, cette voie devrait rester exceptionnelle. Si l'installation remplit les exigences de sûreté, il n'est pas attendu que des rayonnements ionisants atteignent la surface dans une mesure dépassant le niveau naturel ou juridiquement significative. Les vibrations ou autres effets liés à la construction peuvent certes être envisagés, mais ils relèveront plutôt de la phase de chantier ou des accès de surface. Les immissions provenant des installations de surface, du trafic, du conditionnement ou des travaux devront être évitées ; lorsqu'elles sont inévitables et admissibles, les droits de voisinage peuvent, le cas échéant, être expropriés.

⁹ LENU, art. 14 al. 1 let. f ch. 2 et art. 40.

¹⁰ CC, art. 641 al. 2, A. Studer, op. cit., chap. 12.

¹¹ CC, art. 679, 684 et 685 ; ATF 145 I 250 ; ATF 142 II 136.

C) Le tunnel d'accès

Le tunnel d'accès illustre la variation de la réponse selon la profondeur. Au départ de la rampe, il peut traverser un sous-sol peu profond sous des parcelles voisines. Dans cette zone, l'intérêt du propriétaire à préserver son sous-sol est normalement reconnu : constructions, fondations, aménagements, canalisations ou usages énergétiques sont suffisamment proches de l'usage ordinaire du fonds. L'ouvrage constitue alors une atteinte directe au droit de propriété.

La solution est classique : il faut acquérir le droit nécessaire. Selon la configuration, il pourra s'agir d'une servitude de subâtiment souterrain, d'un droit de superficie, d'un achat de terrain ou d'une expropriation. Le droit nucléaire ne supprime pas cette exigence de droit réel ; il offre surtout une procédure et une base d'expropriation lorsque l'intérêt public du projet le justifie.¹²

D) La tête de puits

La tête de puits, lorsqu'elle se situe sur un fonds appartenant à un tiers, ne pose pas une difficulté de profondeur. Elle est une occupation directe du sol. Le propriétaire peut la repousser par l'art. 641 al. 2 CC, sauf titre contraire. Le titulaire de l'autorisation doit donc obtenir l'accord du propriétaire ou disposer d'un titre imposé, notamment par expropriation. À proximité de la surface, le droit réel reste pleinement opératoire.

V) Le sous-sol public : une zone sans propriétaire privé

À mesure que l'on descend sous les fonds voisins, on quitte sa propriété privée. Le volume qui n'est plus utile à l'exercice de la propriété foncière au sens de l'art. 667 al. 1 CC ne devient pas pour autant un espace sans droit. Il relève du droit public, en particulier du régime des choses sans maître ou du domaine public soumis à la haute police du canton.¹³ La qualification exacte peut être discutée ; l'essentiel est que le propriétaire de surface n'en est plus propriétaire au sens du Code civil.

Cette qualification entraîne deux conséquences. Premièrement, le voisin ne peut pas transférer au titulaire de l'autorisation un droit qu'il ne possède pas. Une servitude ou un droit de superficie ne peuvent porter que sur un droit existant. Deuxièmement, si l'utilisation du sous-sol public est exclusive et durable, le droit public cantonal exigerait normalement une concession ou un titre analogue. Historiquement, ce titre pouvait aussi servir de base à l'attribution de la propriété des ouvrages construits dans le domaine public.

La LENu a volontairement écarté cette voie pour les installations nucléaires : aucune autorisation ni aucun plan relevant du droit cantonal n'est requis.¹⁴ Cette solution répond à un objectif évident. Un dépôt de déchets radioactifs est un projet d'intérêt national ; il ne doit pas dépendre d'une concession cantonale dont le refus pourrait bloquer l'ensemble du système d'évacuation. Mais cette simplification a un prix : elle supprime le fondement traditionnel permettant de dire que le concessionnaire devient propriétaire des ouvrages qu'il réalise dans le domaine public.

¹² CC, art. 674, 675 et 779 ss ; LENu, art. 51.

¹³ CC, art. 664 ; ATF 119 Ia 390, consid. 5d-e.

¹⁴ LENu, art. 49 al. 2 et 3.

VI) Qui est propriétaire de l'ouvrage profond ?

La question devient alors centrale. Pour les parties du dépôt construites sous le fonds du titulaire de l'autorisation, la réponse est fournie par l'accession. Pour les parties construites dans le sous-sol public, la réponse n'est pas directement donnée. Le titulaire de l'autorisation ne devient pas propriétaire du sous-sol public par occupation. Il ne reçoit pas non plus, en droit cantonal, une concession qui lui attribuerait la propriété des ouvrages. Enfin, la LENu ne contient pas de disposition disant expressément que la propriété du dépôt revient au titulaire de l'autorisation de construire.

Cette absence crée une tension avec l'art. 20 al. 1 let. a LENu. L'autorisation d'exploiter n'est accordée que si le requérant est propriétaire de l'installation nucléaire.¹⁵ Pour les installations ordinaires, la condition ne pose guère de problème : le propriétaire de l'installation et le titulaire des autorisations coïncident. Pour un dépôt géologique profond, la condition devient délicate, car l'installation est précisément construite dans un espace dont l'appropriation privée est incertaine.

Une première réponse consiste à interpréter certaines obligations attachées au « propriétaire » comme visant en réalité le titulaire ou l'ancien titulaire des autorisations. Cette méthode peut fonctionner pour des obligations de sûreté, de fermeture ou de responsabilité administrative. Elle ne suffit pas pour l'art. 20 al. 1 let. a LENu : cette disposition veut précisément s'assurer que le requérant à l'exploitation soit propriétaire de l'installation. Elle suppose donc un véritable titulaire du droit de propriété, non une simple substitution terminologique.

Une seconde réponse consiste à traiter le dépôt comme une chose unique. Les galeries, cavernes, puits, accès et installations de liaison forment une unité matérielle, fonctionnelle, économique et nucléaire. Une installation dont les parties ne peuvent être séparées sans détruire ou altérer sa fonction devrait, en principe, suivre un sort juridique unitaire. Les règles sur les parties intégrantes, combinées avec l'accession pour les éléments situés sous le fonds principal, pourraient ainsi conduire à attribuer l'ensemble du dépôt au titulaire de l'autorisation.¹⁶

Cette construction a une force pratique. Elle évite que l'installation nucléaire soit fragmentée entre plusieurs régimes de propriété, voire qu'une partie demeure sans propriétaire clair. Elle respecte aussi l'économie de la LENu, qui présuppose un responsable unique. Mais elle demeure dogmatiquement fragile. Le principe d'accession est conçu pour le rapport entre un fonds et les constructions qui y sont unies ; son extension à un ouvrage qui se déploie dans le sous-sol public demande une analogie. Or une installation nucléaire mérite mieux qu'une analogie fragile.

Conclusion

L'art. 667 al. 1 CC reste un instrument pertinent pour penser la construction du dépôt géologique profond. Il permet de reconnaître la propriété du titulaire sous son propre fonds lorsque l'intérêt positif à construire est manifeste. Il permet également de limiter les droits de défense des voisins lorsque les cavernes se situent à une profondeur à laquelle aucun intérêt

¹⁵ LENu, art. 20 al. 1 let. a.

¹⁶ CC, art. 642 al. 1 et 2, art. 667 al. 2 ; A. Studer, op. cit., chap. 12.

digne de protection n'est établi. Il n'efface toutefois pas les droits des voisins pour les ouvrages proches de la surface, ni les droits de voisinage en cas d'immissions excessives. La véritable difficulté se situe dans le sous-sol public. Le droit nucléaire a voulu simplifier la construction en supprimant les concessions cantonales ; il n'a pas remplacé cette concession par une règle expresse d'attribution de la propriété de l'ouvrage. On peut défendre une qualification unitaire du dépôt, fondée sur les parties intégrantes et l'accession. Cette solution permet de faire fonctionner le système. Mais pour une infrastructure appelée à durer sur plusieurs générations, une clarification législative serait plus convaincante. Elle permettrait de faire coïncider ce que le droit nucléaire suppose déjà : un ouvrage, un propriétaire, un responsable.

L'impact environnemental du démantèlement de la centrale de Fessenheim à travers l'analyse du cycle de vie

Paul ROBINEAU

Postdoctorant, LASIRE – Laboratoire de Spectroscopie pour les Interactions, la Réactivité et l'Environnement, UMR 8516 CNRS - Université de Lille

Nicolas ARBOR

Professeur des universités, IPHC – Institut pluridisciplinaire Hubert Curien, UMR 7178 CNRS - Université de Strasbourg

Gaetana QUARANTA

Maîtresse de conférences HDR, IPHC – Institut pluridisciplinaire Hubert Curien, UMR 7178 CNRS - Université de Strasbourg

Résumé : Cet article présente une synthèse des travaux d'évaluation des impacts environnementaux du démantèlement de la centrale nucléaire de Fessenheim, réalisés dans le cadre du projet CO2InnO en utilisant l'approche de l'analyse du cycle de vie (ACV). Sur le plan radiologique, une étude comparative de l'approche classique d'évaluation des risques avec deux méthodes ACV récemment développées suggère que le démantèlement n'implique pas d'impact sanitaire notable. Dans les conditions les plus défavorables, ce dernier implique une exposition sur 15 ans 400 fois inférieure à l'exposition moyenne annuelle. Le plan de démantèlement initial d'EDF (2020) a permis une étude ACV pilote des activités de démantèlement dans leur globalité. La phase de démolition est majoritaire dans le bilan environnemental (81-85 %), en raison des masses considérées et le processus de découpe des métaux (62-99 % selon l'indicateur). En intégrant des données supplémentaires issues de l'étude d'impact réglementaire publiée par EDF en 2024, plusieurs leviers de réduction des impacts sont comparés : remplacement de la découpe thermique par de la découpe mécanique, conservation des bâtiments non nucléaires et optimisation des transports. La combinaison de ces leviers permettrait de réduire les impacts jusqu'à 68 %, ramenant la contribution du démantèlement à l'empreinte carbone du cycle complet du nucléaire de 9,7 à 3,3 %. Si certains de ces leviers sont aisément actionnables, la conservation des bâtiments se révèle une problématique conditionnée par un cadre juridique encore peu adapté, à la croisée du droit des déchets, des installations nucléaires, et de la gouvernance relative à la reconversion du site.

Mots-clés : Analyse du cycle de vie ; démantèlement nucléaire ; centrale de Fessenheim ; impacts environnementaux ; découpe des métaux ; impacts radiologiques ; CO2InnO

Abstract: This article presents a summary of the studies assessing the environmental impacts of the decommissioning of the Fessenheim nuclear power plant, conducted as part of the CO2InnO project using a life-cycle assessment (LCA) approach. From a radiological perspective, a comparative study of the conventional risk assessment approach with two recently developed LCA methods suggests that decommissioning does not entail any significant health impact. Under the most unfavorable conditions, the exposure over a 15-year period is 400 times lower than the average annual exposure. EDF's initial decommissioning plan (2020) enabled a pilot LCA study covering global decommissioning activities. The demolition phase accounts for the largest share of the environmental impact (81-85%), driven by the mass flows considered and the metal cutting process (62-99% depending on the indicator). By incorporating additional data from the regulatory impact study published by EDF in 2024, several levers for reducing impacts are compared: replacing thermal cutting with mechanical cutting, preserving non-nuclear buildings, and optimizing transportation. Combining these measures could reduce impacts by up to 68%, lowering the contribution of decommissioning to the carbon footprint of the full nuclear cycle from 9.7% to 3.3%. While some of these levers are easily actionable, the preservation of buildings presents a challenge due to a legal framework that remains ill-suited, at the intersection of waste management law, nuclear facility regulations, and governance related to site conversion.

Keywords: Life cycle assessment; nuclear decommissioning; Fessenheim power plant; environmental impacts; metal cutting; radiological impacts; CO2InnO

I) Introduction

L'industrie nucléaire est le deuxième mode de production d'électricité bas carbone dans le monde, au cœur de controverses historiques alimentées par des types culturels antagonistes de rationalités¹. Indépendamment des débats concernant la poursuite de cette filière industrielle, l'âge avancé de la plupart des réacteurs historiques dans le monde, illustré en **Figure 1**, implique le début d'une vague de démantèlements dans les décennies à venir.

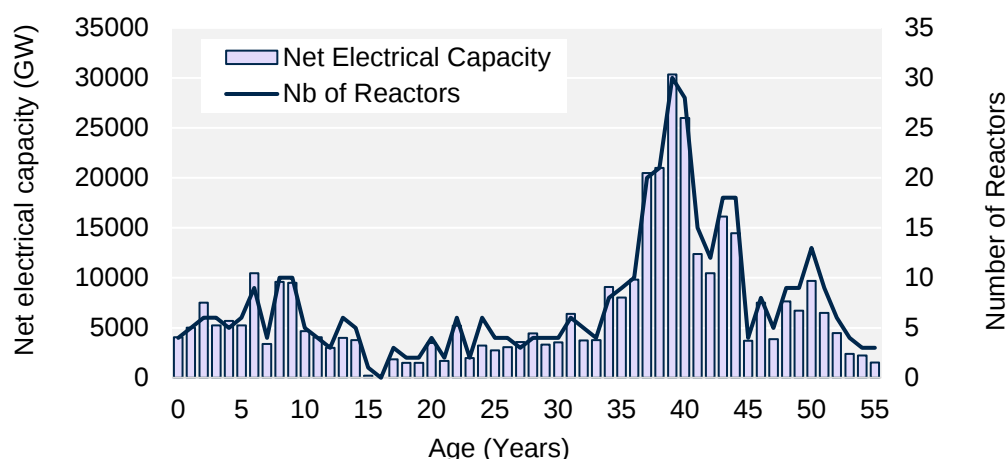


Figure 1 : Évolution du nombre de réacteurs nucléaires mondiaux et de la capacité électrique installée en fonction de l'âge des réacteurs².

Malheureusement, la fin de vie des installations industrielles est un sujet encore peu étudié, la littérature s'étant focalisée sur les enjeux des phases de construction et d'opération³. Cela influence nécessairement le niveau des connaissances concernant les impacts environnementaux, en particulier lorsque quantifiés par l'analyse du cycle de vie (ACV). Avant 2024, deux études spécifiques datant d'une décennie constituaient l'ensemble de la littérature consacrée à l'évaluation des impacts environnementaux du démantèlement d'une centrale nucléaire⁴. Concernant le changement climatique, la première étude (Wallbridge et al.) estimait le démantèlement de la centrale de Trawsfynydd à 241 kt CO₂ eq, soit 3,5 g CO₂ eq par kWh produit par la centrale sur toute sa durée de vie. La seconde étude (Seier & Zimmermann) estimait le démantèlement de la centrale de Lubmin à 1,6 Mt CO₂ eq, soit 11,3 g CO₂ eq par kWh produit. En 2025, une nouvelle étude a mis à jour les travaux de Wallbridge et al.⁵. Kirk et al. ont en effet réévalué le démantèlement de la centrale de Trawsfynydd à 212 kt CO₂ eq, soit 3,1 g CO₂ eq / kWh.

La dispersion importante de ces résultats reflète à la fois les différences de périmètre des études et le manque de données publiques détaillées sur les opérations de démantèlement.

¹ S. van de Graaff, « Understanding the nuclear controversy: An application of cultural theory », *Energy Policy*, 97, 2016, pp. 50–59, [DOI](#).

² IAEA, « World statistics: Age distribution, Power Reactor Information System database », Power Reactor Information System database, 2024, [URL](#).

³ D.C. Invernizzi et al., « Developing policies for the end-of-life of energy infrastructure: Coming to terms with the challenges of decommissioning », *Energy Policy*, 144, 2020, p. 111677, [DOI](#) ; D.C. Invernizzi, G. Locatelli, N.J. Brookes, « Characterising nuclear decommissioning projects: an investigation of the project characteristics that affect the project performance », *Construction Management and Economics*, 38(10), 2020, pp. 947–963, [DOI](#).

⁴ C. Wallbridge, D. Banford, A. Azapagic, « Life cycle environmental impacts of decommissioning Magnox nuclear power plants in the UK », *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(5), 2013, pp. 990–1008, [DOI](#) ; M. Seier, C. Zimmermann, « Environmental impacts of decommissioning nuclear power plants: methodical challenges, case study, and implications », *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(12), 2014, p. 1919–1932, [DOI](#).

⁵ J. Kirk, C. Lausset, D. Banford, I. Hertwich, « Life cycle assessment update of UK nuclear power plant decommissioning », *Environmental Impact Assessment Review*, 113, 107880, 2025, [DOI](#).

Il en résulte que les études ACV évaluant le cycle de vie complet de la filière nucléaire ont jusqu'ici considéré la phase de démantèlement par extrapolation simplifiée de la phase de construction, un choix dont la pertinence était postulée et non démontrée. Selon les études, le démantèlement peut alors représenter 10 à 15 % du cycle complet. En France, l'étude la plus récente d'EDF⁶ menée par Le Boulch et al. a estimé le poids du démantèlement à environ 3 % du cycle complet, ce dernier valant au total 3,7 [2,9-4,6] g CO₂ eq / kWh. Nos propres résultats, présentés ci-après, permettront de nuancer et contextualiser ces estimations.

Notons que les centrales françaises sont d'un haut degré de standardisation en raison de la configuration socio-historique particulière de la flotte française : un acteur industriel centralisé accompagné d'un programme étatique de construction intensif. De ce fait, le démantèlement du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Fessenheim, fermé en 2020, constitue un « laboratoire » pour les futurs démantèlements français, et bénéficie d'un haut degré d'attention sociale comme scientifique, notamment au sein de l'Observatoire Hommes-Milieus (OHM) Fessenheim.

C'est dans ce contexte que s'est inscrit le projet européen transfrontalier CO2Inno (Interreg Rhin Supérieur, 2021-2027), un laboratoire vivant (*living lab*) explorant divers aspects de la transition énergétique à l'échelle locale du Rhin Supérieur. Nous nous sommes intéressés à l'évaluation environnementale de cette transition pour aider à la décision publique, compenser l'absence d'obligation légale de publication de ce type d'étude par EDF, et étudier de possibles scénarios alternatifs de transition industrielle. L'évaluation des impacts environnementaux du démantèlement du CNPE ont fait l'objet d'une ACV pilote (Iguider et al.)⁷ ; les impacts radiologiques ont fait l'objet d'une étude comparative spécifique (Robineau et al.)⁸. Le présent article reprend donc le fil de l'intervention présentée aux 8^e entretiens du Grillenbreit (21 novembre 2025), qui avait pour but premier d'articuler l'ensemble de ces résultats dans une perspective didactique. Les résultats des études originales sont ensuite étendus par divers calculs considérant l'ajout de la phase de pré-démantèlement ou explorant des hypothèses de démantèlement alternatives, selon les mises à jour de données possibles.

II) Principes de l'analyse du cycle de vie

A) Méthodologie générale

L'analyse du cycle de vie (ACV, ou LCA pour l'acronyme anglais *Life Cycle Assessment*) est une méthode d'évaluation des impacts environnementaux applicable à tout système, produit ou service. Elle se distingue par son caractère multicritère et quantitatif, ainsi que son caractère normé (ISO 14040/44). L'ACV s'est imposée comme une méthode de référence par sa capacité à allouer des impacts à une fonction remplie selon l'ensemble des processus intervenant dans le cycle de vie complet du système étudié, c'est-à-dire : de l'extraction des matières premières au traitement des déchets. Elle permet ainsi de comparer des propositions de réduction des

⁶ D. Le-Boulch, V. Morisset, Z. Jobard, A. Burguburu, M. M. Czyrnek-Delêtre, « Life cycle assessment of nuclear power in France: EDF case study », *EPJ Nuclear Sciences & Technologies*, 10(8), 2024, [DOI](#).

⁷ M. Iguider, P. Robineau, M. Kozderka, M. Boltoeva, G. Quaranta, « Life cycle assessment of an upcoming nuclear power plant decommissioning: the Fessenheim case study from public data », *International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(7), 2024, [DOI](#).

⁸ P. Robineau, M. Boltoeva, N. Arbor, G. Quaranta, « Radiological Impact of the Fessenheim Nuclear Power Plant Decommissioning Through Prospective Life-Cycle and Risk Assessment Approaches », *Science of the Total Environment*, 974, 179200, 2025, [DOI](#).

impacts de façon exhaustive, en vérifiant qu'une diminution d'impact dans une catégorie environnementale ne se paie pas d'une augmentation d'impact dans une autre.

La démarche ACV consiste en quatre phases itératives : la définition des objectifs et du périmètre de l'étude ; la réalisation de l'inventaire du cycle de vie ; le calcul des scores d'impact ; l'interprétation des résultats. L'unité fonctionnelle est le référentiel central quantifié de l'étude : c'est la fonction remplie par le système, à laquelle tous les flux sont rapportés. Dans notre cas, l'unité fonctionnelle est « 1 démantèlement complet de la centrale nucléaire de Fessenheim ».

B) Calcul des impacts environnementaux

Pour chaque catégorie d'impacts, une méthode de calcul d'impact associe un facteur de caractérisation CF à chaque substance i extraite ou émise dans un compartiment environnemental e , tel que :

$$CF_i^e = FF_i^e \cdot XF_i^e \cdot EF_i^e$$

où FF (*fate factor*) modélise le devenir de la substance dans l'environnement, XF (*exposure factor*) le niveau d'exposition qui en découle, et EF (*effect factor*) son effet. Un schéma illustratif de cette approche pour les impacts radiologiques est donné en **Figure 2**.

Pour une catégorie d'impact donnée, le score d'impact total I est la somme pondérée des facteurs de caractérisation et des quantités M (*amounts*) émises ou extraites :

$$I = \sum CF_i^e \cdot M_i^e$$

Dans nos travaux, nous avons utilisé la méthode la méthode CML-IA baseline dans l'étude ACV pilote, pour comparaison avec les deux études initiales de Wallbridge et al. ainsi que Seier & Zimmermann. Les catégories d'impact retenues étaient : changement climatique, épuisement des ressources abiotiques fossiles, toxicité humaine, écotoxicité terrestre et en eau douce. Pour les impacts radiologiques, nous avons sélectionné les méthodes UCrad et CGM, récemment développées par Paulillo et al.⁹ pour corriger le manque d'intérêt de la communauté ACV pour cette catégorie d'impacts¹⁰.

⁹ A. Paulillo, R. Clift, J. M. Dodds, A. Milliken, S. J. Palethorpe, P. Lettieri, « Radiological impacts in Life Cycle Assessment. Part I: General framework and two practical methodologies », *Science of The Total Environment*, 708, pp. 135179, 2020, [DOI](#) ; A. Paulillo, R. Clift, J. M. Dodds, A. Milliken, S. J. Palethorpe, P. Lettieri, « Radiological impacts in Life Cycle Assessment – Part II: Comparison of methodologies », *Science of The Total Environment*, 708, pp. 134712, 2020, [DOI](#).

¹⁰ A. Paulillo, R. Clift, J. M. Dodds, A. Milliken, S. J. Palethorpe, P. Lettieri, « Radiological impact assessment approaches for Life Cycle Assessment: a review and possible ways forward », *Environmental Reviews*, 26(3), pp. 239-254, 2018, [DOI](#).

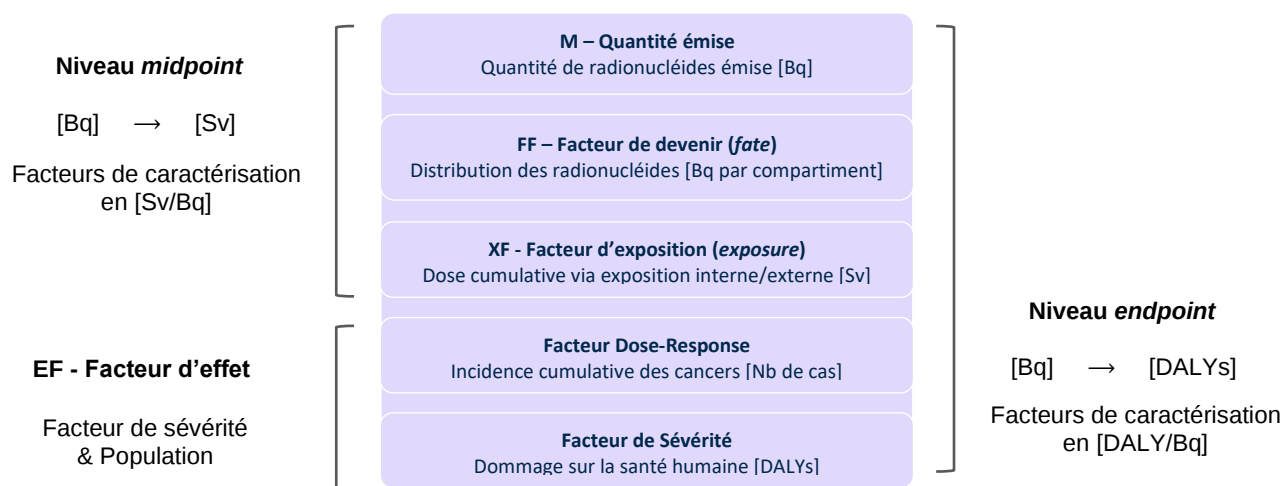


Figure 2 : Illustration du framework définissant les composantes permettant de construire une caractérisation des impacts en LCA, ici pour le cas des impacts radiologiques sur la santé humaine. La caractérisation peut par exemple être réalisée au niveau *midpoint* – risque, en Sievert (Sv) – ou au niveau *endpoint* – dommage, en Disability-Adjusted Lost Years (DALYs).

III) Impacts radiologiques du démantèlement

A) Données et périmètre de l'étude

Les émissions radioactives du démantèlement constituent en effet une préoccupation spécifique, qui nécessite des méthodes d'évaluation adaptées. Dans son étude d'impact, réalisée dans le cadre de la procédure d'enquête publique menant à l'obtention du décret d'autorisation au démantèlement¹¹, EDF a employé l'approche réglementaire d'évaluation des risques (ER). Évaluer les impacts radiologiques selon l'approche ACV, en utilisant les deux méthodes de calcul d'impact – UCrad et CGM – mentionnées précédemment, présentait plusieurs intérêts. Tout d'abord, ces méthodes récentes n'avaient encore jamais été appliquées à un cas d'étude. Ensuite, leur ressort de modélisation est différent, ce qui enrichit l'interprétation des résultats.

UCrad est une méthode d'évaluation de l'impact radiologique modélisant le devenir des radionucléides au moyen d'un modèle à compartiments environnementaux imbriqués, qui permet de décrire la dispersion des émissions de polluants dans l'environnement. Elle est donc construite comme un pendant radiologique à USEtox, un modèle de caractérisation de toxicité et écotoxicité (non-radiologique). Construit par consensus et issu des travaux initiés de l'UNEP (*United Nations Environment Program*) et la SETAC (*Society for Environmental Toxicology and Chemistry*) dans le cadre de la *Life Cycle Initiative*, USEtox est aujourd'hui largement utilisé. Ces deux méthodes sont conçues pour donner des résultats moyens globaux permettant la comparaison de technologies. À l'inverse, CGM modélise le devenir des radionucléides via une dispersion gaussienne du panache d'émission, pour évaluer l'exposition de « groupes critiques » d'êtres humains, supposés présents à des distances spécifiques de l'émission initiale. CGM s'inspire donc de la modélisation analytique des études ER et produit des résultats destinés à des évaluations à l'échelle d'un site industriel, dans le cadre d'un examen

¹¹ EDF, « Item 7 : Étude d'impact du démantèlement », Division de l'Ingénierie du Parc et De l'Environnement – Direction des Projets Déconstruction et Déchets. Dépôt réglementaire de l'opérateur pour le décret d'autorisation au démantèlement de l'INB 75 Fessenheim.

générique préalable à une étude approfondie. Le cas de Fessenheim permet donc de comparer des résultats ER obtenus par EDF avec les résultats obtenus par CGM.

Pour ce qui relève spécifiquement du démantèlement de Fessenheim, nous avons utilisé les données annualisées d'émissions radioactives prévues par l'étude d'impact réglementaire EDF de 2024, qui couvre 12 années de démantèlement, comme présenté en **Figure 3**. En particulier, nous nous sommes appuyés sur l'analyse des Annexes 1 et 5 (« Effluents radioactifs » et « Population et santé humaine »). Les principales sources d'émissions sont l'exploitation régulière du site, qui intègre la vidange des piscines des bâtiments combustibles et réacteurs, ainsi que la découpe des métaux. Les émissions radioactives sont dominées par trois radionucléides clés : le tritium (^3H), le carbone-14 (^{14}C) et le cobalt-60 (^{60}Co).

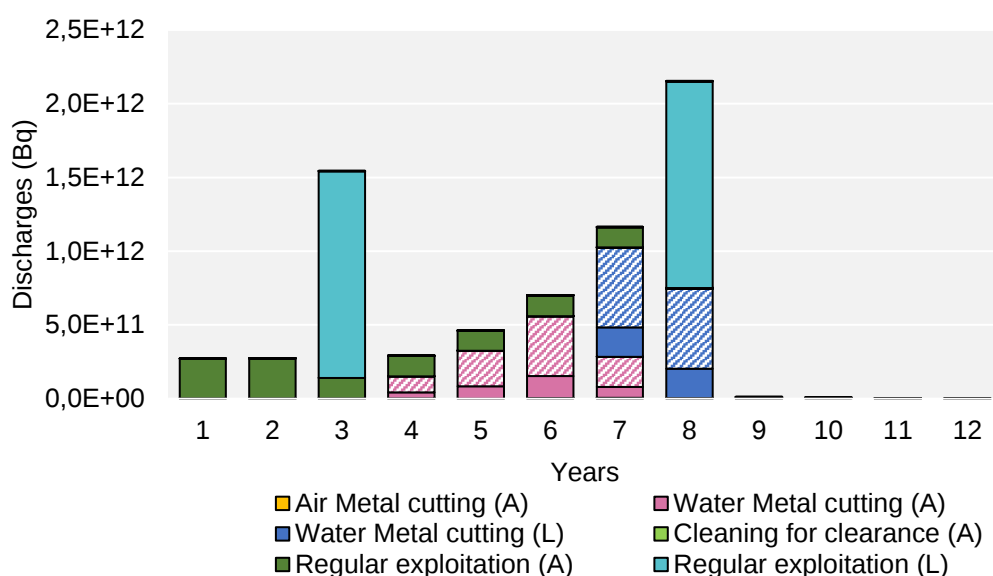


Figure 3 : Inventaire annualisé des différentes émissions radioactives du démantèlement de Fessenheim, par processus et par radionucléide. Couleurs pleines : ^3H . Hachures : ^{14}C . Les autres émissions (β/γ) sont en quantités trop basses pour être visibles sur le graphique¹².

B) Résultats et recommandations méthodologiques

Les résultats montrent que les trois radionucléides principalement émis (^3H , ^{14}C , ^{60}Co) sont aussi systématiquement dominants en termes d'impact radiologique, et cela pour l'ensemble des méthodes et approches comparées, fait illustré en **Tableau 1**. Au niveau de l'estimation de dose totale reçue par le public sur 15 ans (niveau *midpoint* ou risque), le scénario le plus défavorable (population riveraine) conduit à une exposition de 11,6 μSv , soit environ 400 fois moins que l'exposition annuelle moyenne de 4,5 mSv en France¹³. Ces résultats incitent à conclure que les émissions radioactives du démantèlement de Fessenheim, telles que prévues par EDF, ne constituent pas un risque sanitaire significatif.

¹² Adapté de Robineau et al. 2025, *loc. cit.*

¹³ ASNR, « Exposition de la population française à la radioactivité », Pole Santé-Environnement, Direction de l'environnement, 2021, IRSN/2021-00108, 2021, [URL](#).

Tableau 1 : Impacts radiologiques totaux du démantèlement du CNPE Fessenheim et contributions relatives des radionucléides.

Méthode	Contributions relatives (%)			Total (Sv)
	Tritium-3	Carbone-14	Cobalt-60	
ER (EDF 2024)	0,66-1,23	91,23-94,53	4,22-7,63	$1,77 \cdot 10^{-6}$
CGM 1 km	2,04	87,36	9,98	$1,16 \cdot 10^{-5}$
CGM 100 km	1,44	1,22	97,31	$4,64 \cdot 10^{-7}$
CGM 1000 km	1,42	0,02	98,54	$4,56 \cdot 10^{-7}$
CGM 10 000 km	0,17	$5 \cdot 10^{-4}$	99,82	$4,22 \cdot 10^{-7}$
UCrad	18,94	48,04	32,86	$1,66 \cdot 10^{-10}$

D'un point de vue méthodologique, la comparaison des approches ACV et ER met en évidence deux résultats importants :

- La méthode CGM tend à surestimer systématiquement les impacts par rapport à l'approche ER, avec un ratio pouvant atteindre 6,5 pour la distance de 1 km. Cette surestimation s'explique principalement par la différence de modélisation de la distance émission-exposition : l'étude réglementaire évalue l'impact sur la population de Fessenheim (à 2-3 km du CNPE), tandis que CGM se base sur des populations fictives à distance fixe. Autrement dit, le résultat le plus défavorable présenté au paragraphe précédent est probablement une surestimation. Nous identifions donc le besoin de facteurs de caractérisation régionalisés et en particulier d'une meilleure modélisation du compartiment environnemental « eau douce », qui ne prend actuellement pas en compte d'effet de dilution après émission.
- L'évaluation d'une activité s'étendant dans le temps, comme le démantèlement d'une centrale nucléaire (15 ans minimum), nécessite la prise en compte de la variation temporelle de la population exposée. Nous montrons que l'utilisation de facteurs de caractérisation statiques – plutôt qu'ajustés dynamiquement pour chaque année – conduit à sous-estimer de 17 à 21,8 % les impacts au niveau *endpoint* / dommage. Ce résultat a d'ailleurs une portée méthodologique générale au-delà des impacts radiologiques. Dès lors que l'activité étudiée s'étend sur plusieurs années, toute étude ACV prospective ou rétrospective des impacts sur la santé humaine présente une forte sensibilité aux valeurs de population considérées affectées par la modélisation.

C) Limites notables

L'ACV ne permet pas d'évaluer l'exposition sur site, et donc les conséquences sanitaires pour les personnes travaillant sur le chantier. De plus, ni l'approche ACV ni l'approche ER ne prennent bien en compte l'ensemble de la radioactivité émise dans l'enchaînement des décompositions des radionucléides. La manière dont ces limites influencent les résultats sont difficilement quantifiables.

De plus, l'étude d'impact EDF, qui fournit l'inventaire de base pour les calculs, ne couvre que le démantèlement tel que défini par la loi. Ainsi, ne sont pas prises en compte les opérations de pré-démantèlement ni la gestion des différents déchets à leur site d'entreposage ou de stockage. Or, d'après EDF même, cette phase de pré-démantèlement amène au retrait de 99,9% de la radioactivité présente initialement sur le site, notamment via l'évacuation du

combustible neuf ou usé, la vidange et décontamination de divers circuits, etc¹⁴. Une évaluation complète nécessiterait donc l'ajout des éventuelles émissions atmosphériques et liquides réalisées durant le pré-démantèlement. Sans être aussi détaillées que dans l'étude d'impact, certaines données sont accessibles via les rapports environnementaux mensuels et annuels publiés par EDF¹⁵. En se limitant à ¹⁴C, radionucléide très majoritairement contributeur aux impacts pour la majorité des méthodes, on peut partiellement estimer l'impact non comptabilisé dans les résultats présentés en section précédente. Sur la période 2020-2024, le pré-démantèlement a mené au rejet d'effluents atmosphériques de ¹⁴C équivalents à $4,1 \cdot 10^{11}$ Bq, et $1,41 \cdot 10^{12}$ Bq pour les effluents liquides. Soit, respectivement, une quantité équivalente à environ 25 % et 0,003% des émissions planifiées pour le démantèlement. Inversement, on peut constater que sur cette période, Les rejets de ¹⁴C ont représenté une quantité entre 5 et 18 % des rejets tels qu'anticipés d'une année sur l'autre – sans doute en raison d'estimations de sécurité conservatives. Ces tendances de surestimations semblent avoir été adoptées pour les estimations des rejets pour le démantèlement, l'étude d'impact d'EDF rapportant régulièrement l'application de coefficients de sécurité de 50 à 100 %. Ainsi, la part non comptabilisée du pré-démantèlement dans nos résultats pourrait bien être *in fine* compensée par l'utilisation d'un inventaire surestimé.

IV) ACV pilote d'ensemble du démantèlement de la centrale de Fessenheim

A) Frontières du système

Notre étude ACV pilote s'est fondée sur les données du plan de démantèlement initial d'EDF (version de 2020, mis à jour en 2024). Le périmètre du système recouvre les grandes étapes du démantèlement (point de vue légal), à l'exception la réhabilitation des sols :

- Le démantèlement électro-mécanique (découpe de métaux, déconstruction de structures en béton, conditionnement des déchets radioactifs)
- L'assainissement (découpe de métaux, décontamination, conditionnement des déchets radioactifs)
- La démolition (déconstruction générale, découpe de métaux)
- Le transport des déchets conventionnels et radioactifs vers les centres de traitement et de stockage appropriés

Comme précédemment, le pré-démantèlement n'est pas pris en compte. Cette période de 5 ans a pourtant comporté de nombreuses activités, que les études futures devraient considérer pour une évaluation plus complète de la fin de vie d'une centrale nucléaire. Outre les processus mentionnés dans la section précédente, le pré-démantèlement a en effet été l'occasion de réaménager le bâtiment salle des machines en installation de découpage et zone de transit, d'évacuer les générateurs de vapeur usés, etc.

La masse totale de déchets produits par le démantèlement est estimée à environ 405 000 tonnes, dont 385 000 tonnes de déchets conventionnels et 20 650 tonnes de déchets radioactifs. Les déchets conventionnels comprennent principalement du béton (291 000 t) et

¹⁴ EDF, « Item 3 : Plan de démantèlement », Division de l'Ingénierie du Parc et De l'Environnement – Direction des Projets Déconstruction et Déchets. Dépôt réglementaire de l'opérateur pour le décret d'autorisation au démantèlement de l'INB 75 Fessenheim.

¹⁵ EDF, « La préparation au démantèlement de la centrale nucléaire de Fessenheim », [URL](#).

des métaux (86 000 t), ainsi que des déchets de matériaux divers (8 000 t). La composition des déchets radioactifs est plus équilibrée, avec une majorité de déchets métalliques (11 300 t) et l'autre moitié composée pour moitié de déchets bétons et déchets divers. Ces déchets radioactifs représentent une part minoritaire de la masse produite totale mais font l'objet d'un conditionnement spécifique et doivent parcourir des distances de transport importantes (entre 300 et 400 km) selon leur centre de stockage ou d'entreposage.

B) Principaux résultats

1) Répartition générale des impacts entre les étapes du démantèlement

La première observation est la domination écrasante de la phase de démolition sur les autres activités effectuées *sur site* : elle représente entre 85,1 % et 86,9 % des impacts selon la catégorie d'impact considérée (épuisement abiotique, changement climatique, toxicité humaine, écotoxicité aquatique et terrestre). Les phases de démantèlement électromécanique et d'assainissement ne contribuent qu'à hauteur de 1,2-1,5 % et 11,7-13,4 % respectivement. Malgré une masse 32 fois inférieure à celle des déchets conventionnels, les déchets radioactifs représentent 64 à 87 % des impacts liés au transport (selon la catégorie d'impact), en raison des paramètres mentionnés précédemment : un conditionnement spécifique et d'importantes distances de transport. Le transport reste cependant une faible contribution aux impacts *globaux* du démantèlement (2,3 à 5,3 %), comme illustré en **Figure 4**.

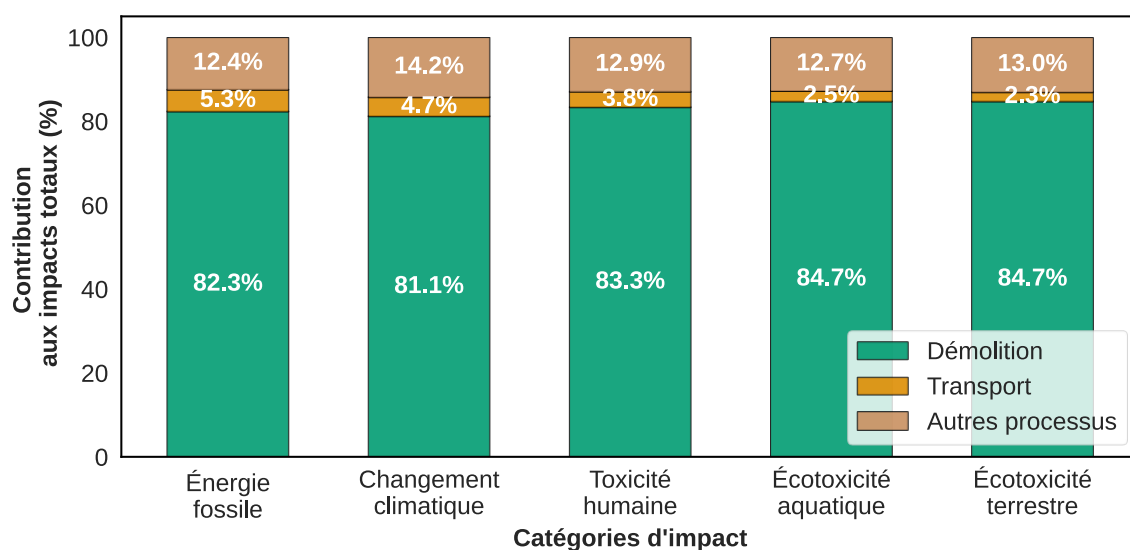


Figure 4 : Contributions à l'impact total d'après le modèle utilisé dans l'ACV pilote (Iguyer et al.). Démantèlement électromécanique et assainissement sont regroupés dans la catégorie « Autres processus ».

2) Contributions des activités sur site : la découpe des métaux comme processus clé

En décomposant les résultats par processus élémentaire au sein de chaque étape, la découpe des métaux s'impose comme le processus clé, quelle que soit l'étape considérée et quel que soit l'indicateur d'impact. Si l'on considère les activités *sur site*, comme en **Figure 5** : dans la phase de démantèlement, la découpe des métaux représente 91,1 % de l'impact

« consommation d'énergie fossile » et 79,0 % de l'impact « changement climatique ». Pour la phase d'assainissement, ces proportions atteignent 75,3 % et 62,6 % respectivement, tandis que pour la phase de démolition, elles s'élèvent à 96,0 % et 96,5 %.

Ce résultat s'explique par le fait que l'activité de découpe des métaux est modélisée comme utilisant uniquement des méthodes de découpe thermique (oxy-acétylène ou plasma). Cette opération embarque alors une forte consommation de gaz industriels, dont les impacts environnementaux de production sont relativement élevés. En particulier, la production d'oxygène représente entre 60 et 70 % des impacts de la découpe de métaux.

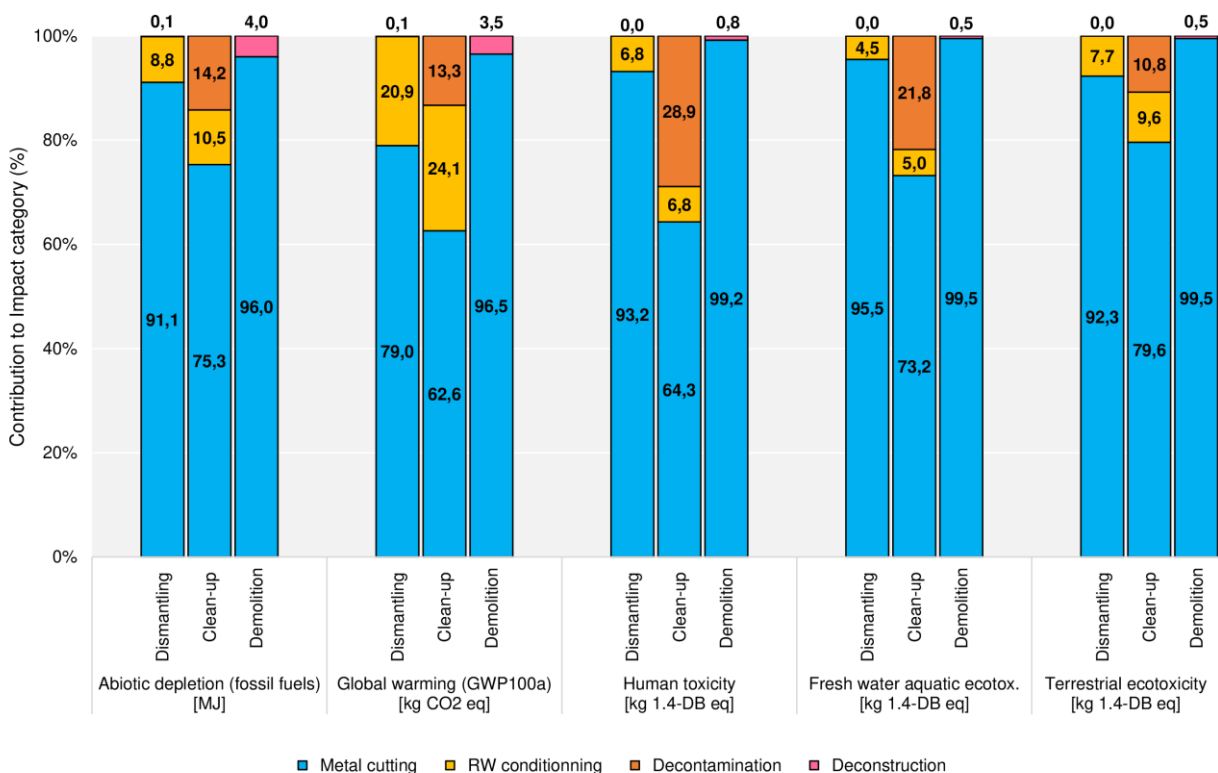


Figure 5 : Contribution relative des processus pour chaque étape du démantèlement *sur site* : démantèlement électromécanique (*dismantling*), assainissement (*clean-up*), et démolition¹⁶.

C) Limites notables

En raison des données limitées disponibles au moment de la réalisation de cette ACV pilote, le démantèlement a principalement été modélisé par reconstruction des processus à partir des quantités de déchets produits. Ainsi, un certain nombre d'émissions *directes* des opérations (rejets atmosphériques de poussières, rejets liquides de produits chimiques et métaux) ne sont pas prises en compte. Une future ACV complète et adoptant une méthode prospective rigoureuse devrait modéliser ces rejets à partir de l'étude d'impact EDF dédiée en plus de considérer l'étape de pré-démantèlement.

¹⁶ Igudier et al. 2024, *loc. cit.*

V) Potentiels de réduction des impacts

A) Remplacer la découpe thermique par de la découpe mécanique

Étant donné le rôle déterminant de la découpe des métaux, nous avons logiquement étudié l'effet du remplacement progressif de la découpe thermique par de la découpe mécanique (scie, cisaille, presse hydraulique). La découpe mécanique est modélisée comme pouvant être réduite à une consommation d'électricité adaptée. En faisant varier la proportion de découpe thermique de 100 % à 0 %, les résultats montrent une relation de quasi-correspondance entre cette proportion et les impacts environnementaux, tous indicateurs confondus – **Figure 6**.

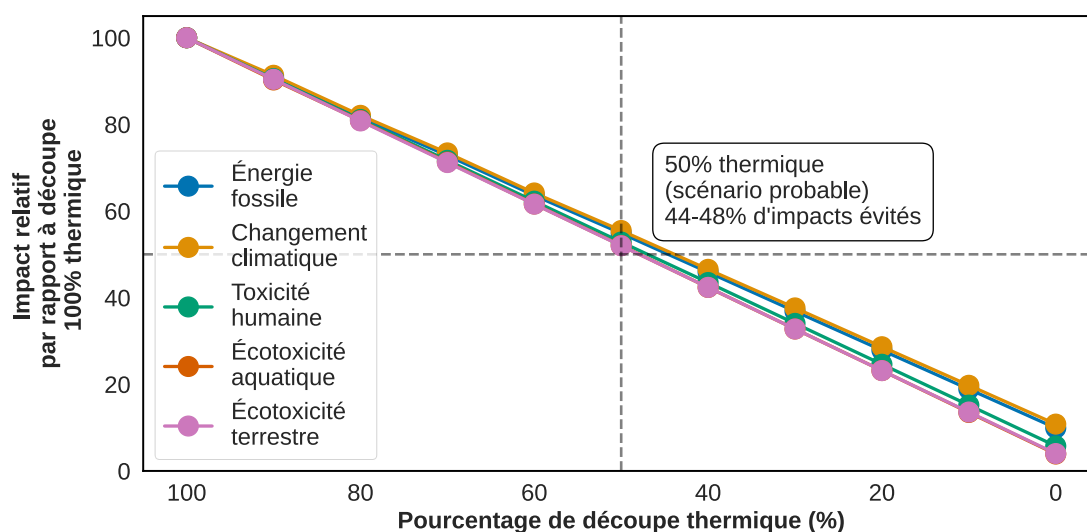


Figure 6 : Évolution des impacts totaux du démantèlement, normalisée par rapport au cas d'un taux 100 % de découpe thermique¹⁷.

L'étude d'impact publiée par EDF en 2024 indique le choix de privilégier la découpe mécanique. Notre analyse des tableaux de données contenus dans cette étude nous permet d'estimer un taux de découpe thermique prévu d'environ 50 %. Dans ce cas, les impacts évités par rapport à notre estimation initiale atteindraient 44 à 48 % selon la catégorie d'impact considérée. Dans le cas extrême d'une découpe 100 % mécanique (scénario peu probable), les impacts seraient réduits de 89 à 96 %.

B) Importance relative des différents leviers de réduction des impacts

Il est possible d'adopter une perspective moins techno-centrée. Considérant que la démolition représente 81 à 85 % des impacts totaux du démantèlement (**Figure 4**), il convient de s'interroger sur les possibilités d'éviter cette activité. Un certain nombre de bâtiments seront nécessairement démolis : 1 bâtiment salle des machines, 2 bâtiments combustible, 2 bâtiments de connexion, 1 bâtiment nucléaire auxiliaire, 2 bâtiments réacteurs. Le site comporte cependant un certain nombre d'autres bâtiments (administratifs, accueil, cantine, etc), qui représentent environ 76 % de la surface occupée – estimation via *Open Street Map*.

¹⁷ À partir des résultats de Iguider et al. 2024, *loc. cit.*

Leur hauteur peut représenter entre un cinquième et la moitié de la hauteur des bâtiments nécessairement démolis. En postulant une construction et une densité effective ρ comparable quels que soient les bâtiments, on peut établir l'approximation suivante :

$$\frac{M_d}{M_a} = \frac{A_d \cdot h_d}{A_a \cdot h_a} \quad h_d = k \cdot h_a$$

Avec :

- A_d et h_d : surface au sol et hauteur des bâtiments nécessairement démolis
- A_a et h_a : surface au sol et hauteur des autres bâtiments
- $V = A \cdot h$: volume approximatif
- $M = V \cdot \rho$: masse approximative

En prenant $A_d = 0.24$; $A_a = 0.76$; $k = 2-5$, on obtient alors $M_d = 38.7-61.2$ % de la masse totale. Ainsi, en corrigeant l'impact du processus de démolition par ce facteur M_d , on peut estimer que la masse de déchets potentiellement non démolie constitue un potentiel d'impacts évités correspondant à 31-52 % du total obtenu via l'ACV pilote, comme illustré en **Figure 7**.

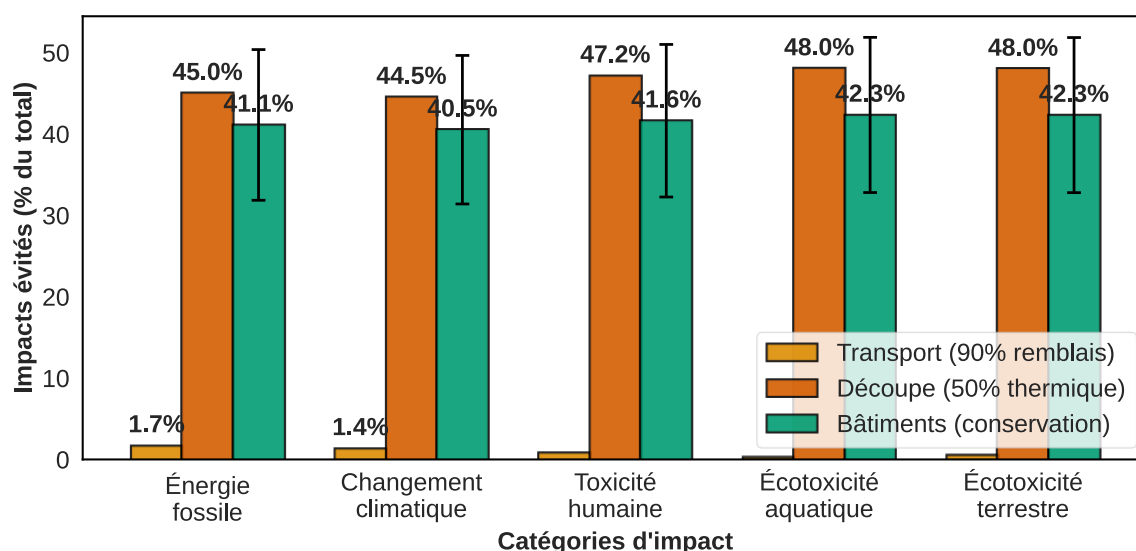


Figure 7 : Comparaison des leviers d'optimisation selon les impacts potentiellement évités par rapport au scénario de base.

En revanche, l'optimisation du transport des déchets conventionnels apparaît comme un levier marginal. Le transport conventionnel ne représente que 0,3 à 2 % des impacts totaux dans notre ACV pilote. Même en tenant compte de la mise à jour d'EDF de son plan de démantèlement en 2024, où il est explicitement annoncé que 90 % des déchets conventionnels resteraient sur site pour servir de remblais, les impacts évités via la réduction des transports ne dépassent pas 3 % du total. Les efforts d'optimisation environnementale ne devraient donc pas se focaliser sur ce point.

C) Combinaison des leviers : une réduction substantielle possible

Les trois leviers identifiés (découpe mécanique, conservation des bâtiments, optimisation du transport) ne sont pas strictement additifs, car la découpe thermique intervient aussi dans le

processus de démolition. En prenant en compte ces interdépendances, la combinaison des leviers permettrait néanmoins une réduction substantielle des impacts. Pour le changement climatique, l'impact passerait de 173 kt CO₂ eq (scénario de base) à environ 54,8 kt CO₂ eq dans le scénario combiné optimisé, soit une réduction de 68 % – **Figure 8**.

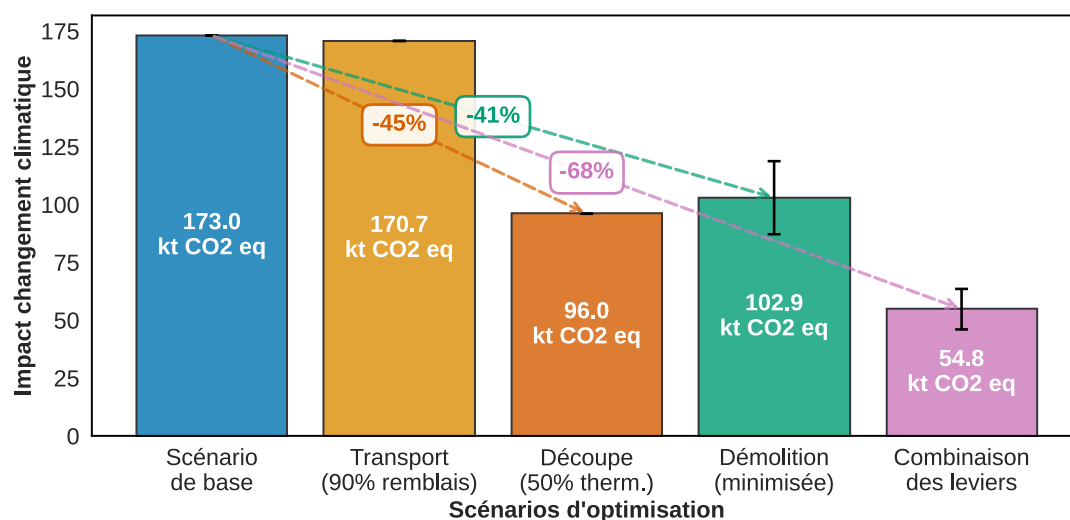


Figure 8 : Réduction progressive de l'impact changement climatique selon l'application des leviers d'optimisation.

Ce scénario optimisé suppose cependant deux conditions : une réutilisation programmée du site (permettant la conservation des bâtiments non nucléaires), et la conformité sanitaire préalable de ces bâtiments. Ces conditions renvoient directement aux questions du cadre légal actuel discuté en fin de cet article, de la gouvernance du site, ainsi que du lien avec le projet Technocentre d'EDF, qui vise à mettre en place une installation de recyclage des métaux très faiblement radioactifs (TFA) sur une partie du site de Fessenheim. Ce projet a récemment fait l'objet d'une procédure de débat public à l'initiative d'EDF¹⁸ et d'une analyse critique dans un précédent numéro de Riséo¹⁹.

VI) La place du démantèlement dans le cycle de vie complet

En rapportant les résultats de notre ACV à l'énergie produite par la centrale sur l'ensemble de sa durée de vie (448 TWh de 1977 à 2020), nous pouvons estimer la contribution du démantèlement au cycle de vie complet de la filière nucléaire française. La **Figure 9** donne le résultat des différents calculs réalisés.

La valeur EDF du cycle complet est prise comme référence, à laquelle nous soustrayons les 3 % associés au démantèlement dans leur étude, ce qui nous donne un impact hors démantèlement de 3,58 [2,81-4,46] g CO₂ eq / kWh. Dans notre évaluation initiale issue de l'ACV pilote (scénario de base), le démantèlement contribue à hauteur d'environ 0,39 g CO₂ eq / kWh, soit 8-12 % du total alors estimé à 3,98 [3,20-4,95] g CO₂ eq / kWh. Ce résultat est

¹⁸ CNDP, « Débat public : projet Technocentre à Fessenheim », Commission nationale du débat public, [URL](#).

¹⁹ T. de la Rochelambert, « Analyse critique du projet de technocentre EDF (installation de valorisation de métaux très faiblement radioactifs) à Fessenheim(Haut-Rhin) : faisabilité technique, risques radiologiques, incertitudes scientifiques, écologiques et économiques », Riséo, 2025-2, 2025, pp. 71-95, [URL](#).

donc sensiblement supérieur à l'estimation d'EDF, mais cohérent avec l'ordre de grandeur des autres études de la littérature. Dans le scénario optimisé (combinaison des leviers), la contribution du démantèlement tomberait à 0,12 [0,10-0,14] g CO₂ eq / kWh, soit 2,2-4,8 % du total. Il faut noter que les leviers de réduction des impacts considérés ici sont disponibles sans nécessité d'innovation technologique : certains sont déjà en partie actés (découpe mécanique), d'autres restant à confirmer (minimisation de la démolition) mais relevant de choix de gouvernance du site et du cadre légal.

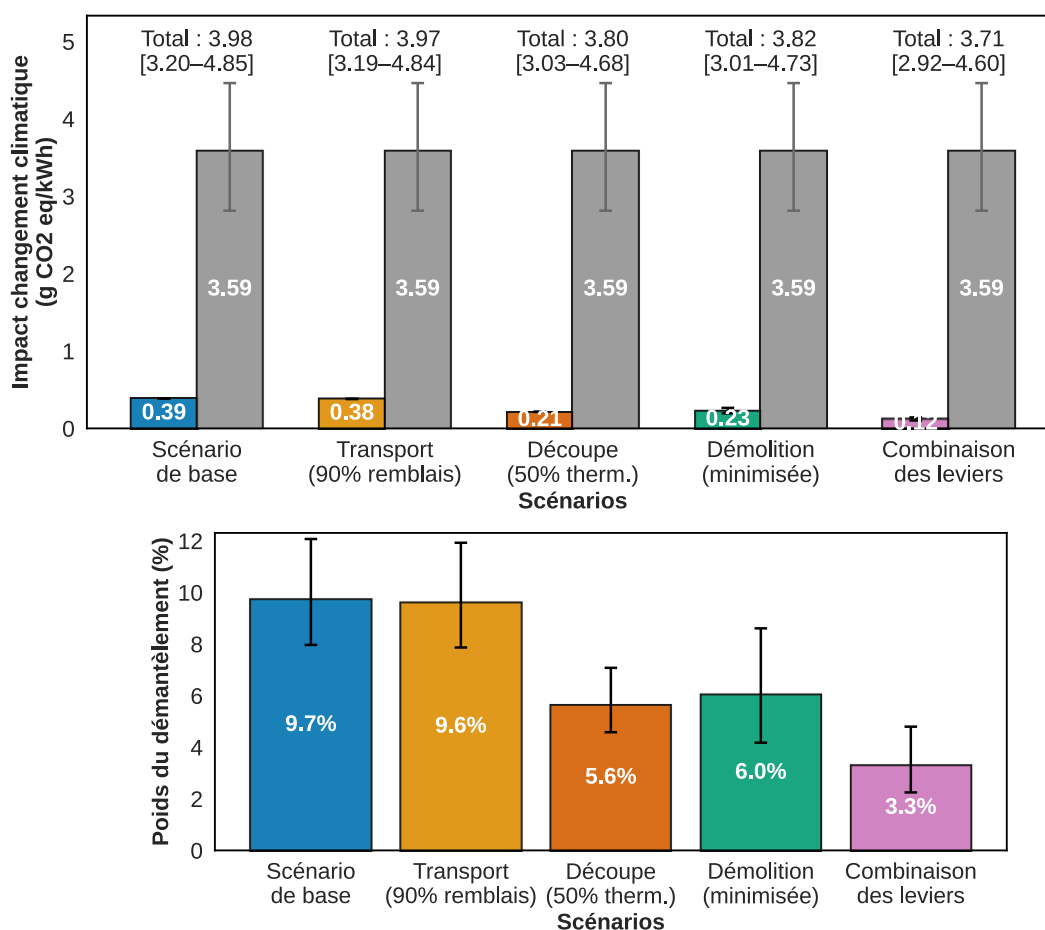


Figure 9 : Contribution du démantèlement à l'impact changement climatique du cycle de vie complet (g CO₂ eq / kWh) pour les différents scénarios d'optimisation, et poids relatif du démantèlement en pourcentage du cycle complet.

VII) Conclusions et perspectives

A) Bilan environnemental

Les travaux présentés dans cet article ont représenté les premières évaluations ACV transparentes dédiées au démantèlement d'une centrale nucléaire française, et constitue encore actuellement environ la moitié de la production académique totale sur ce sujet. Si leurs résultats sont limités par la disponibilité des données et ont nécessité le recours à diverses hypothèses, leurs tendances majeures peuvent être étendues pour dériver des estimations concernant les leviers de réduction des impacts environnementaux, comme cela a été fait ici.

La démolition et plus particulièrement la découpe des métaux représentant les processus dominants de l'impact du démantèlement de Fessenheim, le remplacement de la découpe thermique par de la découpe mécanique ainsi que la conservation des bâtiments non nucléaires constituent les moyens les plus pertinents de minimiser ces impacts environnementaux. En prenant en compte les cibles implicites de découpe mécanique d'EDF et sous l'hypothèse de pouvoir réutiliser certains bâtiments du site, nous montrons que la combinaison de ces leviers principaux permettrait de réviser notre estimation initiale de l'impact sur le changement climatique d'environ 68 %. De 173 kt CO₂ eq, nous aurions ainsi un démantèlement d'impact égal à environ 54,8 kt CO₂ eq. Cela affecte directement la contribution du démantèlement au cycle de vie complet de la filière nucléaire française. Cette dernière est estimée à environ 9,7 % dans le scénario de base (0,39 g CO₂ eq / kWh), ce qui est supérieur à l'estimation issue de l'étude EDF (3 %). Cette dernière valeur n'est, de fait, pas irréaliste, cf. nos résultats dans le cas d'un scénario optimisé (3,3%). Ces derniers reposant sur des hypothèses de travail claires et transparentes, on peut les considérer comme les conditions sous lesquelles le démantèlement peut être une contribution négligeable au cycle complet du nucléaire français.

Sur le plan des impacts radiologiques, les émissions du démantèlement ne constituent probablement pas un risque sanitaire significatif (dose maximale : 11,6 µSv sur 15 ans, soit 400 fois moins que l'exposition annuelle moyenne en France). D'un point de vue méthodologique, notre travail a également identifié les améliorations principales à apporter aux méthodes ACV actuelles concernant les impacts radiologiques : meilleure modélisation géographique (diffusion des radionucléides dans l'eau et régionalisation) pour CGM, et prise en compte de la variation temporelle de la population pour toute étude portant sur une longue durée.

B) Cadre juridique et gouvernance : conditions de réalisation des scénarios optimisés

La quantification environnementale définit ce qui est techniquement envisageable ; le cadre juridique et la gouvernance conditionnent ce qui est effectivement réalisable. Les travaux dirigés par T. Schellenberger dans le cadre du projet CO2InnO²⁰ ont permis d'identifier les enjeux juridiques majeurs qui structurent les perspectives d'optimisation identifiées.

En effet, la réutilisation des bâtiments non strictement nucléaires s'inscrit dans la logique du droit des déchets, qui prescrit de « donner la priorité à la prévention et à la réduction de la production de déchets » (C. env. art. L541-1). En droit des installations nucléaires de base (INB), la destruction des bâtiments d'une installation en démantèlement n'est pas imposée : la réutilisation peut ainsi être envisagée dans le plan de démantèlement si elle présente plus d'avantages que de risques²¹. Cependant, le choix de conserver un bâtiment peut engendrer un risque supplémentaire en cas de radioactivité cachée ou oubliée. De plus, l'article L593-25 du Code de l'environnement impose une politique de démantèlement immédiat, ce qui peut constituer un frein à la réutilisation dans la mesure où la préparation d'un bâtiment en vue d'une réutilisation peut être plus longue et coûteuse que sa démolition. En l'absence d'un cadre juridique explicite pour la réutilisation de l'existant dans un démantèlement nucléaire,

²⁰ CO2InnO, « Rapport du lot de travail no. 7, Fessenheim », Rapport final du projet CO2InnO, Interreg Rhin supérieur 2021-2027, A1-3, [URL](#).

²¹ S. Russo, *Le droit des installations nucléaires de base : contribution à l'étude du risque, de l'incertitude et des principes du droit de l'environnement*, Paris, L'Harmattan, Logiques juridiques, 2024.

une tension existe donc à la croisée des principes directeurs du droit des déchets, du droit des INB et de normes techniques prévalant actuellement.

Du point de vue de la gouvernance, la réalisation du scénario de minimisation de la démolition est en partie liée à l'autorisation ou non du projet Technocentre. Il est notable que ni le plan de démantèlement ni l'étude d'impact ne discutent explicitement cette minimisation de la démolition de l'ensemble des bâtiments du site. Il n'est probablement pas possible actuellement d'intégrer l'évitement de certaines activités de démolition si elles reposent sur un projet non encore autorisé au moment de l'enquête publique réglementaire visant l'obtention du décret d'autorisation au démantèlement. Cette contrainte de séquence procédurale illustre la nécessité de bâtir un cadre juridique explicite et adapté aux différentes hypothèses de réutilisation d'un site nucléaire, qui permettrait aux autorités compétentes d'imposer ou d'encourager de tels scénarios, parfois même indépendamment des projets connexes de l'opérateur.

Le démantèlement des installations nucléaires

Vers un modèle durable – approche comparative internationale

Paris THASITIS



1) Rancho seco recreational park : l'ancien site de la centrale nucléaire de Rancho seco réaffecté à un usage récréatif.
Source: 0113-25_ranchoseco_recreational_brochure

Résumé : Cette contribution s'inscrit dans le cadre des *8e Entretiens du Grillenbreit*, consacrés au thème « *Droit de propriété et avenir du nucléaire* », et prend appui sur un projet de recherche mené dans le cadre de la coopération transfrontalière franco-allemande CO2Inno Interreg¹, dédiée à la transition énergétique dans la région du Rhin supérieur. Elle s'inscrit plus particulièrement dans l'Action 7, relative à la reconversion du site de la centrale nucléaire de Fessenheim en espace à faibles émissions.

La recherche porte sur deux axes étroitement liés : d'une part, la gestion des déchets nucléaires, notamment de très faible activité, et d'autre part, la reconsidération des modalités juridiques et techniques du démantèlement des installations nucléaires, notamment des centrales de production d'électricité.

Dans ce cadre, nous proposons une approche intégrée inspirée des objectifs de développement durable, de l'économie circulaire, ainsi que de la séquence ERC (éviter, réduire, compenser), principe structurant du droit de l'environnement français.

Cette approche vise une revalorisation partielle ou totale des sites nucléaires dès la phase de démantèlement et jusqu'à leur déclassement, en privilégiant la réutilisation des infrastructures existantes, la limitation des démolitions et la reconversion des espaces conformément aux principes de durabilité, de protection des écosystèmes et de développement territorial.

Elle entend répondre de manière conjointe aux enjeux liés à la production de déchets, au développement économique des acteurs du secteur nucléaire, à la revitalisation des territoires concernés, ainsi qu'à la préservation de la mémoire industrielle.

Mots-clés : démantèlement nucléaire ?, ERC (éviter, réduire, compenser) ?, très faible activité (TFA) ?, déchets nucléaires ?

¹ Pour plus d'informations, ici: co2inno.com

Abstract: *This contribution is presented at the 8th edition of the Grillenbreit Conference, entitled “Property Law and the Future of Nuclear Energy”, and is based on a research project conducted within the Franco-German cross-border cooperation CO2InnO Interreg, dedicated to the energy transition in the Upper Rhine region. It is more specifically part of Action 7, which focuses on the redevelopment of the former Fessenheim nuclear power plant into a low-emission site.*

The research addresses two closely related issues: on the one hand, the management of nuclear waste, particularly very low-level waste, and on the other hand, the legal and technical reconsideration of nuclear decommissioning processes, especially concerning nuclear power plants.

In this context, we propose an integrated approach inspired by the Sustainable Development Goals, circular economy principles, and the ERC sequence (avoid, reduce, compensate), a structuring principle of French environmental law, reflected in the Environmental Code and reinforced by the 2015 TECV Act.

This approach advocates for partial or full repurposing of nuclear sites from the decommissioning phase through to final site declassification, prioritising the reuse of existing infrastructure, the minimisation of demolition, and the sustainable reconversion of sites in line with ecological protection, territorial development, and environmental sustainability objectives.

It aims to simultaneously address issues related to waste generation, the economic development of stakeholders in the nuclear sector, the revitalisation of affected territories, and the preservation of industrial heritage and memory.

Keywords: *nuclear decommissioning; mitigation hierarchy (avoid–reduce–compensate); very low-level radioactive waste (VLLW); radioactive waste.*

Introduction

Notre intervention dans le présent colloque est le fruit — et en quelque sorte le prolongement — d’une recherche menée sur plusieurs mois dans le cadre de la coopération transfrontalière franco-allemande CO2InnO Interreg. Cette coopération vise dans son ensemble la transition énergétique de la région du Rhin supérieur. L’Action 7 de ce programme porte sur la reconversion de l’ancienne centrale nucléaire de Fessenheim en un site à faibles émissions. Quelle est notre contribution à ce travail de recherche ?

Nous étudions deux thématiques étroitement liées: a) la gestion des déchets nucléaires, et plus précisément ceux à très faible activité radioactive (TFA), b) la nécessité de repenser la manière dont les autorités et les acteurs concernés abordent le processus de démantèlement des installations nucléaires (et en particulier des centrales de production d’énergie, qui sont les plus importantes en termes de volume et d’impact pour les populations).

Ces questions ne sont pas traitées isolément dans notre recherche. Avec les décrets 2022-174 et 2022-175² du 14 février 2022, l’État français semble abandonner définitivement la politique jusqu’alors en vigueur de stockage et de surveillance des déchets TFA, au même titre que les déchets de moyenne et haute activité. Désormais, la catégorie des déchets TFA est destinée à être recyclée dans les nouvelles installations d’EDF près de Fessenheim (Projet Technocentre), et pourrait représenter jusqu’à 85 % des futurs déchets TFA issus du démantèlement des installations nucléaires³.

Cette évolution s’inscrit elle-même dans un contexte plus large. Selon le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) de 2022 ainsi que le World Nuclear Waste Report (2019), le centre de stockage des déchets TFA de l’ANDRA (CIRES) approche rapidement de la saturation. En 2017, les déchets TFA atteignaient déjà 537 000 m³, tandis

² <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045167580>

³ CLANEO GROUP-17 07 2025. www.claneo-groupe.fr/fr/technocentre-de-fessenheim

que le centre CIREs était rempli à 54 % la même année. Deux ans plus tard, le taux de remplissage atteignait 61 %, avec une saturation prévue autour de 2028⁴. Il est donc clair que les évolutions s'accélérent⁵.

Cependant, même l'extension du CIREs et la mise en service du Technocentre ne suffisent probablement pas à résoudre le problème, d'autant plus que 14 réacteurs nucléaires devraient être arrêtés entre 2035 et 2050 selon les annonces de 2021-2022⁶. Et cela, alors même que le démantèlement de neuf réacteurs est encore loin d'être achevé.

Dans ce contexte, et compte tenu du besoin croissant d'intégration des Objectifs de Développement Durable et de l'économie circulaire dans la législation et les pratiques, notre contribution prend tout son sens.

Plus précisément, notre proposition — ou plutôt une première piste de réflexion — vise une solution plus radicale « à la source », et secondairement au cœur du problème. En partant de la deuxième thématique évoquée plus haut, et en nous inspirant de la loi TECV de 2015 ainsi que des principes de prévention, de développement durable et de précaution, nous proposons une approche plus globale du démantèlement des installations nucléaires.

En particulier, en nous appuyant sur le principe ERC (éviter – réduire – compenser) et sur la notion de correction à la source, qui consiste à prévenir ou réduire la production de déchets dès leur origine grâce aux meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable⁷ (Moliner-Dubost 2024, 160-163), nous proposons une revalorisation partielle ou totale des sites nucléaires dès la phase de démantèlement et jusqu'à la phase de déclassification des terrains concernés.

De manière générale, il s'agit de :

- a) limiter autant que possible la démolition des bâtiments des centrales nucléaires,
- b) réutiliser les outils et équipements (ce que prévoit déjà en partie EDF),
- c) revaloriser les sols et les bâtiments avec des usages compatibles avec l'économie circulaire, la protection des écosystèmes et les besoins des communautés locales.

Nous estimons que cette approche permet de répondre de manière cohérente à plusieurs défis : a) celui des déchets produits (notamment les TFA), en partant de l'idée que le meilleur déchet est celui qui n'est pas produit, b) celui des acteurs industriels du secteur nucléaire, en leur offrant de nouvelles activités et opportunités économiques, c) celui des territoires qui accueilleraient les installations nucléaires, en leur donnant de nouvelles perspectives de développement, d) celui de la mémoire historique, en conservant, autant que possible, les structures et en les rendant accessibles au public.

Si telle est l'idée générale, nous allons maintenant expliquer comment elle a évolué et sur quels points nous avons mis l'accent pour tenter de répondre à une problématique aussi complexe et multidimensionnelle.

⁴ Heinrich-Böll-Stiftung. « *The World Nuclear Waste Report*. » Briefing report, pages 98-100, Berlin, 2019

⁵ Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs *La gestion des déchets de très faible activité (TFA*) : faire évoluer les solutions de gestion pour faire face aux volumes à venir*. Paris, 06/ 12/ 2022.

⁶ world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france? (2025)

⁷ Moliner-Dubost, Marianne. *Droit de l'environnement*. 3, pages 160-163. Paris: Dalloz, 2024.

I) Analyse de l'idée générale : origines et principes généraux

A) Une brève description

Bien que les résultats et la bibliographie en France, tant sur le plan technique que législatif, ne suffisent pas à fonder avec clarté l'hypothèse/la possibilité de réutilisation des sites nucléaires pendant la phase de démantèlement ou/et ultérieurement, au niveau international cette nécessité n'était ni inconnue ni nouvelle.

Dans un premier temps, l'OCDE, à travers l'Agence pour l'énergie nucléaire, s'est intéressée dès 2007, dans un rapport, à l'interaction entre l'industrie nucléaire (dans les projets de démantèlement) et la participation des citoyens. Certains projets en Allemagne, en Suède et en Espagne y sont également étudiés. L'analyse repose sur trois piliers : la sécurité, la participation et le développement⁸.

Par ailleurs, l'AIEA a publié dès 2011 un rapport qui examine cette question et décrit l'ensemble des efforts de reconversion des sites nucléaires à l'échelle mondiale. Dans ses conclusions, il est indiqué que le résultat final d'une réutilisation réussie dépend de 18 facteurs — parmi lesquels la localisation, la coopération entre les différents acteurs, ou encore la maturité du marché immobilier⁹.

Enfin, l'un des plus importants spécialistes du sujet est Michele Laraia, expert auprès de l'AIEA depuis plus de 30 ans. Son ouvrage *Beyond Decommissioning*, publié en 2019, est largement utilisé dans notre travail. Il y introduit la philosophie plus large du démantèlement et de la reconversion industrielle. Il utilise le terme consacré en archéologie industrielle et en urbanisme, *adaptive reuse*, pour décrire la réhabilitation d'un site industriel en lui donnant une nouvelle vie et une nouvelle fonction, sans pour autant négliger (pour les générations futures) sa mémoire historique ou sa valeur culturelle éventuelle. Avec l'*adaptive reuse*, on évite la démolition et la disparition des traces de l'ancienne utilisation/mémoire, et on y recourt lorsque aucune autre utilisation industrielle n'est possible¹⁰. Les usages alternatifs vont des musées aux espaces de loisirs, de culture ou de détente. Cette approche « recycle » les composants utilisables du site ancien et lui confère ainsi une valeur pertinente pour notre thématique.

Enfin, le même auteur nous conduit à deux stratégies principales de valorisation d'un site nucléaire en phase de démantèlement ou de déclassement : a) *greenfield* ou b) *brownfield*. La première catégorie correspond à une libération et un déclassement sans condition du site concerné (unconditional release), principalement du point de vue radiologique. La seconde correspond à une libération sous conditions, lorsque la restauration et le retour à l'état initial sont difficiles ou non souhaitables. Le facteur environnemental est ici déterminant, notamment la possibilité et la volonté de restaurer l'écosystème à son état antérieur à la construction de l'installation nucléaire.

⁸ Nuclear Energy Agency, *Stakeholder Involvement in Decommissioning Nuclear Activities*. Page 23, Policy Report, Vienne: OECD, 2007.

⁹ IAEA. *Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites: Case Histories and Lessons Learned*, page 74, Assessment Report, Vienne: International Atomic Energy Agency (IAEA), 2011.

¹⁰ Laraia, Michele. *Beyond Decommissioning: The Reuse and Redevelopment of Nuclear Installations*, pages 18-19, Sawston: Woodhead Publishing, 2019.

Cependant, l’auteur introduit une nuance supplémentaire : une libération sans condition peut être envisagée soit en laissant les bâtiments et infrastructures intacts, soit en les démolissant complètement jusqu’à un mètre sous le niveau du sol. Il considère clairement la première option comme préférable, car elle permet de soutenir les objectifs du développement durable en évitant le gaspillage d’énergie et la production de déchets.

Quant à l’option *brownfield*, elle s’impose lorsque les obstacles à une décontamination complète sont trop importants. Les autorités publiques instaurent alors des contrôles étendus et des restrictions d’accès, tout en imposant une surveillance continue du site. Cette option conduit presque toujours à une réutilisation de type industriel. Les obstacles restent toutefois nombreux : le degré d’abandon des installations, le potentiel de réutilisation, l’usage antérieur (et ses effets), ainsi que la localisation du site¹¹.

B) Notre approche

Notre approche vise à intégrer certaines des meilleures pratiques observées ponctuellement au niveau international et à proposer une synthèse de celles-ci dans le contexte français. Dans un premier temps, nous avons identifié plusieurs exemples issus notamment des travaux de Michele Laraia, ainsi que d’autres sources, et nous sommes arrivés à la conclusion que, bien que la France n’ait pas encore mis en œuvre de manière complète et systématique une stratégie organisée de réutilisation des installations de production nucléaire, elle dispose néanmoins d’avantages qu’aucun des pays de référence ne possède.

Tout d’abord, tous les réacteurs nucléaires en activité sont basés sur une même technologie (REP – Réacteurs à eau pressurisée), ce qui conduit les experts à parler d’un « effet de série »¹² (ou d’un haut degré de standardisation). Ils partagent tous le même cycle du combustible ainsi que le même type de composants et d’équipements, produits presque exclusivement par Framatome¹³.

Cela permet deux choses : a) la mise en œuvre d’une gestion unifiée et d’une conception globale à long terme pour l’ensemble du parc nucléaire ;b) une approche intégrée du démantèlement, dans laquelle EDF ainsi que l’État français, en tant qu’acteur impliqué, peuvent utiliser et réutiliser les mêmes machines et équipements, ainsi que des composants déjà utilisés, d’un site en cours de démantèlement vers d’autres sites encore en fonctionnement¹⁴.

Ainsi, les composants des installations nucléaires, qu’elles soient en activité ou en démantèlement, ainsi que les équipements nécessaires, peuvent être utilisés plus d’une fois (et cela est déjà prévu dans certains cas). Cela permet une planification plus efficace, plus économique et plus avantageuse à l’échelle nationale. Par ailleurs, ces caractéristiques facilitent une convergence de l’industrie nucléaire nationale avec les objectifs du développement durable et une meilleure gestion des déchets nucléaires.

¹¹ Ibid, pg 15

¹² Dautray, Robert, et Yves Bréchet. «Le démantèlement des centrales nucléaires : contexte historique et questions scientifiques et techniques.», 18-19, Chap. 1 dans Sciences du démantèlement des installations nucléaires, 1-70. Les Ulis: EDP Sciences, 2017.

¹³ Wealer, Ben, Jan Paul Seidel, et Christian von Hirschhausen. «Decommissioning of Nuclear Power Plants and Storage of Nuclear Waste: Experiences from Germany, France and the U.K.» , page 265, dans The Technological and Economic Future of Nuclear Power, édité par Reinhard Haas, Lutz Mez et Amela Ajanović, 261-286. Wiesbaden: Springer VS, 2019.

¹⁴ Dautray et Bréchet, page 19

Par conséquent, nous affirmons que, à la lumière de ces éléments, la France dispose d'une opportunité historique (sic) d'adopter une autre approche de réutilisation et de recyclage des structures et matériaux nucléaires, dans la mesure du possible (en particulier pour les centrales de production d'énergie). Cela est d'autant plus pertinent que, grâce à la tradition de l'État stratège et à une culture de régulation et de planification centralisée, l'administration, les exploitants et les communautés peuvent envisager comme objectif la réutilisation rapide des installations mises à l'arrêt et entrant dans la phase de démantèlement.

Cela concerne-t-il toutes les situations ?

Pas nécessairement. Nous supposons — car cela dépasse notre expertise (nous ne sommes pas ingénieurs) — que chaque site peut présenter des difficultés techniques spécifiques, susceptibles d'empêcher toute réutilisation (industrielle ou autre). Par ailleurs, nous ne connaissons pas encore l'ensemble des défis environnementaux qui pourraient apparaître. D'après des entretiens et la littérature existante, il est établi que, jusqu'au début des opérations de démantèlement (même après retrait du combustible), les défis environnementaux, la pollution et la contamination de l'eau non détectées auparavant, ainsi que la présence de composants problématiques et contaminés, constituent la norme dans un grand nombre de cas de sites en démantèlement¹⁵.

De plus, le degré de réutilisation potentielle de ces sites est souvent inversement proportionnel au niveau de pollution environnementale, et dépend du progrès des opérations de décontamination et de remise en état. L'intervention de la société civile et des mouvements environnementaux a par ailleurs souvent influencé la rapidité des décisions ou les usages futurs des sites.

Nous pouvons donc reconnaître que nous sommes peut-être encore « aveugles » face à l'ampleur du défi à venir. Cette intervention de recherche fonctionne ainsi aussi comme une invitation à approfondir le débat entre les différentes disciplines impliquées dans le domaine du nucléaire.

D'un autre côté, il convient de souligner qu'il s'agit d'un ensemble de propositions et de mesures, toujours dans les limites du réalisable. La réutilisation peut intervenir dans un laps de temps défini et, au moins, sur une partie des surfaces d'un certain nombre d'installations.

II) Que nous dit l'expérience internationale ?

A) Exemples et bonnes pratiques

1) Cadre dans les pays de référence

Nous avons étudié de manière approfondie deux pays où la réutilisation d'anciennes installations nucléaires apparaît à la fois développée et ancienne : les États-Unis et le Royaume-Uni. Parmi un ensemble de pays analysés (États-Unis, Royaume-Uni, Canada, Allemagne, Suède, Russie, etc.), ces deux pays se distinguent, d'une part, par un nombre

¹⁵ Van Noordennen, Gerry, et Miles Van Noordennen, interviewer par Paris Thasitis. «The Lifecycle of Nuclear Power and its' Challenges in the United States of America.» *Projet CO2InNO*, Strasbourg, (29 05 2025)

important de réacteurs nucléaires de production d'énergie démantelés avec succès (surtout aux États-Unis) et, d'autre part, par de nombreux cas où la question de l'usage futur des sites a été posée dès le début du processus de démantèlement (aux États-Unis et au Royaume-Uni). Dans les autres pays, soit nous n'avons pas observé de démantèlement de ce type de réacteurs (comme au Canada), soit les opérations de démantèlement accompagnées d'un changement d'usage — potentiel ou effectif — concernaient principalement des cas « plus simples » selon la littérature internationale¹⁶, tels que : des installations de recherche, de très petits réacteurs, ou encore des structures militaires, des laboratoires ou des installations de traitement du combustible nucléaire.

Quant à la France, nous avons identifié certains exemples relevant de cette logique de *repurposing*, comme celui du CEA Grenoble, mais pas une pratique généralisée. Notre approche est donc comparative, mais aussi hybride : d'un côté, nous mettons en lumière des cadres et des politiques déjà existants (aux États-Unis et au Royaume-Uni) ; de l'autre, pour la France, nous proposons une analyse des cadres et des potentialités « tournée vers l'avenir ». Qu'avons-nous précisément cherché ?

2) Exemples : que nous montre la pratique internationale ?

En nous appuyant largement sur certains exemples présentés par Laraia ainsi que sur des rapports de l'OCDE et de l'AIEA, nous avons identifié plusieurs cas emblématiques de réutilisation et de transformations importantes des usages des sols.

Dans le cas des États-Unis, nous avons retenu dans notre étude sept exemples d'installations nucléaires — de production d'énergie ou à caractère de recherche/militaire — où des projets et travaux de réhabilitation et de réutilisation ont été menés à différents degrés, constituant des exemples réussis de valorisation post-nucléaire. Au Royaume-Uni, nous avons identifié deux exemples comparables, qui présentent toutefois des différences significatives par rapport aux cas américains.

Jetons-y un bref regard.

a) L'expérience américaine

Parmi nos exemples, six sites ont fait l'objet d'un changement d'usage et d'une intervention humaine, tandis qu'un cas (Big Rock) n'a pas pu aboutir malgré l'existence de projets en ce sens. Les situations restent cependant très différentes les unes des autres.

En commençant par le site de Hanford, il s'agit de l'une des plus grandes opérations de dépollution au monde, avec une forte dimension historique. Ce site faisait partie des quatre installations secrètes du Projet Manhattan et a été mis en service entre 1943 et 1944, avec pour mission la production de plutonium destiné à l'arsenal nucléaire américain. Pendant 44 ans, cette installation — d'une superficie de 1 518 km² et située dans le sud de l'État de Washington — a produit environ les deux tiers du plutonium nécessaire, avant de contribuer également à la production d'électricité pour les habitants de la région à partir de 1963¹⁷.

¹⁶ Laraia, 2019

¹⁷ Gephart, Roy E. « A short history of waste management at the Hanford Site. » *Physics and Chemistry of the Earth*, 2010: 298-306.

Entre 1944 et 1988, Hanford a généré au moins 2 millions de mètres cubes de déchets radioactifs. Une petite partie (1 à 2 %) a été rejetée directement dans le fleuve, tandis que le reste a été stocké dans 177 réservoirs enterrés. On estime qu'avec le temps, l'oxydation et les fuites ont réduit le volume de ces déchets à environ 200 000 mètres cubes aujourd'hui, ce qui représente encore près de 60 % des déchets totaux du complexe nucléaire militaire américain¹⁸.

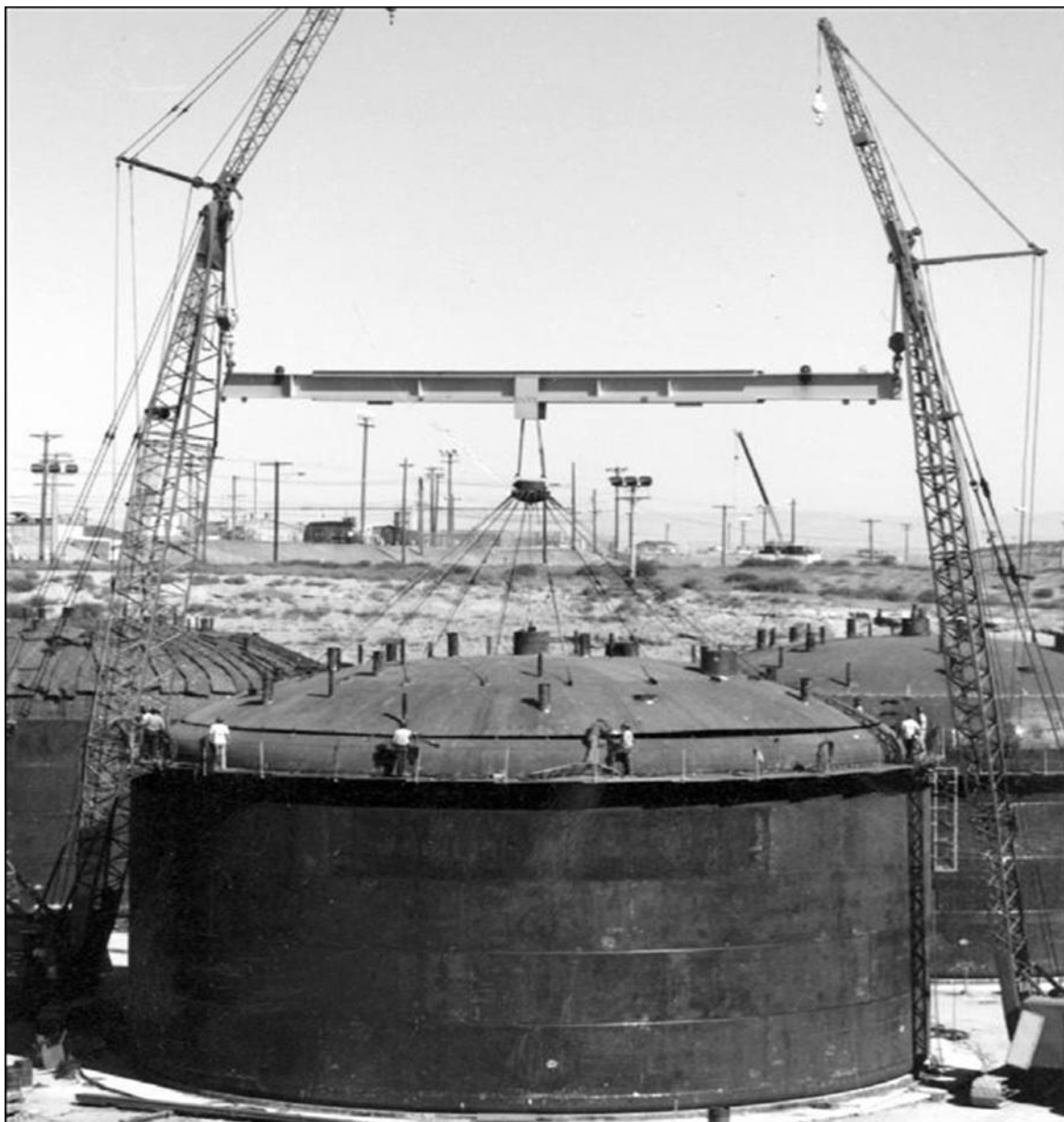
Les opérations de dépollution s'accompagnent ces dernières années de projets de restauration des paysages et de valorisation d'une partie de cet immense territoire au profit d'usages alternatifs. Le coût total est estimé à plus de 640 milliards de dollars d'ici la fin du siècle¹⁹.

Dès 1999, avec la présentation du premier plan global d'aménagement par le Département de l'Énergie des États-Unis (*Hanford Comprehensive Land-Use Plan*), neuf types d'usages futurs ont été envisagés sur une période de 50 ans de travaux de réhabilitation. Parmi ceux-ci figurent notamment des activités de recherche et développement, des usages agricoles, industriels, ainsi que la création de réserves naturelles pour la faune sauvage, entre autres²⁰.

¹⁸ Ibid, page 301

¹⁹ U.S Government Accountability Office. *Hanford Cleanup: Alternative Approaches Could Save Tens of Billions of Dollars*. Briefing Paper, Washington, DC: GAO, 2023.

²⁰ U.S Department of Energy. «Record of Decision: Hanford Comprehensive Land-Use Plan Environmental Impact Statement.» *Federal Register* (Office of the Federal Register (OFR)) 64, n° 218 (11 1999): pages 61615-61625.



2) La photo ci-dessus montre une cuve de déchets sur le site de Hanford en 1984. Aujourd'hui, dans le cadre des travaux de réhabilitation, des dizaines de ces cuves contenant des déchets hautement radioactifs sont déterrées. Une partie d'entre elles présente des fuites vers les eaux souterraines (Gephart 2010).

Jusqu'à présent, une partie des terrains est progressivement déclassée et se voit attribuer de nouveaux usages. Ainsi, on peut citer: *a) le Hanford Reach National Monument, qui abrite 48 espèces sauvages menacées b) le National Historical Park, qui accueille environ 15 000 visiteurs par an et concerne notamment les installations historiques du réacteur B²¹, c) en 2024, 4 000 hectares ont été attribués sous forme de bail à des acteurs privés pour la construction de parcs photovoltaïques d'une capacité de 2 GW, accompagnés de systèmes de stockage par batteries, pour un coût estimé à 4 milliards de dollars²².*

²¹ McGrath, Jenny, et James Pasley. *www.businessinsider.com*. 17/12/2024. <https://www.businessinsider.com/hanford-nuclear-waste-site-photos>

²² U.S Department of Energy. *www.energy.gov*. 25 07 2024. <https://www.energy.gov/em/articles/doe-announces-cleanup-clean-energy-project-hanford-site?utm>

Malgré l'avancement des travaux de dépollution et l'évolution des usages du site, le rythme reste jugé insuffisant, notamment en raison des coûts extrêmement élevés de réhabilitation. Si Hanford constitue un exemple emblématique de restauration d'un site nucléaire fortement pollué, où les projets de reconversion avancent parallèlement, il n'en va pas de même pour les installations nucléaires de production d'énergie « plus classiques ». Selon les experts et la législation en vigueur, la règle générale est que la dépollution doit être entièrement achevée avec succès avant toute réaffectation du site. Ce n'est qu'une fois le terrain libéré du contrôle radiologique de la NRC (Nuclear Regulatory Commission) que sa réutilisation peut être décidée par les autorités locales, les États fédérés, les citoyens ou les investisseurs²³.

Cependant, même dans ce cas, les intérêts des entreprises du secteur nucléaire entrent souvent en conflit avec ceux des municipalités accueillant ces installations. Les collectivités locales cherchent généralement à assurer une transition aussi douce que possible pour les travailleurs qui risquent de perdre leur emploi, tout en préservant leurs recettes fiscales. Ces recettes proviennent principalement des taxes foncières liées aux infrastructures. À l'inverse, les entreprises tendent à privilégier une démolition rapide et une décontamination complète du site. Les municipalités et les habitants, quant à eux, demandent souvent le maintien des structures et leur reconversion (industrielle ou autre) afin de continuer à percevoir des revenus fiscaux. Ainsi, la sortie du nucléaire devient un processus particulièrement complexe, marqué par une forte incertitude²⁴.

Le cas de Haddam Neck illustre bien ces blocages. La municipalité qui accueillait la centrale Connecticut Yankee, fermée brutalement en 1996, a vu ses recettes chuter drastiquement : de plus de 6 millions de dollars en 1994 à seulement 0,83 million en 2014²⁵. Bien que fortement impactée, la commune avait anticipé cette situation et proposé un projet de reconversion avec une centrale à gaz. Toutefois, ce projet n'a pas abouti, en raison de litiges entre les exploitants, le Département de l'Énergie et l'entreprise chargée de la dépollution (Bechtel), qui a retardé les travaux en raison de contaminations au strontium²⁶ (Yankee Atomic Electric Company et al. v. The United States 2013, 5).

Finalement, ce sont les organisations de la société civile qui ont imposé un changement d'usage du site après sa libération définitive du contrôle de la NRC en 2013. Les habitants, en collaboration avec des ONG (Middlesex Land Trust, Connecticut Yankee Conservation Project), des autorités du Connecticut (CT DEEP) et des agences fédérales (U.S. Fish and Wildlife Service), ont obtenu la transformation du site en parc récréatif. L'initiative a été portée notamment par des organisations citoyennes comme le Connecticut Yankee Conservation Project (Yamamoto, Feikens et Haller 2021, 429-430).

Un autre facteur de complexité réside dans la possibilité de transférer la licence d'exploitation à une entreprise différente de celle qui exploitait initialement le site, afin de procéder au

²³ Van Noordennen et Van Noordennen 2025

²⁴ Hamilton, Jim, interview by Paris Thasitis. "Nuclear Industry and Community Engagement: the example of Nuclear Decommissioning Collaborative." CO2 Inno Research Project, 29/05/2025

²⁵ Yamamoto, Daisaku, Julia Feikens, et Melissa Haller. «NUCLEAR TO NATURE LAND CONVERSION.» *Geographical Review*, page 424, 2021: 415-436.

²⁶ *Yankee Atomic Electric Company et al. v. The United States*. 07-876 C, 07-875 C, 07-877 C (The United States Court of Federal Claims, Washington, D.C. 01/11/2013).

démantèlement²⁷. Cela peut entraîner une perte de savoir-faire et générer des conflits entre les différents acteurs impliqués.

Dans ce contexte, il n'est pas surprenant que les reconversions les plus réussies aient eu lieu dans des cadres juridiques et politiques plus clairs, souvent avec une forte implication de la société civile et des mouvements environnementaux. Les cas de Satsop et de Rancho Seco sont particulièrement révélateurs.

Le premier constitue un exemple de transformation totale avec un large consensus. Il s'agit d'une centrale nucléaire extrêmement coûteuse pour son époque... qui n'a pourtant jamais été mise en service. Intégrée au projet Hanford Generation Project lancé en 1966, elle a été abandonnée en raison de coûts excessifs et de la baisse des besoins énergétiques après les crises pétrolières²⁸. Ce projet a conduit à l'une des plus grandes faillites d'entreprises publiques de l'époque (WHOOOPS).

Les installations restantes ont connu plusieurs tentatives de reconversion. Une partie du site, située dans l'enceinte du Hanford Site, devrait accueillir une nouvelle utilisation nucléaire avec le projet *Cascade Advanced Energy Facility*²⁹, en partenariat avec Energy Northwest, X-energy et Amazon. Ce projet prévoit l'installation de petits réacteurs modulaires (SMR), en s'appuyant sur les infrastructures existantes et le cadre institutionnel du site.

Le reste du site, initialement abandonné, a été transféré à la société gestionnaire du Satsop Redevelopment Project, puis en 2013 au Port of Grays Harbor, avant d'être transformé en parc d'activités, le Satsop Business Park. Aujourd'hui, ce site accueille notamment des installations de formation pour les services de sécurité et de police, des laboratoires, ainsi que des entrepôts et des infrastructures logistiques.

²⁷ Voir les articles 10 CFR (Code of Federal Regulations) 50.80–50.82. En pratique, le titulaire de la licence (*licensee*) peut confier une grande partie des activités de démantèlement à une entreprise tierce (contractant). Il peut également — avec l'autorisation de l'autorité compétente, la NRC — transférer entièrement cette responsabilité à une autre entreprise afin qu'elle prenne en charge l'ensemble des opérations de démantèlement et de réhabilitation du site ; dans ce cas, un transfert complet de la licence est nécessaire.

Quant aux coûts du démantèlement, ils sont couverts par un fonds специально dédié, constitué dès la mise en service de l'installation nucléaire.

²⁸ Alexander, Charles. «Whoops! A \$2 billion blunder: Washington Public Power Supply System.» *TIME*, 08/08/1983.

²⁹ Amazon Unveils 'Cascade'—Energy Northwest's Xe-100 SMR Project, Targeting Construction by 2030



3) Flextech building – bureaux, situés dans les anciennes installations. Aujourd’hui, il s’agit d’un complexe d’entrepôts et de bureaux accueillant des entreprises de pointe. Source : flextech building - office | 100 technology ln — port of grays harbor

La question de savoir s’il s’agit d’un investissement réellement rentable reste toutefois incertaine, dans la mesure où la région est globalement assez isolée des réseaux. En ce qui concerne Rancho Seco, il s’agit de l’un des exemples les plus aboutis de reconversion d’un site industriel à risque, avec le maintien de la majorité des installations. Cette approche a permis d’éviter l’accumulation de déchets (conventionnels) tout en préservant la valeur du site en tant que mémoire industrielle. Le cas est, à bien des égards, original.

L’installation appartenait à la Sacramento Municipal Utility District (SMUD), une entreprise publique locale de production et de distribution d’énergie, détenue par la ville et les habitants de Sacramento. La superficie totale du site est de 1 003 hectares, dont 35,2 hectares correspondent à la zone strictement industrielle comprenant les bâtiments restants de l’ancienne centrale³⁰.

En raison de problèmes liés notamment à des défauts de conception, l’exploitant a été contraint à de nombreuses interruptions de fonctionnement du réacteur, rendant l’installation économiquement non viable. Rancho Seco est ainsi devenue la première centrale nucléaire à être fermée à la suite d’un référendum local, avec 53 % de votes favorables, le 5 juin 1989³¹.

³⁰ EPRI. *Rancho Seco Nuclear Generating Station Decommissioning Experience Report: Detailed Experiences 1989-2007*. Final Assessment Report, NewRad Inc., Suncoast Solutions LLC, Electric Power Research Institute, Palo Alto: Electric Power Research Institute, 2007

³¹ Sabey, Andrew. «Sacramento Turns Out Rancho Seco.» *Environs: Environmental Law and Policy Journal*, 01 1990: 15-20.

Le processus de démantèlement a lui aussi présenté des spécificités. Contrairement à la pratique habituelle consistant à confier les travaux à un prestataire externe, la SMUD a choisi de mener elle-même les opérations, tout en conservant une grande partie de son personnel — une pratique également peu courante aux États-Unis³².

Bien que ce choix ait entraîné une augmentation des coûts — en raison du maintien d'un personnel parfois non indispensable — il a permis à l'entreprise de réaliser l'essentiel des travaux grâce à une main-d'œuvre expérimentée, connaissant précisément les zones présentant des risques de contamination radiologique³³.

La décontamination du site a été achevée en 2009. Par la suite, la SMUD a procédé à une reconversion complète du site, en conservant la majorité des bâtiments, notamment les tours de refroidissement. Cette stratégie s'inscrivait toutefois dans une perspective de long terme. Dès 1992, la SMUD, en partenariat avec l'organisation Nature Conservancy, a entrepris la création d'un sentier de 11 kilomètres menant au lac Rancho Seco. Aujourd'hui, ces espaces accueillent notamment des réserves naturelles pour la faune sauvage.



4) Le parc Satsop (aerial view) source: port of Grays harbor

³² SMUD. *DECOMMISSIONING COST ESTIMATE*. Report on Decommissioning Funding Status, Sacramento: Sacramento Municipal Utility District (SMUD), page 5, 2017

³³ Ibid, page 5



5) Le Rancho seco recreational park/ source: 0113-25_ranchoseco_recreational_brochure



6) Des moutons paissent autour des panneaux photovoltaïques sur le site de rancho seco source : smud

b) L'expérience britannique

L'expérience britannique se distingue largement de l'expérience américaine. D'après les données disponibles, il s'agit d'un pays confronté à des enjeux environnementaux plus spécifiques et mieux délimités en matière de démantèlement des installations nucléaires. Alors qu'aux États-Unis on observe une grande diversité de situations — allant de sites extrêmement pollués et dangereux comme Hanford à des cas relativement « simples » comme Satsop —, au Royaume-Uni, l'histoire du démantèlement nucléaire (jusqu'à aujourd'hui) est dominée par une notion : celle de la *legacy fleet*.

Il s'agit d'installations nucléaires fonctionnant avec des réacteurs de technologie Magnox de première et deuxième génération — une spécificité britannique — qui n'utilisaient pas l'eau comme fluide de refroidissement et modérateur, mais du dioxyde de carbone et du graphite³⁴. Si cette technologie permettait d'utiliser moins d'uranium que les modèles américains (uranium naturel pour la première génération, enrichi pour la seconde), elle a en revanche généré, lors du démantèlement, d'importantes quantités de déchets de graphite, avec des défis environnementaux considérables.

À titre indicatif, dans le cas britannique, presque tous les réacteurs (à l'exception de certaines installations de recherche polyvalentes) sont placés en phase de « care & maintenance », avec une durée moyenne d'environ 85 ans³⁵.

L'organisme responsable — contrairement aux cas américain et français — n'est pas le titulaire de la licence d'exploitation, mais la Nuclear Decommissioning Authority (NDA), créée en 2004, qui a pris en charge la supervision, le financement et la gestion de l'ensemble de la *legacy fleet*. En pratique, l'État britannique a assumé la responsabilité du démantèlement de son parc nucléaire, avec un coût annuel (jusqu'en 2025) estimé à environ 4 milliards de livres sterling — un montant jugé insuffisant au regard des besoins³⁶.

La stratégie de la NDA repose sur une division des sites nucléaires en deux zones :

- a) une « zone interne » (*Inner Zone*), comprenant les installations radioactives existantes ou futures nécessaires au démantèlement complet et à la restitution du site ;
- b) une « zone externe » (*Outer Zone*), entourant les installations principales et considérée comme moins contaminée.

La première zone est soumise à des contrôles stricts et à des opérations de réhabilitation selon le calendrier de la NDA. La seconde, après nettoyage et décontamination suffisants, fait l'objet de contrôles allégés. Elle tend à s'étendre progressivement à mesure que la surface dénucléarisée augmente. Au cours de ce processus, et lorsque les exigences de surveillance par l'ONR et la NDA ne sont plus nécessaires, la licence nucléaire est retirée. Le site peut alors être progressivement réaménagé pour accueillir de nouvelles activités (*next planned use of site*).

³⁴ Pollock, Stephen. *Britain's Nuclear Power Industry and the Prospect of its Revival*. Briefing Paper, page 3-4, United Kingdom Parliament, London: Parliamentary and Scientific Committee, 2024.

³⁵ Wealer, Seidel et von Hirschhausen 2019, page 271

³⁶ Matthews, Philip, interviewé par Paris Thasitis. «The Challenges of Decommissioning of Nuclear Power Plants in the United Kingdom and the role of NuLeaf.» *CO2 Inno Research Program*. Strasbourg , (05/06/2025).

Aujourd'hui, la transition vers un statut de type *greenfield* ou *brownfield* est considérée comme incontournable par la NDA³⁷. Cette stratégie a été développée récemment à Sellafield, mais n'a été pleinement appliquée jusqu'à présent que dans un seul cas, celui de Winfrith, et devrait prochainement être mise en œuvre à Chapelcross. Ces deux sites ont été étudiés dans notre recherche. Nous présentons ici le cas emblématique de Chapelcross, un projet encore en cours.

Chapelcross fut l'une des premières centrales nucléaires du Royaume-Uni raccordées au réseau, inaugurée le 2 mai 1959. D'une puissance de 240 MW et utilisant la technologie Magnox, elle a eu, durant une grande partie de sa vie opérationnelle, un double usage : civil (production d'électricité) et militaire (production de plutonium pour l'État britannique)³⁸.

La centrale a été arrêtée en 2004, après 45 ans de fonctionnement, à la suite de dysfonctionnements importants et de fuites d'eau contaminée dans l'environnement³⁹.

Le processus de démantèlement se déroule en trois phases :

a) une première phase jusqu'en 2040, incluant la démolition partielle des bâtiments, le retrait du combustible nucléaire et la réduction progressive de la zone sous contrôle radiologique ;

b) une phase de « care & maintenance » d'environ 49 ans, durant laquelle le site est simplement surveillé ;

c) une phase finale (Final Site Clearance), au cours de laquelle l'ensemble des structures sera démolie et le site restauré à son état initial, antérieur à la construction de la centrale⁴⁰.

Bien que cette dernière étape ne corresponde pas aux meilleures pratiques observées aux États-Unis — puisqu'elle implique la production de quantités importantes de déchets, y compris potentiellement radioactifs — elle montre néanmoins comment les autorités peuvent intervenir pour transformer progressivement un site. Cette transformation concerne notamment les zones déclassées au cours de la première phase, jusqu'en 2040. La durée particulièrement longue du processus — comparable à la stratégie américaine SAFSTOR — soulève des interrogations quant à l'avenir du site et des populations locales.

Concrètement, sur une superficie totale d'environ 155 hectares, la zone nucléaire placée sous contrôle radiologique de la NDA couvre 90 hectares et devrait être déclassée d'ici 2095. La zone non nucléaire, d'une superficie de 65 hectares, est quant à elle destinée à être réutilisée de diverses manières⁴¹.

³⁷ Foster, Richard I., June Kyung Park, Keunyoung Lee, et Bum-Kyoung Seo. «UK Civil Nuclear Decommissioning, a Blueprint for Korea's Nuclear Decommissioning Future?: Part I-Nuclear Legacy, Strategies and the NDA.» *Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology*, 09 2021: 387-419.

³⁸ Annan the History Town, <https://www.annanthehistorytown.org/expanding-annan/chapelcross/>

³⁹ Scott, Kirsty. «BNFL investigates fuel rods accident.» *The Guardian*, 07 2001.

⁴⁰ IronsideFarrar. *Chapelcross Masterplan Framework*. Policy Framework Report, Edinburgh: Municipality of Dumfries & Galloway, 2024.

⁴¹ Nuclear Restoration Services. *Chapelcross Site Environmental Management Plan*. Environmental Assessment Report, page 23, Warrington: NRS, 2024.



7) Les nouvelles zones du chapelcross, source: chapelcross masterplan framework, 2024

B) Enjeux réglementaires et perspectives

En parlant des pays que nous avons étudiés dans le cadre de notre analyse comparative, il convient de faire une référence aux cadres réglementaires et aux défis auxquels sont confrontées de telles tentatives de transformation de leurs infrastructures nucléaires et de leur transition vers d'autres usages. Il apparaît que les cadres ainsi que les « casse-têtes » sont importants, tandis que les défis sont multiples et interdépendants.

D'une part, de telles transformations s'inscrivent dans une logique de réutilisation d'anciens ou actuels « vestiges industriels ». Ce type de démarches nécessite la mobilisation de la société civile — comme nous l'avons vu dans le cas de la Californie — ainsi que des communes voisines et des entreprises exploitantes. L'enjeu porte notamment sur « l'avenir post-industriel » et la mémoire industrielle⁴².

D'autre part, se pose la problématique de la transmission aux générations futures de sites étendus présentant un haut degré de pollution, dans un état propre et sûr dans la mesure du possible. Ces deux problématiques se rencontrent et entrent parfois en conflit avec des intérêts organisés de l'industrie (nucléaire et non nucléaire), qui suivent une logique plus « économiciste » et de nature technocratique. Que devient le cadre législatif ?

La situation apparaît plus complexe aux États-Unis en raison de leur structure fédérale. Ici interagissent, dans un premier temps, deux grandes législations : le cadre nucléaire autour de

⁴² Ern -Heintz, Valentine. « Démanteler un site nucléaire ou comment réconcilier des histoires industrielle et environnementale. » *Ris o – Risques,  tudes & Observations*, 2019: 40-56.

la NRC (Nuclear Regulatory Commission) et le cadre environnemental (NEPA⁴³ : National Environmental Policy Act), qui fixe des limites et des conditions pour la décontamination et la restitution des sites concernés au public. Afin qu'un site soit déclassé du contrôle radiologique de la NRC, la radioactivité ne doit pas dépasser 25 mrem/an⁴⁴ et l'autorité compétente (NRC) doit publier une étude d'impact environnemental : soit une simple Environmental Assessment lorsque les impacts du futur déclassé sont faibles, soit une Environmental Impact Statement plus exigeante et détaillée lorsque des impacts significatifs sur l'hygiène et la sécurité sont attendus.

La première étude conduit à une décision intitulée *Finding of No Significant Impact (FONSI)*, tandis que la seconde aboutit à une décision intitulée *Record of Decision*⁴⁵. Par conséquent, on obtient soit une libération sans restriction, sans contrôle des déplacements des personnes et des services, soit l'instauration de contrôles réguliers afin de préserver la santé de la population. Dans un tel cas, des propositions sont formulées concernant l'utilisation future du site ou des solutions/propositions pour l'avenir de celui-ci.

Des complications apparaissent dans certains États américains, où les niveaux de radioactivité sont inférieurs aux seuils fédéraux prévus. Dans ce cas, il est très difficile de parvenir à une solution de dépollution satisfaisante pour toutes les parties⁴⁶ (État fédéral, État fédéré, entreprises de gestion et municipalités). Le cas du Royaume-Uni est assez différent. D'une part (et comme déjà mentionné), ses installations nucléaires nécessitent un traitement spécifique en raison de défauts de conception (analysés plus haut). D'autre part, la longue durée du démantèlement impose des approches plus « flexibles », c'est-à-dire la possibilité de réutiliser le site avant le déclassé total de l'installation nucléaire.

Dans ce cas, on observe l'interaction de trois ensembles de normes et d'acteurs. L'autorisation ou le déclassé d'une installation est prévu par le Nuclear Installations Act de 1965, tel que modifié⁴⁷, et l'autorité compétente pour superviser, délivrer ou retirer l'autorisation est l'Office for Nuclear Regulation⁴⁸ (ONR). Selon ce cadre, et en se fondant sur la législation précitée, le déclassé d'un site peut avoir lieu lorsque l'ONR estime et notifie par écrit au titulaire de la licence qu'il n'existe plus de risque radiologique sur tout ou partie du site. La licence et les restrictions associées sont alors levées⁴⁹.

⁴³ National Environmental Policy Act | US EPA Il s'agit d'une législation adoptée en 1970, qui oblige les autorités fédérales — et donc la NRC — à publier des études d'impact environnemental pour les actions qu'elles mènent au niveau national ou des États fédérés.

⁴⁴ Conformément à l'article 10 CFR (Code of Federal Regulations), Part 20, Subpart E (Radiological Criteria for License Termination).

⁴⁵ Conformément aux articles 10 CFR 51.30, 51.32, 51.70 et 51.102.

⁴⁶ Van Noordennen et Van Noordennen 2025

⁴⁷ <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1965/57> Nuclear Installations Act 1965 1965, chapitre 57, tel que modifié en janvier 2026, et notamment la section 5.

⁴⁸ Il s'agit, à première vue, de l'autorité équivalente à l'ASNR en France et à la NRC américaine.

⁴⁹ Office for Nuclear Regulation, « Guidance to inspectors on the interpretation and implementation of the ONR criterion of no danger for the delicensing of nuclear sites », NS-PER-GD-019, 01/2026, p. 2, et plus précisément il est indiqué ce qui suit : « *Delicensing, in the context of this guidance, means the ending of the period of responsibility under the Nuclear Installations Act 1965 (as amended) (NIA65) (Ref. 1). This is defined at Section 5(15) of the Act and can only happen when the Office for Nuclear Regulation (ONR) gives notice in writing to the licensee1 that, in its opinion, there has ceased to be any danger from ionising radiation from anything on the site or, as the case may be, on any part of the site.* » Et il est ensuite précisé : « *Before delicensing any nuclear site, or part of a site, ONR must satisfy itself that delicensing is appropriate, that activities for which a licence is required are no longer being carried out and no danger from ionising radiations remains. Consideration should be given to the long-term implications of possible future practices that would result in the concentration of material at, or just below the very low-level waste (VLLW)2 levels, during site remediation. Whilst regulation as radioactive waste is not required, being below exemption levels, the possibility of future re-concentration mechanisms should be considered in the context of post delicensing regulation regimes, such as The Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2016 (EPR16) in England and Wales (Ref. 2) and The Environmental Authorisations (Scotland) Regulations 2018 (EASR18) in Scotland (Ref. 3).* »

Les opérations de décontamination et de valorisation du site doivent ensuite être conformes aux Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2016. La libération environnementale au Royaume-Uni est encadrée par ces Environmental Permitting Regulations 2016, sous la supervision de l'Environment Agency, qui peut modifier ou retirer des autorisations et lever le statut de contrôle radiologique, y compris pour des parties seulement d'une installation, permettant ainsi une réutilisation progressive du site.

Enfin, les nouveaux usages relèvent des dispositions du *Town and Country Planning Act 1990*⁵⁰, les décisions relatives à la réaffectation des sites passant par les autorités locales et les conseils municipaux. On a donc un triptyque normatif : a) réglementation nucléaire et sûreté, b) réglementation environnementale et protection, c) urbanisme et aménagement du territoire. Cet ordre correspond également à une logique chronologique.

Ainsi, le Royaume-Uni, dans certains cas (par exemple Winfrith, Chapelcross ou Wylfa), encadre la question du « que faire maintenant ? » pendant que le démantèlement complet n'est pas encore achevé. Une réutilisation nucléaire future du site n'est d'ailleurs pas exclue.

Épilogue : Une référence utile à la France

Avec nos références aux États-Unis et au Royaume-Uni jusqu'à présent, nous avons tenté de démontrer qu'à une époque où, progressivement, de plus en plus d'installations nucléaires se dirigent vers leur « mise à la retraite », il est nécessaire de prévoir de nouveaux usages. Les installations de production d'énergie — vastes en superficie et comportant des défis environnementaux encore inconnus — constituent un chapitre particulier de la gestion « post-industrielle ». En effet, les opérations de décontamination sont extrêmement longues, et la gestion de l'énergie nucléaire est une thématique très coûteuse, qui engage de manière décisive les générations futures.

Nous ne disposons pas de réponses structurées et organisées sur ce qu'il faut faire ensuite, en particulier pour les installations accueillant des réacteurs de très grande puissance — vestiges potentiels d'une autre époque — mais nous estimons qu'il est nécessaire de poser au moins la problématique en France, pays qui compte le plus grand nombre de réacteurs nucléaires en Europe. Et si, dans le cas du déclassement du site concerné, les choses semblent « simples », que faire des tonnes de déchets conventionnels et des déchets TFA ? Si le processus se déroule correctement dans les délais (25 ans selon les directives et les prévisions de l'ASNR), alors on peut supposer que tout s'est déroulé conformément au programme. Mais s'il existe des complications à long terme ? Quel sera l'avenir des communautés voisines ? Comment gérer le présent ?

Le cas du CEA Grenoble — bien qu'il s'agisse d'une installation de recherche de taille plus modeste — constitue un précédent intéressant pour penser la réutilisation des sites nucléaires en France. Les projets « PAYSAGE » et « GIANT » ont permis la reconversion de près

Par ailleurs, dans un autre guide intitulé *The Delicensing Process for Existing Licensed Nuclear Sites* (décembre 2022), il est explicitement mentionné que le titulaire de la licence (licensee) peut demander le retrait de la licence et engager les procédures de déclassement (delicensing).

⁵⁰ Conformément aux Regulations 12, 17 et au Schedule 23 (Radioactive Substances Regulation): <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2016/1154/schedule/23>

de 70 hectares en un pôle scientifique (MINATEC), accueillant plusieurs milliers de chercheurs⁵¹.

Cependant, cet exemple reste imparfait, dans la mesure où il a reposé sur une démolition quasi totale des structures existantes, générant un volume important de déchets, à rebours des principes de l'économie circulaire.

Sur le plan juridique, le cadre français offre néanmoins des leviers pertinents. L'article R.593-67 du Code de l'environnement encadre le contenu du dossier de démantèlement et permet d'y intégrer des éléments relatifs à l'évolution future de l'installation, notamment l'identification de bâtiments susceptibles de faire l'objet d'usages non nucléaires. Par ailleurs, le recours aux servitudes d'utilité publique (SUP), prévu dans le cadre du régime post-démantèlement, notamment en lien avec les dispositions applicables du Code de l'environnement et mises en œuvre dans le cadre des procédures prévues à l'article R.593-69, permet d'encadrer certains usages résiduels ou partiels des sites, ouvrant ainsi la voie à des formes de réutilisation de type brownfield. Ainsi, sans consacrer explicitement une stratégie de réutilisation, le droit français permet une approche progressive et différenciée des usages pendant et après le démantèlement. Dans ce contexte, la forte standardisation du parc nucléaire français et le rôle central d'EDF constituent un avantage comparatif majeur, en facilitant la mise en œuvre de stratégies coordonnées de réemploi et de valorisation des matériaux et des infrastructures.

⁵¹ CEA, *LE DEMANTELEMENT DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES DU CENTRE DU CEA GRENOBLE*. 2013, Dossier du Presse, page 38

Penser collectivement la recherche sur le démantèlement des centrales nucléaires en France : enseignements d'une enquête qualitative

Aurélio LABAT

Ingénieur de recherche, Université de Strasbourg IPHC, 23 rue du Loess, 67037
Strasbourg, France

Fanny GREULLET

Chargée de mission, OHM Fessenheim, Laboratoire Image Ville Environnement
UMR 7362 – CNRS, Université de Strasbourg, France

Nicolas ARBOR

Professeur de l'Université de Strasbourg, IPHC, 23 rue du Loess, 67037
Strasbourg, France

Résumé : Le centre nucléaire de production d'électricité de Fessenheim est le premier cas de démantèlement de réacteurs à eau pressurisée de deuxième génération en France. Cela en fait un objet d'attention important pour la recherche. Si le démantèlement soulève des enjeux techniques et administratifs, qui font déjà l'objet d'une attention particulière, il les dépasse aussi largement : reconfigurations socio-territoriales, impacts environnementaux et sanitaires, enjeux mémoriels et éthiques... Quels sont les impacts d'un démantèlement ? Comment les étudier ? Pour répondre à ces questions, une enquête qualitative a été menée entre 2024 et 2025 dans le cadre du programme Interreg Rhin supérieur CO2innO avec l'Observatoire Hommes-Milieus Fessenheim. Les 77 acteurs interrogés (chercheur-ses, institutions liées à l'énergie nucléaire, élu-es, associations) ont permis d'identifier les impacts du démantèlement comme un objet de recherche complexe nécessitant un dialogue interdisciplinaire, un décloisonnement interinstitutionnel et une structuration de la communauté scientifique. Un Observatoire académique du démantèlement d'infrastructures nucléaires en France, pensé comme une interface, pourrait porter ces missions.

Mots-clés : Démantèlement, fermeture, observatoire, transitions socio-écologiques, interdisciplinarité, centre nucléaire de production d'électricité, enquête qualitative.

Abstract : *The Fessenheim nuclear power plant represents the first case of second-generation pressurized water reactors decommissioning in France, making it a key focus for research. While decommissioning raises technical and administrative challenges, already under close scrutiny, it also extends far beyond them: socio-territorial reconfigurations, environmental and health impacts, memorial and ethical issues. What are the impacts of decommissioning? How can they be studied? To address these questions, a qualitative study was conducted between 2024 and 2025 as part of the Interreg Upper Rhine CO2innO program, in collaboration with the Fessenheim Human-Environment Observatory. The 77 stakeholders interviewed (researchers, nuclear energy institutions, elected officials, associations) identified decommissioning as a complex research subject requiring interdisciplinary dialogue, inter-institutional collaboration, and a structured scientific community. An Academic Observatory for Nuclear Infrastructure Decommissioning in France, designed as an interface, could carry out these missions.*

Keywords : *Decommissioning, Closure, Observatory, Socio-ecological transitions, Interdisciplinarity, Nuclear power plant, qualitative study.*

Introduction

Le parc électronucléaire français a pour spécificité d'être à la fois important et standardisé, en ce sens qu'il comprend 56 réacteurs à eau pressurisée (REP) de deuxième génération en fonctionnement reposant sur une technologie commune. Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Fessenheim avec ses deux réacteurs est le premier à faire l'objet d'une fermeture puis d'un démantèlement immédiat et complet, comme le prévoit la législation nationale. Pour l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR), « *le démantèlement concerne l'ensemble des opérations techniques effectuées en vue d'atteindre un état final visé permettant le déclassement. La phase de démantèlement succède à la phase de fonctionnement de l'installation et se termine à l'issue du processus de déclassement de l'installation* » (ASNR, 2016). Mais la fermeture d'un CNPE ne saurait se résumer à des aspects techniques et administratifs. Le démantèlement des CNPE représente un objet d'étude complexe à la croisée de multiples enjeux. Le démantèlement d'une industrie, avec la particularité ici d'être une industrie nucléaire, implique des reconfigurations territoriales, des défis environnementaux et sanitaires, soulève des enjeux de mémoire, de gouvernance, d'éthique... Dans un contexte de fermeture progressive des installations nucléaires vieillissantes à l'échelle nationale (ASNR, 2022), observer et analyser la complexité des transformations socio-écologiques induites apparaît essentiel pour mieux accompagner les territoires concernés par des trajectoires analogues.

La loi encadre la répartition des responsabilités en matière de recherche sur le démantèlement entre opérateurs et institutions en lien avec l'énergie nucléaire (Léger, 2020), ce qui oriente la production scientifique existante essentiellement vers une réponse à des problématiques concrètes de filière industrielle. La recherche sur le démantèlement peut dépasser ce périmètre, comme le suppose l'étude de la complexité des impacts socio-environnementaux liés à la fermeture des centrales nucléaires. Un élargissement de la communauté scientifique et notamment une implication renforcée du monde académique dans la production de connaissances sur le sujet permettraient d'en développer une vision plus globale.

L'Observatoire Hommes-Milieus (OHM) Fessenheim⁵² fondé en 2018 participe à cette dynamique. Il s'est construit autour de la fermeture de la centrale nucléaire de Fessenheim – proposée en 2012, actée en 2017, puis marquée par l'arrêt des réacteurs en 2020. La fermeture est en effet appréhendée comme un processus long susceptible d'engendrer de profondes transformations environnementales, sociales, économiques, énergétiques et politiques, et l'OHM Fessenheim a pour vocation de caractériser ces recompositions en croisant les disciplines et en développant des approches méthodologiques aptes à saisir la complexité des processus à l'œuvre.

Ce dispositif de recherche se structure actuellement autour du démantèlement et de ses impacts socio-écologiques, en articulation avec les différentes temporalités de la centrale, qui,

⁵² Un OHM est un dispositif de recherche interdisciplinaire du CNRS Écologie & Environnement dédié à l'étude des socio-écosystèmes anthropisés. Il en existe quatorze en tout, répartis en France et à l'international. Chaque OHM s'organise autour d'un événement fondateur qui influence de manière significative la trajectoire socio-écologique d'un territoire donné. Le socio-écosystème affecté constitue l'objet focal des recherches déployées (Chenorkian, 2014).

après six années de préparation, entre dans sa phase de démantèlement à la suite de la publication du décret du 1er mai 2026 (Décret n°2026-336).

En s'intéressant à la « tête de série » des démantèlements des REP français, l'OHM Fessenheim se confronte également aux difficultés à mener des recherches sur le sujet et à rentrer en interaction avec les acteurs du monde nucléaire. Cloisonnement des institutions, accès délicat au terrain ou aux données... Ce premier retour d'expérience fait naître une interrogation au sein de l'observatoire : comment lever ces obstacles pour réaliser une recherche de qualité sur les impacts socio-écologiques du démantèlement d'infrastructures nucléaires ? Une opportunité d'engager la réflexion est apparue à travers le projet Interreg Rhin supérieur CO2InnO portant sur la transition énergétique de cette région transfrontalière, auquel l'OHM Fessenheim a participé.

Dans le cadre de ce projet CO2InnO, une enquête qualitative par entretiens a pu être menée auprès de 77 acteurs (chercheur-ses, représentant-es d'institutions liées à l'énergie nucléaire, élu-es, associations) entre octobre 2024 et novembre 2025. Deux objectifs étaient ciblés : explorer les apports du monde académique sur le thème du démantèlement et déterminer les fonctions d'un observatoire dédié, en complément des dispositifs existants. Afin d'alimenter les discussions avec les interlocuteur-ices, pour embrasser le champ le plus largement possible et identifier l'ensemble des besoins, la réflexion a été structurée autour des contours d'un « Observatoire Académique des Impacts du Démantèlement d'infrastructures nucléaires en France », dépassant le cas pionnier de Fessenheim, et auquel on se référera dans la suite de l'article par « Observatoire du démantèlement ».

Les résultats d'enquête confirment les impacts socio-écologiques du démantèlement des installations nucléaires comme un objet de recherche complexe, qui nécessite un dialogue interdisciplinaire, un décroisonnement interinstitutionnel et appelle une structuration de la communauté scientifique. Cet article présente une synthèse des questions de recherche émergentes et des pistes d'actions concrètes pour répondre aux enjeux identifiés, notamment à travers l'animation de dialogues.

I) Méthodologie d'enquête

Pour explorer les apports potentiels d'un observatoire dédié au démantèlement, une enquête qualitative a été menée sur un an. Elle visait quatre objectifs complémentaires : recenser les travaux et programmes de recherche existants sur le nucléaire et le démantèlement ; identifier les projets et les thématiques que les enquêtés souhaiteraient explorer ou voir explorés ; caractériser les besoins des acteurs, en particulier des chercheurs, pour mener leurs travaux ; enfin, déterminer les modalités de fonctionnement et les missions que pourraient couvrir un Observatoire du démantèlement - qu'il s'agisse de son étendue géographique, de sa gouvernance, de son financement, ou encore de ses fonctions en matière d'animation scientifique, de médiation entre chercheurs, institutions liées à l'énergie nucléaire et société civile, d'accès aux sites et aux données, ou de production de données.

77 personnes se sont mobilisées dans le cadre d'entretiens semi-directifs, sur environ 110 personnes contactées individuellement. La grande majorité des entretiens a duré une heure ;

le plus court a duré 20 minutes, le plus long 2h30. Le panel avait pour objet d'approcher l'horizon très large du système d'acteurs intéressé par ce sujet. Au final, il se compose de :

- 42 Chercheur·ses universitaires toutes disciplines confondues (physique, chimie, sociologie, économie, environnement, droit, etc.), en France et à l'international,
- 6 Représentant·es d'institutions de recherche (6) (CNRS, Université de Strasbourg),
- 11 Chercheur·ses rattaché·es à des institutions liées à l'énergie nucléaire :
 - ASNR,
 - CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives),
 - EDF (Électricité de France),
- 18 Représentant·es de la société civile :
 - Élu·es : maires et élu·es communautaires,
 - Chargé·es de missions impliqué·es dans l'action territoriale,
 - Associations locales et nationales :
 - ANCCLI (Association Nationale des Comités et Commissions Locales d'Information), qui fédère les CLI (Commissions Locales d'Information) autour des sites nucléaires,
 - CLIS de Fessenheim et CLI des Monts d'Arrée (Centrale de Brennilis),
 - ACRO (Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest),
 - CRIIRAD (Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la Radioactivité),
 - Stop Fessenheim (association historique de lutte contre le nucléaire).

Ce panel diversifié a permis de recenser des points de vue parfois strictement antagonistes, le nucléaire étant un sujet de controverses. Cependant, en croisant les discours, des convergences apparaissent sur les besoins à combler et les rôles d'un Observatoire du démantèlement.

L'enquête a été complétée par des visites de terrain visant à mieux appréhender la matérialité du nucléaire : visite du site en pré-démantèlement du CNPE de Fessenheim (Haut-Rhin), visite du site de stockage CIREN de l'Andra (Aube), visite de l'Observatoire Pérenne de l'Environnement de l'Andra à Bure – lié au projet Cigéo de stockage de déchets en couche géologique profonde (Meuse), visite de la centrale en démantèlement de Brennilis (Finistère).

L'OHM Fessenheim a par ailleurs facilité l'observation *in situ* du fonctionnement d'instances d'information et de décision permettant de mieux saisir les rapports entre les acteurs, leurs logiques respectives et leurs attentes. Cette immersion a conduit à assister à une réunion plénière de la Commission Locale d'Information et de Surveillance (CLIS) adossée au CNPE de Fessenheim, ainsi qu'au comité de pilotage transfrontalier du projet de territoire de Fessenheim, projet politique de développement élaboré en prévision de la fermeture du CNPE, et présidé par le Préfet de Région (Préfecture du Haut-Rhin, 2019)

II) Questions de recherche issues de l'enquête

Le démantèlement d'une centrale nucléaire soulève des questions de recherche complexes, qui dépassent largement les aspects techniques et radiologiques liés à la nature du site. L'enquête a permis d'identifier de nombreuses pistes de recherche. Elles ont été rassemblées et reproblématisées en trois axes majeurs structurés autour des transitions socio-écologiques,

des impacts environnementaux et sanitaires, et des enjeux mémoriels et sociétaux. Ces axes dessinent le périmètre d'un Observatoire du démantèlement ; chacun met en lumière des défis transversaux et montre que le démantèlement offre une opportunité de dépasser les cloisonnements disciplinaires. Cette synthèse ne constitue pas un recensement exhaustif des recherches à mener sur la thématique, mais reflète les pistes évoquées par les enquêtés. C'est également ce qui explique la place importante qu'occupent les Sciences Humaines et Sociales (SHS) dans les axes thématiques : à mesure que l'enquête révélait un manque de visibilité et de structuration de cette communauté, le panel a été adapté pour entendre plus particulièrement les chercheur·ses de ces disciplines et leurs besoins spécifiques (cf. 3.A.1.).

A) Continuités et Transformations socio-territoriales

La question des trajectoires de reconversion des territoires apparaît centrale, notamment au regard des reconfigurations de l'appareil socio-économique local. Les dynamiques à l'œuvre dans le cas du démantèlement d'un CNPE peuvent avoir des effets contrastés : possibles réductions d'activités chez les partenaires et sous-traitants, retombées commerciales suite à l'évolution des niveaux de consommation *etc.* Inversement, une centrale nucléaire en fonctionnement peut avoir, pour certain·es, un effet-repoussoir. La fermeture peut favoriser l'émergence de nouvelles populations et de nouvelles activités. Est-il possible de qualifier ou quantifier ce différentiel et de déterminer si le territoire est plus ou moins attractif ?

La fiscalité est directement impactée, entraînant une modification des ressources disponibles pour la vie locale (échelles communale et intercommunale). Les collectivités sont ainsi amenées à opérer des choix pour compenser ces pertes, susceptibles d'affecter le maintien du niveau de services publics proposés jusque-là. Se pose dès lors la question de l'évolution et de l'évaluation du « bien-vivre » avant et après fermeture. Les stratégies de compensation de pertes d'activités économiques s'orientent fréquemment vers des projets de développement, tels que les projets de territoires – à l'instar de Fessenheim (*op. cit.*). Toutes ces politiques publiques et les effets qu'elles produisent pourront être suivis et évalués. Par ailleurs, les imaginaires de l'action publique en contexte nucléarisé peuvent être interrogés. Pour Fessenheim, il est notable que l'un des projets, le Technocentre⁵³, prolonge la nature nucléarisée du territoire, promouvant la nucléarité en ressource territoriale pour accueillir des activités économiques.

L'étude des perceptions, attachements et récits des acteurs constitue un autre angle d'analyse. La fermeture est souvent présentée comme un acte lourd, associée aux notions de traumatisme ou de dévitalisation. Ce discours mérite d'être interrogé : il façonne une certaine identité territoriale tout en occultant peut-être d'autres lectures possibles. Il s'agit alors d'explorer comment les acteurs vivent concrètement cette fermeture et dans quelle mesure ils reconfigurent leurs récits - sur eux-mêmes comme sur leur territoire.

Enfin, l'économie du démantèlement en elle-même est un sujet d'étude, avec une attention portée à la structuration du tissu industriel directement associé à cette étape de vie de la centrale (droit contractuel spécifique entre les entreprises, clusters, répartition des

⁵³ Le Technocentre est le nom du projet d'une usine de recyclage de métaux très faiblement radioactifs (déchets « TFA », selon la nomenclature française) issus du démantèlement d'installations nucléaires. Cette usine serait construite sur le foncier d'EDF où se trouve le CNPE de Fessenheim et s'appuie sur une évolution du cadre législatif sur la gestion des déchets radioactifs.

compétences...). Les questions portant sur la gestion des déchets et leurs flux, la diversification des filières, les liens entre les territoires (qui produit, qui stocke les déchets *etc.*) ou encore les débats entourant la controverse du coût du démantèlement soulèvent des questions à la fois techniques, économiques et politiques.

B) Impacts Environnementaux et Sanitaires

Dans le cadre du démantèlement, les mesures de la radioactivité sont réalisées selon des protocoles particuliers et visent à qualifier les matériaux au regard de seuils réglementaires. Tous les acteurs confondus (ASNR, exploitants nucléaires, chercheur·ses universitaires, laboratoires associatifs agréés) expriment des limites à leurs techniques, capacités et performances métrologiques. Ils savent évaluer certains radionucléides et jusqu'à certains seuils de précision : les coûts des protocoles et leurs précisions peuvent être améliorés. Aussi, de nombreux radionucléides ne sont pas observés, notamment dans les déchets, faute de protocoles de séparation adéquats pour pouvoir les étudier. Dans un effort constant d'améliorer la sûreté, ces acteurs seraient intéressés à améliorer leurs méthodes. Trois priorités émergent :

- Pour les radioéléments pour lesquels des protocoles de mesure existent : développer des protocoles pour améliorer la précision des mesures et aller vers des seuils de détection de la très faible radioactivité,
- Pour les radioéléments non-suivis, notamment dans les déchets : développer des protocoles de mesures appropriés,
- Suivre des compartiments (air, eau, sols, chaîne trophique...) dans et en dehors du site de démantèlement pour étudier les mécanismes de transferts (de diffusion) de la radioactivité. L'intérêt des enquêté·es converge vers l'étude des aérosols issus des pratiques de déconstruction et de découpe des matériaux : les colloïdes générés (les poussières) modifient les modalités de transfert, peu connues à ce jour.

Une opportunité à saisir est l'étude du vieillissement de certains matériaux et de l'évolution de leurs propriétés dans une centrale, permettant de mieux comprendre les enjeux pour les centrales en fonctionnement.

Le risque au travail est l'une des préoccupations principales des enquêté·es. Le paradigme change entre le moment où la centrale fonctionne – on évite l'exposition aux radiations – et le moment où elle est en phase d'assainissement et de démantèlement – on est alors face à la contamination. La radioprotection des travailleur·ses est un enjeu fondamental à accompagner. Les risques « communs » doivent également être regardés au prisme du contexte, allant de l'ergonomie au droit du travail en milieu nucléaire. Le recours à une sous-traitance bien plus importante pour la phase de démantèlement que pour la phase de fonctionnement interroge quant aux différents régimes de protection et de suivi dont les travailleur·ses bénéficient : existe-t-il des inégalités de traitement ? Si oui, quelles en sont les conséquences, notamment pour leur santé ?

Le coût environnemental du démantèlement et plus largement de la gestion des déchets liés au nucléaire interpelle. Des travaux réalisés au sein de l'OHM Fessenheim en matière d'analyse du cycle de vie du démantèlement méritent d'être poursuivis (Igudier *et al.*, 2024 ; Robineau *et al.*, 2025).

C) Impacts mémoriels et sociétaux – Héritages du nucléaire

La question se pose pour tout artefact, toute activité que l'on « termine » : veut-on en garder trace(s) ? Si oui, dans notre cas, quelle(s) trace(s) des activités nucléaires garde-t-on ? Comment patrimonialise-t-on un site nucléaire ? Que lui fait-on « dire » ? Comment prend-on en compte la pluralité des mémoires liées au nucléaire, tous ces attachements aussi éloignés les uns des autres qu'ils puissent paraître, depuis les attachements à l'activité industrielle jusqu'aux luttes militantes ?

La question de la mémoire couplée à celle de la fermeture vient interroger les notions de « deuil », d'« achèvement », de « terminaison »... mais aussi de « continuité », puisque la tension inhérente au nucléaire porte sur « ce qui ne finit jamais » (la radioactivité à vie longue). Finalement, c'est le rapport au temps lui-même qui est interrogé.

En France, la patrimonialisation des activités nucléaires est marginale, bien qu'abordée avec le musée Curie, le musée de la mine Üreka d'Orano dans le Limousin, l'Œuf à Chinon... À l'échelle européenne, c'est un sujet davantage défriché, entre autres par le champ des Heritage Studies, que couvrent les muséologues, historien·nes, anthropologues *etc.* et qui a son pendant dans le contexte nucléaire : le champ des Nuclear Heritage⁵⁴. Entre autres, ce sujet illustre le fait que le nucléaire est intéressant à traiter depuis une perspective internationale. Cela nous invite à réfléchir l'héritage des centrales nucléaires pour les territoires qui ont cohabité avec et qui ont été construits par le nucléaire pendant des décennies. Avec un paradoxe dans le cas de Fessenheim : que conserver d'un site dont l'enjeu est une démonstration de savoir-faire et d'expérimentation d'un démantèlement complet (« retour à l'herbe ») pour l'exploitant ?

Par ailleurs, la mémoire des travailleur·ses de la centrale et de la transmission des savoirs s'impose comme un sujet majeur, touchant les pratiques de démantèlement ou de l'archivage. Le démantèlement est un travail en contexte d'incertitude, incertitude d'autant plus prégnante que la durée de déconstruction s'inscrit dans le temps long : comment transmet-on des compétences et savoir-faire spécialisés ? Comment récolte-t-on la mémoire des opérateur·rices ? Comment constitue-t-on et maintient-on des connaissances ?

Enfin, certain·es enquêté·es sont intéressé·es à étudier le démantèlement comme thématique d'entrée pour explorer de plus vastes questions de société : dans un univers de controverses comme l'est celui du nucléaire, comment les acteurs se rencontrent-ils et interagissent-ils ? Comment s'organisent les Débats Publics de la Commission Nationale des Débats Publics et à quoi servent-ils ? Comment se construisent les savoirs dans différentes sphères et comment circulent-ils ? Comment dépasser la dualité expert/profane devant un sujet complexe ?

Pour finir, et non des moindres, se pose le sujet de la catégorisation des déchets. Le démantèlement implique des volumes importants à traiter et des limites existent aux pratiques d'entreposage et de stockage actuelles. Des scénarios sont élaborés, certains dépendants d'une évolution législative telle que l'évolution de la logique du zonage (tout matériau issu d'une INB rejoint les circuits de traitement de l'Andra) vers une logique de seuils

⁵⁴ Le colloque « *Radiant Monuments* » abordait précisément ce sujet, à Berne (Suisse), en janvier 2025.

de libération⁵⁵. C'est le cas du projet de Technocentre cité précédemment (Arbor (coord.), 2025).

III) Les besoins : décloisonnement et animation

La Partie II a mis en lumière des questions de recherche variées et interconnectées, révélant le caractère complexe des impacts d'un démantèlement. Pour approcher ces sujets, les acteurs enquêté-es ont exprimé des besoins auxquels nous proposons ci-après une série d'actions pour y répondre. Nous structurons ces actions en 4 volets : l'animation de réseau, la production et le partage de données, des actions complémentaires ciblées.

A) Animation de réseau

Le dialogue apparaît comme un besoin récurrent pour structurer la communauté, lever les défiances et favoriser les collaborations. Trois niveaux de structuration de dialogues sont identifiés.

1) Le dialogue comme levier de décloisonnement

Comme évoqué précédemment, les enquêté-es accordent une importance marquée à la mise en place d'un dialogue interdisciplinaire. Plus spécifiquement, il semble y avoir un défaut de structuration dans la communauté en SHS travaillant sur le nucléaire, communauté peu visible et qui semble dispersée.

Dans d'autres disciplines, des réseaux et/ou des programmes de recherches à forts impacts financiers fédèrent déjà davantage les chercheur·ses. C'est le cas pour :

- Le Projet DEMAINE (pour Démantèlement et Assainissement Nucléaire, à l'Université de Bordeaux) qui vise à fédérer des recherches sur les aspects techniques et sur l'ingénierie du démantèlement,
- La ZATU (Zone Atelier – Territoires Uranifères) qui s'intéresse aux territoires concernés par la présence de radioactivité d'origine naturelle et d'origine anthropique
- Le Réseau Becquerel (fédération de laboratoires du CNRS Physique et Particules spécialisée dans l'analyse de la radioactivité),
- Le GdR SciNEE (Groupement de Recherche "Sciences Nucléaires pour l'Energie et l'Environnement),
- le Programme NEEDS (Nucléaire : Énergie, Environnement, Déchets, Société – porté en partenariat entre le CNRS, l'ANDRA, l'ASNR, le BRGM, le CEA, EDF, Framatome et Orano),
- le PEPR « Science Amont pour le nucléaire de fission ».

⁵⁵ L'Autorité de Sûreté du Nucléaire (ASN) précise : « La politique française de gestion des déchets très faiblement radioactifs dans les INB et installations relevant du code de la santé publique est claire et protectrice : elle ne prévoit pas de "seuil de libération" pour ces déchets (c'est-à-dire de niveau générique de radioactivité au-dessous duquel les effluents et déchets issus d'une activité nucléaire peuvent être éliminés sans aucun contrôle), mais au contraire leur gestion dans une filière spécifique afin d'assurer une traçabilité. L'ASN considère que la mise en œuvre de seuils de libération aurait trois inconvénients majeurs : la difficulté à définir des seuils universels ; la difficulté à contrôler la libération de ces déchets ; et l'incitation à la dilution de ces déchets dans l'environnement » (ASN, 2017, p. 100). C'est une politique de zonage qui est privilégiée en France, soit une gestion indiscriminée de tous les déchets TFA issus d'un site dans son ensemble.

L'enquête n'a pas révélé d'équivalent pour des recherches en SHS. Des structures tentent d'ouvrir à ces disciplines. Le « S » du Programme NEEDS est pour « Société » par exemple. L'OHM Fessenheim, par son approche socio-écosystémique et fondamentalement pluridisciplinaire, parvient à fédérer des travaux en SHS ; cette particularité lui vaut une certaine reconnaissance. Mais force est de constater les difficultés pour les animateur·ices de ces réseaux de développer ces approches. Une stratégie est déployée pour rapprocher les directions du Programme NEEDS, du PEPR « Science Amont pour le nucléaire de fission » et de l'OHM Fessenheim. L'objectif est d'améliorer le pilotage de la recherche en identifiant leurs complémentarités, en favorisant la mise en cohérence des questionnements et en permettant finalement une animation plus adaptée de la communauté académique, notamment pour développer la place des chercheur·ses en SHS dans ces réseaux.

Le manque de structuration de la communauté en SHS s'explique notamment du fait que les activités nucléaires sont source de controverses depuis des décennies et hautement investies politiquement. Le motif principal est la réticence des acteurs en présence à collaborer : les logiques du monde académique peuvent diverger de celles du monde industriel, et ce d'autant plus lorsque les activités relèvent du secteur nucléaire. La liberté académique des chercheur·ses, le caractère peu prévisible de leurs résultats et leurs discours potentiellement critiques ne correspondent pas aux objectifs des industriels, davantage tournés vers une maîtrise des protocoles de recherche, des résultats et de leur communication, notamment pour favoriser l'accroissement de l'acceptabilité sociale de leurs activités. Par ailleurs, leurs activités sont déjà scrutées d'un point de vue réglementaire par l'ASNR, et les exploitants nucléaires s'en tiennent à cette approche réglementaire. Les membres de la communauté académique souhaitent quant à eux explorer les choses au-delà du risque de la controverse ou au-delà de ces limites réglementaires. À titre d'exemple, cela peut passer par l'étude des possibilités de mesure et de caractérisation de certains radionucléides en-deçà des seuils d'analyses actuellement en vigueur. Pour autant, ces différences de perspectives ne sauraient occulter les enrichissements croisés potentiels entre les exploitants, les institutions comme l'Andra ou l'ASNR, et les chercheur·ses des universités. Le rôle d'un Observatoire du démantèlement, tel qu'il a été identifié par de nombreux·ses enquêté·es, serait justement de faciliter ces relations exploitant/monde académique.

2) Des outils pour favoriser le dialogue et la recherche

a) Un Observatoire du démantèlement conçu comme une Interface

L'observatoire pourrait être une interface, un espace d'intermédiation. Un moyen est d'en passer par une acculturation réciproque, c'est-à-dire par une compréhension mutuelle des conditions de travail et de production de connaissances de chacune des parties prenantes. Les objectifs poursuivis seraient un décloisonnement progressif par :

- la formulation d'enjeux communs de recherche,
- la visibilisation des projets de recherches de chaque partie prenante,
- l'identification actualisée régulièrement des compétences et des besoins respectifs,
- l'identification des interlocuteur·ices adéquat·es dans chaque institution pour faciliter les rapports,
- la désindividualisation des requêtes des chercheur·ses en matière d'accès à des données, des matériaux, des terrains de recherche (sur sites) etc.

Des rencontres régulières avec les partenaires permettraient cette acculturation, facteur favorisant à terme les collaborations, par la mise en lumière de ce que chacun peut ou ne peut pas faire, que ce soit pour des raisons techniques ou institutionnelles. Ces rencontres peuvent prendre la forme de réunions d'informations entre chargé-es de mission ou de présentations des organisations et de leurs travaux lors de séminaires.

Prenons un exemple concret : les chercheur-ses du monde universitaire développent des protocoles d'analyses de radionucléides en laboratoire, ils développent des savoirs et des techniques. Des articles scientifiques paraissent, des protocoles sont sur la paillasse... et ne sont jamais reproduits. Faute d'échange amont avec les exploitants pour connaître leurs besoins, faute de mise à connaissance des protocoles développés, ces derniers ne sont pas mobilisés car inadéquats au monde industriel ou peu visibles. Conséquence supplémentaire, combinée avec le manque de matériaux à analyser : les compétences ne sont pas maintenues ; un-e enquêté-e estime que pour différents protocoles d'analyses, il leur faudrait plusieurs mois pour être en capacité de les redéployer (reprenre les procédures, se refamiliariser avec le protocole...). Organiser un dialogue semble être une étape nécessaire et peu coûteuse pour améliorer la recherche.

b) Des Groupes de Travail thématiques pour animer la recherche

Pour répondre au besoin de dialogue et d'interdisciplinarité, des Groupes de Travail (GT) peuvent être construits sur la base de la trame des questions de recherches actuelles identifiées par la communauté enquêtée. De tels GT seraient des espaces au sein desquels des chercheur-ses et leurs institutions respectives pourraient se rencontrer et se rapprocher.

Comme indiqué, les axes de recherches ont été construits à partir des résultats de l'enquête de manière à croiser les approches disciplinaires d'une part, d'autre part à éviter de ramener chaque problématique à un champ particulier de la recherche ou à des communautés déjà constituées, ce pour voir émerger de nouveaux échanges. Une grande variété de sujets se dessinent dans les réponses de nos enquêté-es. Si tous ne seront pas approfondis, animer des discussions pour aborder certains d'entre eux est un objectif atteignable. Les GT pourraient être perméables les uns aux autres.

L'enjeu est d'animer des rencontres régulières pour voir émerger des collaborations, des projets transversaux, et avoir une communauté prête à répondre à des appels à projets pour financer des recherches dont les enjeux et méthodologies soient déjà discutés en amont.

c) Un réseau international sur le démantèlement pour enrichir le débat

Le nucléaire est un sujet international nourri par des législations et des pratiques nationales, qui peuvent différer d'un pays à l'autre. La classification et la gestion des déchets n'est pas faite partout de la même manière, comme par exemple l'approche par seuils de libération ou l'approche par le zonage. En matière de démantèlement, des pays privilégient le démantèlement immédiat quand d'autres préfèrent une mise sous cloche de plusieurs décennies avant démantèlement. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, et les impacts ne sont assurément pas les mêmes.

La comparaison internationale permet de prendre du recul sur ce qui, depuis une perspective centrée sur le contexte national, semblent être des invariants et qui sont pourtant propres à la France. Les regards croisés permettent de se dégager de narratifs qui ont imprégné la pensée et de les questionner. A cet égard, un sujet fort dans le cas français est la fiscalité locale et les flux financiers : la répartition des retombées économiques de la présence d'une centrale est l'une des préoccupations majeures des élus selon notre enquête, et la gestion de sa disparition dans le cas de la fermeture, alors que dans d'autres pays cet enjeu n'aura pas la même prépondérance puisque les flux financiers seront moindres.

Il y aurait un réseau international à structurer et à animer sur le démantèlement. A cette échelle, la priorité semble être de faire se rencontrer les acteurs autour d'études de cas et d'événements mêlant discussions scientifiques et visites de terrains.

B) Suivi d'indicateurs : quels enjeux autour des données ?

Un observatoire peut avoir pour mission la production et la mise à disposition de données, le suivi d'indicateurs, ou encore l'analyse des évolutions des variables. Cette mission peut requérir la mise en place d'un suivi systématique conséquent⁵⁶. Dans la perspective d'un observatoire du démantèlement, une telle démarche reposerait sur deux étapes principales. La première consiste à définir les variables et les indicateurs pertinents, en formulant des hypothèses de recherche qui en orientent le choix. La seconde vise à renseigner ces indicateurs. Elle implique tout d'abord d'identifier et de mobiliser les données existantes produites par les opérateurs, ce qui suppose notamment de clarifier qui les détient et comment y accéder, puis de produire les données complémentaires nécessaires, et enfin d'assurer un suivi longitudinal, intégrant la temporalité propre à chaque indicateur.

1) Définir des indicateurs de suivi

C'est un exercice difficile que de développer une méthode de suivi pluridisciplinaire visant à renseigner les impacts de la fermeture d'une centrale nucléaire. Dans l'ordre, il s'agit d'émettre des hypothèses, de problématiser des questions de recherche, puis de déterminer les indicateurs pertinents de suivi. Ces indicateurs doivent répondre à plusieurs critères, notamment celui de pouvoir être répliqués (ou transposés) sur différents sites en démantèlement. Cette approche permet de comparer les évolutions socio-écologiques induites et de révéler à la fois les phénomènes récurrents et les singularités propres à chaque situation. Le cas de Fessenheim illustre ce propos : son contexte transfrontalier France/Allemagne/Suisse et le projet de Technocentre constituent des particularités territoriales susceptibles d'influer de manière spécifique sur certains indicateurs.

Il convient par ailleurs de déterminer les échelles spatiales (locale, régionale, nationale, internationale) et temporelles à suivre. Pour chacun des indicateurs mobilisé, l'enjeu est de définir un état du socio-écosystème avant démantèlement (un Temps-0) à partir duquel étudier les variations et reconfigurations liées au démantèlement. Cela peut passer par la construction d'indicateurs à partir de bases de données déjà renseignées, par des méthodes

⁵⁶ À l'image de ce que réalise l'Observatoire Pérenne de l'Environnement de l'Andra, à Bure (<https://ope.andra.fr/>), ce qui en fait un exemple de partenaire avec lequel interagir pour discuter méthodologies de suivi d'indicateurs.

permettant de « remonter » dans le temps (carottages *etc.*), ou par la définition d'indicateurs basés sur des données non-existantes avant que le démantèlement ne débute. A la question temporelle s'adjoint celle de la fréquence du suivi (quotidien, mensuel, annuel, pluriannuel...). Les besoins exprimés par les enquêté-es s'organisent autour de deux approches complémentaires : l'exploitation de données existantes, la production de nouvelles données.

2) Exploiter les données existantes

Les enquêté-es partagent pour beaucoup le constat selon lequel de nombreuses données sont déjà acquises par divers opérateurs. Le problème est alors l'accès aux jeux de données existants. Deux cas de figure apparaissent.

Dans le premier cas, les données sont disponibles mais demandent une série d'opérations pour pouvoir les mobiliser : identifier leur existence, leur emplacement (institution en charge), les interlocuteur-ses dédié-es, les conditions de leur usage, les compétences pour les traiter. Les chercheur-ses sont demandeur-ses de support technique pour les accompagner dans ce travail. L'action d'un Observatoire du démantèlement pourrait être de recenser les données disponibles, les opérateurs en charge et les interlocuteur-ices au sein de ces institutions pour diriger toute demande vers les services adéquats. Cela fluidifierait les réflexions méthodologiques et permettrait de déterminer ce qu'il est possible ou non de faire.

Dans le second cas, les données existent mais ne sont pas partagées automatiquement. C'est le cas notamment pour des données produites par les exploitants nucléaires, pour diverses raisons. Les chercheur-ses académiques souhaiteraient accéder à certains de ces éléments et en passent le plus souvent par des demandes individuelles qui n'aboutissent pas toujours : les demandes sont en général adressées à un-e agent-e de l'exploitant, qui peut accéder ou non à la requête et l'obtention des données repose alors sur des relations interindividuelles, et les réponses sont soumises à décisions hiérarchiques. Les relations interindividuelles ont deux défauts : elles demandent de construire de la confiance – il s'agit dès lors de temps long –, et les agent-es peuvent changer de poste – tout est alors à reconstruire avec la-le nouvel-le interlocuteur-ice, et des collaborations qui fonctionnaient être interrompues. Le rôle d'un Observatoire du démantèlement serait alors de dialoguer avec les exploitant-es pour faire part des recherches en cours dans le monde académique, des besoins en général des chercheur-ses et des besoins particuliers le cas échéant, et d'organiser une médiation interinstitutionnelle pour dégager l'accès aux données des seules relations interpersonnelles des chercheur-ses.

En résumé, en organisant un dialogue régulier avec différentes institutions et chercheur-ses, l'Observatoire du démantèlement aurait pour rôle de recenser les données existantes, de favoriser l'accès aux chercheur-ses à ces dernières, et de faire émerger en creux les données manquantes.

3) Produire des données manquantes

Quand nous interrogeons les chercheur-ses sur la nature des données qui n'existent pas et qu'il faudrait alors produire pour renseigner des suivis analytiques, la plupart d'entre eux indiquent ne pas identifier de données nouvelles à produire. Parmi eux, certain-es affirment

qu'il faudrait en produire, mais ne savent pas lesquelles précisément. Une partie des chercheur·ses estime qu'il faudrait monitorer l'environnement de la centrale nucléaire, en complément de ce que font entre autres l'ASNR et l'exploitant, en particulier pour étudier les mécanismes de transfert des radionucléides dans divers compartiments (air, eau, sols, chaîne trophique).

En termes de financement de la recherche, ce n'est qu'une fois qu'il a été fait preuve de l'intérêt scientifique et de l'inexistence des données en question qu'un programme de recherche est financé – et plus particulièrement de l'instrumentation. Il est donc nécessaire d'en passer par l'ensemble de ce processus pour justifier des investissements à réaliser. Aussi, la production de données demande de l'ingénierie et des compétences spécifiques (relevés, traitements des données, stockages et mises à disposition dans les espaces dédiés, analyses...) dans le temps court pour des études ponctuelles, dans le temps long pour des suivis pluriannuels. Dans un double objectif d'économie et de pédagogie, plusieurs chercheur·ses estiment possible de réaliser un certain nombre de relevés dans le cadre d'ateliers de formations universitaires (licences, masters).

Les représentant·es des collectivités territoriales estiment également ne pas savoir quelles données complémentaires pourraient être produites pour les accompagner dans leurs missions et améliorer les prises de décisions. Cependant, plusieurs ont exprimé leur intérêt vis-à-vis de l'existence d'un outil – un Observatoire du démantèlement – dont ils pourraient se saisir en lui formulant des questions auxquelles il pourrait proposer des réponses sous la forme d'études. Notons qu'aucune donnée nouvelle à suivre n'a été citée pour des indicateurs en SHS.

En suivant cette méthode de travail, l'Observatoire du démantèlement aurait un rôle de support à la recherche et viendrait bien *en complément* de l'existant. C'est encore un rôle de facilitateur et d'interface qui émerge ici : interface entre les chercheur·ses dans la définition des indicateurs de suivi, interface entre chercheur·ses et opérateurs produisant des données, interface entre chercheur·ses et financeurs.

C) Actions complémentaires

Un Observatoire du démantèlement peut porter différentes actions. Plusieurs ont pu être évoquées lors de l'enquête. La liste suivante n'est pas hiérarchisée : ce sont autant d'actions potentielles à réaliser, leur pertinence dépendant des membres de cet observatoire et de ce qu'ils souhaitent en faire.

1) Collecte d'histoires orales

Plusieurs personnes ont manifesté leur intérêt pour un travail sur l'archivage des mémoires. Plusieurs noms ont pu être évoqués : « *Banque de Mémoires* », « *Archives Mémoires* », « *Collecte d'Histoires Orales* ». L'idée revient à plusieurs reprises, mais elle ne recouvre pas les mêmes objectifs selon l'enquêté·e. Deux finalités principales ont été citées. En premier lieu, des chercheur·ses veulent récolter des mémoires d'habitant·es, d' élu·es, de militant·es, d'ingénieur·es, de cadres *etc.* Ici, c'est la mémoire des acteurs locaux qui est privilégiée, vue comme un patrimoine immatériel. En second lieu, des chercheur·ses sont davantage

intéressé·es par la mémoire de l'exploitation du site à des fins d'amélioration du démantèlement en pratique. Lors des entretiens, les avis des enquêté·es sont tranchés sur la démarche à prioriser (la première ou la seconde). Pourtant ces deux approches ne sont pas excluant l'une de l'autre. Au contraire, elles visent toutes deux une mise en mémoire, et les démarches peuvent s'enrichir. L'intérêt d'une mise en dialogue est illustré ici : toute une discussion méthodologique peut être organisée pour déterminer que faire et à quelles fins, avec qui et comment : quelles sont les finalités des collectes ? Quels sont les publics concernés ? Comment collecte-t-on les mémoires ? Comment les archive-t-on et les met-on à disposition ?

2) Organiser les échanges sur la Métrologie de la radioactivité

Comme indiqué, un enjeu est l'amélioration de la sûreté par l'amélioration des méthodes d'analyses de la radioactivité. Plusieurs acteurs enquêté·es (chercheur·ses, représentant·es d'institutions liées à l'énergie nucléaire, associations) font un constat commun – voire partagent de l'inquiétude : un cloisonnement croissant apparaît entre les institutions liées au nucléaire. Une des conséquences est la disparition des espaces de discussion concernant les méthodes de mesure de la radioactivité et de la comparaison des résultats. Un Observatoire du démantèlement pourrait se positionner à l'animation d'un espace ouvert aux experts pour pallier ce phénomène. Il s'agirait d'un espace centré sur les méthodologies de la métrologie de la radioactivité, visant à maintenir ouverte la controverse et les apports croisés des différentes approches.

3) Centraliser et vulgariser l'information

L'information technique disponible sur le démantèlement est abondante. Il peut être difficile de trouver une information et elle n'est pas toujours compréhensible pour un·e non-expert·e. L'Observatoire du démantèlement pourrait rassembler de l'information technique et proposer des supports de vulgarisation pour permettre aux citoyen·nes de s'informer (fiches synthétiques, infographies...). La collaboration entre la CLI des Monts d'Arrée (centrale de Brennilis) et l'Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest (ACRO) est inspirante : l'ACRO a été sollicitée pour aider les membres de la CLI à défricher et à comprendre un dossier technique d'EDF de près de 2000 pages. Des expériences de ce type peuvent être reproduites.

4) Recensement bibliographique collaboratif

Les impacts du démantèlement d'une centrale nucléaire couvrent un large champ de sujets et disciplines. Un nombre important de documents techniques et scientifiques existent, que la plupart des acteurs pourtant intéressés méconnaissent. L'objectif serait de mettre en commun les bibliographies des chercheur·ses sur le nucléaire et le démantèlement pour que tout un chacun puisse découvrir et accéder à de nouvelles ressources qu'il ou elle n'avait pas identifiées. Cette démarche aurait d'autant plus d'intérêt si elle était déployée à une échelle internationale. Il faudrait alors définir une classification et mobiliser les chercheur·ses autour de cet outil évolutif. Une première impulsion pour alimenter le recensement et voir quels usages en seraient faits permettrait de connaître son utilité et les modifications éventuelles à y apporter pour le faire vivre dans le temps.

Conclusion

Le démantèlement d'un CNPE représente une opération technique et administrative, mais soulève également des enjeux plus larges de recherche autour de la complexité de ses impacts socio-écologiques. L'enquête menée auprès d'acteur·rices aux profils variés a permis d'identifier les questions scientifiques relatives à ces impacts et les modalités permettant de favoriser la recherche sur ces sujets. À ces fins, et à travers les réponses des enquêté·es, un « Observatoire Académique des Impacts du Démentèlement d'infrastructures nucléaires en France » a été esquissé, conçu principalement comme une interface au service de la recherche interdisciplinaire, du dialogue entre les différentes parties prenantes, de l'élaboration et du suivi d'indicateurs, et ayant pour objectif un meilleur accompagnement des transitions dans les territoires qui connaîtront des fermetures de CNPE. Un tel outil n'aurait pas nécessairement pour fonction de piloter des recherches. Il pourrait s'intégrer comme un acteur clé de l'articulation entre les disciplines scientifiques, les institutions et les territoires.

Le démantèlement est une étape d'un processus global : la fermeture. Si la question du démantèlement est à l'origine de l'étude synthétisée dans cet article, il apparaît que les thématiques abordées par les enquêté·es dépassent cette seule étape ; elle est « poreuse » : la façon dont les acteur·ices identifient les impacts du démantèlement ne permet pas souvent de les dissocier des impacts de la fermeture dans son ensemble, en particulier en sciences humaines et sociales.

En ce qui concerne le CNPE de Fessenheim, les résultats participeront à orienter et à structurer les thématiques de recherche liées à la phase de démantèlement, tout en consolidant l'analyse des autres temps de la fermeture. L'enquête ayant confirmé l'OHM Fessenheim dans sa méthodologie, les résultats pourraient contribuer également à identifier les leviers d'action dont il pourrait se saisir pour participer à la structuration et à l'animation de la communauté scientifique et pour faciliter la recherche sur les impacts de la fermeture d'infrastructures nucléaires en France.

Financement

Ce travail a bénéficié :

- du projet CO2InnO, qui est financé par l'Union Européenne (Interreg Upper Rhine 2021–2027, A1.3)
- du soutien de l'OHM Fessenheim à travers une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) au titre du LabEx DRIHM, programme Investissements d'avenir (ANR-11-LABX-0010),
- du soutien de l'Institut Thématique Interdisciplinaire Switch, programme ITI 2021-2028 de l'Université de Strasbourg, du CNRS et de l'Inserm à travers des aides de l'État gérées par l'ANR au titre des programmes ExcellencES (SensSus, ANR-23-EXES-0012) et SFRI (STRASTU'US, ANR-20-SFRI-0012) dans le cadre de France 2030.

Remerciements

Ce travail est issu d'une réflexion collective sur la place du monde académique dans l'étude du démantèlement et dans l'accompagnement des transitions en cours. Nous remercions

chaleureusement l'ensemble des personnes enquêtées pour leur temps et leurs contributions. Les synthèses dont nous rendons compte ici n'engagent personne d'autre que les auteur·ices de l'article.

Bibliographie

Arbor Nicolas (coord.), Badariotti Dominique, Berrod Frédérique, Boltovea Maria, Chabaux François, Greullet Fanny, Kozderka Michal, Labat Aurélio, Quaranta Gaëtana, Ribon Benoît, Robineau Paul, Rose Bertrand, Schellenberger Thomas, 2025, « Rapport du lot de travail n°7. "Fessenheim" », pp. 183-208, in *CO2InnO Interreg Rhin supérieur 2021-2027. Rapport final*, Université de Fribourg, 217 p.

Autorité de Sûreté du Nucléaire, 2017, *Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2016*, 540 p.

Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection, 2016, « Guide n°6, Arrêt définitif, démantèlement et déclassé des installations nucléaires de base », *Guides de l'ASNR*, 36 p.

Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection, 2022, « Chapitre 13. Le démantèlement des installations nucléaires de base », pp. 334-351, in *Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2021*, 380 p.

Chenorkian Robert, Robert Samuel (dir.), 2014, *Les interactions hommes-milieus*, Éditions Quæ, <https://doi.org/10.3917/quae.cheno.2014.01>.

Iguider Mehdi, Robineau Paul, Kozderka Michal, Boltovea Maria, Quaranta Gaetana, 2024, « Life cycle assessment of an upcoming nuclear power plant decommissioning: the Fessenheim case study from public data », *International Journal of Life Cycle Assessment*, 29 (7), pp. 1229-1245, <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02315-9>

Léger Marc, 2020, « La recherche nucléaire en France – Aperçu historique et juridique », pp. 85-108, in Jaeger Laura, Denolle Anne-Sophie et Teles Da Silva Dhiego (dir.), *Droit nucléaire. Nucléaire et recherche*, Presses Universitaires d'Aix-Marseille, 179 p.

Préfecture du Haut-Rhin, 2019, *Projet de Territoire. Notre ambition commune pour l'avenir du territoire de Fessenheim*, 28 p.

Robineau Paul, Boltovea Maria, Arbor Nicolas, Quaranta Gaetana, 2025, « Radiological impact of the Fessenheim Nuclear Power Plant decommissioning through prospective Life-Cycle and Risk Assessment approaches », *Science of the Total Environment*, 974, pp. 179-200, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179200>.

Le stockage géologique des déchets radioactifs au prisme du droit français de la propriété

Philippe BILLET

Professeur agrégé de droit public, Université Jean Moulin Lyon 3
Directeur de l'Institut de droit de l'environnement de Lyon (EVS-IDE,
UMR 5600)

Résumé : La présomption de propriété du sous-sol au bénéfice du propriétaire du sol autorise une stratification juridique de la propriété foncière, qui permet d'envisager une expropriation en volumes pour constituer un stockage souterrain de déchets radioactifs. La nature de cette activité impose cependant de revisiter les rapports traditionnels de la propriété avec les propriétés voisines et les tiers et d'inscrire ces rapports dans le long terme, avec des garanties adaptées.

Mots-clés : Déchets radioactifs ; Stockage ; Propriété souterraine ; Présomption ; Domaine public ; Générations futures ; Garanties

Abstract : *The presumption that the owner of the land also owns the subsoil allows for a legal stratification of land ownership, which makes it possible to consider expropriation by volume in order to create an underground repository for radioactive waste. However, the nature of this activity requires a re-examination of traditional property relations with neighboring properties and third parties, and for these relations to be established on a long-term basis, with appropriate guarantees.*

Keywords : Radioactive waste; Storage; Underground property; Presumption; Public domain; Future generations; Guarantees

Nicolas Pauthe a bien posé les termes de la question de la propriété et nous changerons de perspective en donnant à cette propriété un peu plus de profondeur, autant qu'il a su lui donner de la hauteur, en nous attachant à la question du stockage géologique des déchets radioactifs « au prisme du droit de propriété français ». Nous en soulignons l'angle d'attaque suggéré par les organisateurs de ces journées d'étude, car le sujet devrait pouvoir, selon notre perspective, être abordé d'une façon différente, en inversant ses termes, nous invitant ainsi à envisager « Le droit de propriété au risque du stockage géologique de déchets radioactifs » ou, de façon moins manichéenne, le droit de propriété « au prisme » du stockage géologique de ces déchets. De notre point de vue, en effet, c'est plus le droit de propriété, régime pourtant éprouvé par plus de deux siècles de mise en œuvre, qui est questionné par ce nouvel usage du sous-sol et les matériaux qui y sont stockés à long terme, que ce stockage souterrain qui est conditionné par les questions de propriété : une « simple » appropriation publique suffirait à régler la question, de façon amiable ou contrainte, comme quelques servitudes devraient permettre d'apaiser les potentiels conflits avec les propriétés voisines. Appropriation, c'est-à-dire un mouvement translatif de propriété, car le sous-sol n'est pas de plein droit propriété d'une personne publique alors même que le sol serait approprié privativement, contrairement aux règles en vigueur dans certains pays. Ce qui implique de s'interroger sur le statut de la propriété souterraine (I) et ses possibles démembrements en volume (II) avant de voir comment la propriété peut s'inscrire dans le temps long et être conditionnée par la temporalité du stockage, comment cette affectation peut conduire à en encadrer l'usage (III).

I) Le statut de la propriété du dessous

Le stockage géologique des déchets radioactifs à vie longue, sous terre donc, rappelle opportunément que le droit de propriété est un droit en volumes, ainsi que l'a construit l'article 552 du code civil, aux termes duquel : « *La propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous* ». Ce qui implique, *a priori*, que le propriétaire du sol est propriétaire de tout ce qui se trouve sous la surface de son sol. Mais ce dessous apparaît comme le « parent pauvre » du droit de propriété¹ comme s'il souffrait d'une dictature de visible, la propriété pleine et entière paraissant n'exister que dans les limites du perceptible. Il n'en existe pas moins et n'en constitue pas moins un objet approprié (et appropriable) : il faut bien reconnaître qu'il existe une propriété souterraine comme il existe une propriété du sol ou une propriété du dessus, avec leurs caractéristiques propres². Même s'il convient de les relativiser, le propriétaire du sol a des droits sur cet espace subterranéen : l'article 552 du code civil conclut, en effet, que le propriétaire peut « *faire au-dessous toutes les constructions et fouilles qu'il jugera à propos, et tirer de ces fouilles tous les produits qu'elles peuvent fournir, sauf les modifications résultant des lois et règlements relatifs aux mines, et des lois et règlements de police* ». Dès lors, vouloir stocker des matières radioactives dans le sous-sol implique sinon la propriété dudit dessous du sol, à tout le moins l'autorisation du propriétaire de ce dessous d'utiliser cet espace lui appartenant, avec tous les espaces accessoires permettant de rendre opérationnel ce stockage souterrain (accès, aération...), pour éviter qu'il devienne un enfouissement sans réversibilité possible.

Mais à quelle profondeur s'étend la propriété souterraine ? Le code civil est muet sur la question, qui vise « seulement » un « dessous » non défini matériellement et des actions qui constituent les droits potentiels du propriétaire sur celui-ci.

Le droit romain défendait une propriété « *Usque ad inferos* », « jusqu'aux Enfers », formule qui n'a pas été consacrée, dans son principe, par le droit civil napoléonien. Son silence sur l'étendue matérielle du droit de propriété signifie-t-il que ce droit s'étendrait « *jusqu'à une profondeur illimitée* », permettant ainsi au propriétaire du sol de revendiquer des droits jusqu'au centre de la Terre, fors les règles du droit minier ? Rien n'est moins sûr : la conception d'une propriété limitée en profondeur ne ressort pas clairement des travaux préparatoires du code civil et il semble qu'il n'en fût jamais question. Il serait donc possible, selon la doctrine, de circonscrire cette propriété « *par un cône irrégulier dont le sommet serait au centre de la terre et dont la surface latérale serait engendrée par une droite mobile par le sommet et se mouvant de telle façon qu'elle suive le contour limitant chaque propriété du sol. Quant à la base de ce cône, elle serait l'infini* ».

Cette « *mégalo manie de la propriété* », selon l'expression du Doyen Savatier³, cède cependant devant le pragmatisme d'une approche utilitariste et finaliste du droit : aussi loin qu'on peut techniquement descendre, « *le besoin et l'industrie sont les deux principes créateurs de la propriété (...). Il [l'homme] exerce ce droit par l'occupation, par le travail, par l'application raisonnable de ses facultés et de ses forces* »⁴. Dans cette perspective, le droit de propriété

¹ Selon l'expression de C. Bersani, L'appropriation du sous-sol in J. Frébault (dir.), *La propriété : un droit inviolable et sacré*, ADEF 1989.

² V. Ph. Billet, *La protection juridique du sous-sol en droit français*, Thèse, Droit, Lyon 3, déc. 1994.

³ R. Savatier, *La propriété de l'espace* : D. 1965, p. 214.

⁴ Portalis, Discours sur la loi sur la propriété du 6 pluviôse an 12 (27 janvier 1804), in J.-B. Sirey, *Recueil général des lois et des arrêts en matière civile, criminelle, commerciale et de droit public depuis l'avènement de Napoléon, Lois et décisions diverses*, t. VII, 1807, p. 449.

d'une personne sur une chose n'existe, et n'est reconnu et protégé, qu'en fonction de l'usage qu'en fait son titulaire. Si, de son propre fait ou en raison d'une impossibilité matérielle, le propriétaire n'exerce pas ses prérogatives, néglige son droit, l'intérêt social qui réside dans la protection de la propriété s'estompe et peut justifier la réduction de ce droit, voire la distraction du patrimoine de son titulaire. La profondeur du sous-sol approprié est donc, dans cette conception, relative, dépendant de contingences techniques ou de la volonté du propriétaire. Le droit de propriété n'apparaît alors plus que comme une faculté légale et non comme un droit absolu : si son titulaire, qui en dispose virtuellement, s'abstient de l'exercer, il ne peut prétendre à la plénitude de ses droits et doit accepter que des atteintes puissent lui être portées. On n'est pas loin, dans cette perspective, de *l'intérêt pratique* défendue par von Jhering, la propriété dans la profondeur devant s'arrêter là où cesse tout intérêt appréciable. Ainsi, le propriétaire du fonds « *devra supporter qu'à une profondeur où il ne lui est plus possible d'utiliser lui-même sa propriété, d'autres qui sont en mesure d'en tirer parti, viennent l'utiliser* »⁵. A défaut, il y aurait opposition abusive du droit de propriété à la collectivité ou à des tiers, puisque l'interdiction d'utilisation de la chose par d'autres ne présenterait aucun intérêt pour son propriétaire. C'est l'option qui a été retenue, ainsi que nous le verrons, pour apprécier le montant de l'indemnisation de l'expropriation du sous-sol. La propriété est affirmée cependant, sans laquelle il n'y aurait pas besoin de procéder à une expropriation. Une conception plus « matérialiste » de la propriété souterraine prétend enfin imposer certaines limites en profondeur : dès lors que la propriété suppose la possibilité de se rendre maître d'une chose, d'en disposer à son gré, si une chose échappe à cette appropriation, il ne peut plus y avoir de propriété. Ainsi, la propriété du sous-sol n'existe vraiment « *que dans la mesure où le tréfonds est susceptible d'une utilisation effective* » et elle doit s'étendre « *jusqu'aux limites extrêmes que l'homme peut atteindre* » défendaient notamment Marty et Reynaud⁶. Ce qu'a admis, de façon pragmatique, le tribunal de grande instance de la Seine, qui a jugé que « *le tréfonds n'est pas indéterminé, car s'il est théoriquement illimité en profondeur, son utilisation est fonction de la nature des couches géologiques traversées* ». Ces limites en profondeur peuvent donc être repoussées au fur et à mesure de l'évolution du progrès technique, mais elles sont surtout liées à l'utilisation qui peut être faite du sous-sol. Serait ainsi maître des profondeurs souterraines celui qui peut atteindre effectivement ces profondeurs, impliquant la possibilité d'en priver le propriétaire du sol, incapable d'en faire autant, sous réserve de régler la question de l'accès à ce sous-sol en vue d'en distraire l'usage au profit d'un tiers mieux doté techniquement.

Cette question de la profondeur de l'espace approprié n'est pas sans conséquence sur la reconnaissance des droits du propriétaire de la surface, comme peut l'illustrer le régime de l'indemnisation de l'expropriation des volumes souterrains. S'il y a expropriation, il y a nécessairement caractérisation d'une appropriation souterraine, mais l'évaluation de l'indemnisation est conditionnée par l'utilité du bien, dont le gouvernement dépend de la profondeur. Ainsi, aux termes de l'article L. 322-2 du code de l'expropriation, si les indemnités allouées au propriétaire doivent couvrir l'intégralité du préjudice direct, matériel et certain causé par l'expropriation « *est seul pris en considération l'usage effectif des immeubles et droits réels immobiliers un an avant l'ouverture de l'enquête [préalable à la déclaration*

⁵ R. von Jhering, Des restrictions imposées aux propriétaires fonciers dans l'intérêt des voisins, in *Oeuvres choisies*, trad. O. de Meulenaere, Paris, éd. Chevalier-Maresq et Cie, 1893, T. II, p. 101.

⁶ G. Marty et P. Reynaud, Droit civil, t. II, 2^e vol., Les Biens, Sirey 1965.

d'utilité publique]. »⁷. Dans cette perspective, l'indemnisation ne repose pas seulement sur la valeur intrinsèque du fonds, mais est tempérée par sa valeur subjective, fondée sur le comportement de son propriétaire et le rapport d'usage entretenu avec son bien. Si la valeur objective du sous-sol, bien approprié, doit certainement être prise en compte dans l'estimation du prix du fonds exproprié (tréfonds minier, nappe phréatique...), il convient de considérer que la non-utilisation du sous-sol justifie une indemnité moindre que dans l'hypothèse d'un sous-sol exploité, voire une absence d'indemnisation à partir du niveau où cesse toute utilisation, là où l'exercice effectif de la propriété prend fin. L'exercice du droit, et non la propriété en tant que telle, devient un critère déterminant de la valeur du tréfonds.

Cette interprétation des dispositions du code de l'expropriation à la lumière des théories « finalistes » de la propriété ne peut cependant être retenue pour fixer les limites en profondeur du droit de propriété. Des dispositions d'ordre procédural ne sauraient tenir en échec le principe de la propriété souterraine reconnu sans limite en profondeur par le code civil, au risque de confondre effet et cause. Si les dispositions de l'article 545 du code civil conduisent à indemniser toute cession forcée de propriété par voie d'expropriation, l'absence d'indemnisation n'implique pas absence de droit de propriété. Il faut en effet tenir compte des autres paramètres qui interviennent dans l'évaluation du préjudice de dépossession, notamment la nature du terrain, son emplacement, la profondeur et l'étendue de l'emprise, les possibilités présentes et futures d'utilisation du sous-sol : ces éléments peuvent conduire à ne pas indemniser l'expropriation du tréfonds à partir d'une certaine profondeur, sans pour autant rejeter l'existence d'un droit de propriété illimité sur le sous-sol. En définitive, s'il n'y a pas indemnisation en fonction de la profondeur d'expropriation du tréfonds, c'est qu'il n'y a pas préjudice, mais pas absence de propriété du sous-sol.

Ce découpage en profondeur, incidemment, interroge sur la possibilité de constituer une propriété en volumes, sur la base d'une stratigraphie juridique permettant de détacher de la propriété souterraine les espaces nécessaires à la constitution d'un volume dédié au stockage de déchets radioactifs et ses éléments accessoires, dont les accès. A moins de préférer en détacher un volume global, mais les conséquences sont les mêmes : il y aurait création et superposition de volumes appropriés distinctement, avec l'organisation d'une circulation entre ces volumes, en tant que de besoin, à peine d'en stériliser l'usage.

II) La stratification juridique du sous-sol

La force attractive de la propriété du sol trouve son origine dans le droit d'accession, selon lequel « *La propriété d'une chose, soit mobilière, soit immobilière, donne droit sur tout ce qu'elle produit et sur ce qui s'y unit, soit accessoirement, soit naturellement, soit artificiellement* » (C. civ., art. 546). Ce principe n'a cependant pas l'automaticité que sa rédaction semble lui conférer : si la propriété du sol emporte celle du dessous, « *toutes constructions, plantations et ouvrages sur un terrain ou dans l'intérieur sont présumés faits par le propriétaire à ses frais, et lui appartenir, si le contraire n'est prouvé ; sans préjudice de la propriété qu'un tiers pourrait avoir acquis ou pourrait acquérir par prescription, soit d'un souterrain sous le bâtiment d'autrui, soit de toute autre partie du bâtiment* » (C. civ., art. 553). Le droit civil ne fonde donc, au profit du propriétaire du sol, qu'une simple présomption de la

⁷ Dispositif validé par C. const., Déc. n° 2021-915/916 QPC du 11 juin 2021, M. Abdul S. et autres [Modalités d'évaluation judiciaire de l'indemnité d'expropriation] : JO 12 juin 2021, texte n° 82.

propriété du dessous : tout ce qui est dans le sous-sol est présumé être rattaché à la propriété de la surface, sauf si la preuve contraire peut être rapportée⁸. Le droit civil admet ainsi la possibilité d'une stratification juridique de la propriété foncière et tréfoncière et, partant, une autonomie juridique de l'un par rapport de l'autre en termes de propriétés, sous réserve d'organiser les servitudes nécessaires à la circulation depuis le sol jusqu'à ces volumes appropriés, qu'ils soient superposés ou juxtaposés.

Les juridictions judiciaires et administratives ont ainsi reconnu que le sol peut appartenir à un particulier, et le sous-sol ou son contenu à une personne publique, et inversement ; que le sol et le sous-sol puissent être partagés entre deux personnes privées ou entre deux personnes publiques. Cette présomption n'admet cependant pas de réciprocité : elle n'a d'effet qu'à partir du sol naturel et de lui seul. Le sol est donc le principal autour duquel toute propriété sous-jacente ou supérieure doit s'articuler : ni la propriété du dessous, ni celle du dessus ne peuvent emporter la propriété du sol, ni même - plus simplement - la laisser présumer.

Cette solution permet d'envisager un découpage en volumes de la propriété et de céder ces volumes selon diverses modalités (gré à gré, donation...) y compris par voie d'expropriation en se fondant sur les vertus de l'utilité publique. C'est cette dernière option qui a été retenue par le décret n° 2022-993 du 7 juillet 2022 déclarant d'utilité publique le centre de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue Cigéo⁹. Procédant à un découpage dans le volume souterrain, il déclare d'utilité publique au profit de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) :

« les travaux de création du centre de stockage en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue (Cigéo) mentionné à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement. Conformément au plan général des travaux figurant à l'annexe 1 du présent décret, ce centre de stockage comprend :

- 1° Une zone de descenderie située à Bure (Meuse), Gillaumé (Haute-Marne) et Saudron (Haute-Marne) ;*
- 2° Une zone de puits située à Mandres-en-Barrois (Meuse) et Bonnet (Meuse) ;*
- 3° Une liaison intersites située à Bure (Meuse) et Mandres-en-Barrois (Meuse) ;*
- 4° Une installation terminale embranchée située à Gondrecourt-le-Château (Meuse), Horville-en-Ornois (Meuse), Gillaumé (Haute-Marne) et Cirfontaines-en-Ornois (Haute-Marne) ;*
- 5° Une zone d'implantation des ouvrages souterrains située à Bure (Meuse), Mandres-en-Barrois (Meuse), Bonnet (Meuse), Ribeaucourt (Meuse), Houdelaincourt (Meuse) et Saint-Joire (Meuse). ».*

Les termes de cet article 1^{er} sont assez ambigus quant au champ matériel de l'expropriation selon qu'elle concerne le sol et/ou le sous-sol en même temps ou de façon distincte, notamment lorsqu'il est fait état d'une « zone d'implantation des ouvrages souterrains ». La question est essentielle, car l'expropriation du seul sol n'emporte pas nécessairement celle du sous-sol sous-jacent, s'il n'est pas mentionné expressément dans la décision reconnaissant

⁸ « La présomption de propriété du dessous au profit des consorts X..., propriétaires du sol n'est susceptible d'être combattue que par la preuve contraire résultant d'un titre, quel qu'en soit le titulaire, ou de la prescription acquisitive » (Civ. 3^e, 13 mai 2015, pourvois n° 13-27342 et 14-15678 : Bull. civ. 2015, III, n° 44. Dans le même sens, Civ. 3^e, 12 juillet 2000, pourvoi n° 97-13.107 : Bull. civ. 2000, III, n° 144).

⁹ JO, 8 juill. 2022.

l'utilité publique du projet. Il faut se référer à la fois au plan général des travaux (qui figure en annexe du décret du 7 juillet 2022) et à l'article 3 de ce décret pour lire que : « *Les expropriations ne concernant que les tréfonds sont réalisées avant la fin de la phase industrielle pilote prévue par l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement et au plus tard le 31 décembre 2050.* ». Ce qui signifie que le sol reste acquis en pleine propriété à son propriétaire initial, consacrant formellement une partition en volumes et la création d'enclaves de propriété publiques au sein d'une propriété souterraine appartenant au propriétaire du sol.

L'identification des structures géologiques adéquates et la constitution de cet espace de stockage aura nécessité au préalable une autre atteinte à la propriété par la mobilisation de loi du 29 décembre 1892 sur les dommages causés à la propriété privée par l'exécution des travaux publics, à laquelle renvoie formellement la loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs pour exécuter les travaux de recherche préalables à l'installation des laboratoires : « *Les travaux de recherche préalables à l'installation d'un laboratoire souterrain ou d'un centre de stockage en couche géologique profonde sont exécutés dans les conditions prévues par la loi du 29 décembre 1892 sur les dommages causés à la propriété privée par l'exécution des travaux publics.* »¹⁰. Aux termes de cette loi, l'autorisation préfectorale de pénétrer dans les propriétés privées pour y exécuter les opérations nécessaires à l'étude des projets de travaux publics confère à son titulaire, à l'intérieur d'un périmètre défini, le droit exclusif de procéder à des travaux en surface et en sous-sol et celui de disposer des matériaux extraits à l'occasion de ces travaux. Les propriétaires des terrains sont indemnisés soit par accord amiable avec le titulaire de l'autorisation, soit comme en matière d'expropriation et il peut être procédé, au profit de ce titulaire, à l'expropriation pour cause d'utilité publique de tout ou partie de ces terrains.

Le droit de propriété – même souterrain - constitue un fragile rempart contre l'intérêt public du projet, dès lors que « *les inconvénients qu'il présente, notamment en termes de coût, ne présentent pas un caractère excessif de nature à lui retirer son caractère d'utilité publique.* »¹¹. Ce d'autant moins que le Conseil constitutionnel a « *déclaré conformes à la Constitution les dispositions de l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement en ce qu'elles prévoient que le stockage de déchets radioactifs dans un centre de stockage en couche géologique profonde est soumis à une exigence de réversibilité, mise en œuvre selon des modalités précises et pendant une durée minimale, en retenant qu'il résulte des termes mêmes de l'article L. 542-10-1 que la gestion des déchets radioactifs doit être assurée dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement et que la mise en œuvre des moyens nécessaires à la mise en sécurité définitive des déchets radioactifs doit prévenir ou limiter les charges qui seront supportées par les générations futures et en jugeant que cet article entoure la création et l'exploitation d'un tel centre de garanties propres à assurer le respect de ces exigences.* »¹². L'utilité publique en sort renforcée par les garanties apportées -

¹⁰ Art. 7 : JO 1^{er} janv. 1992 (C. envir., art. L. 542-6).

¹¹ CE, 1^{er} déc. 2023, n° 467331, Assoc. Meuse Nature Environnement *et al.*, § 77.

¹² Ibid., § 67. Le Conseil d'Etat cite ainsi Cons. const., 27 oct. 2023, n° 2023-1066, QPC, Assoc. Meuse nature environnement et autres [Stockage en couche géologique profonde des déchets radioactifs]. V. J. Rochfeld et L. Fontbaustier, Le Conseil constitutionnel et les intérêts des générations futures : à propos de Cons. const., 27 oct. 2023, n° 2023-1066, QPC : *JCP G*, déc. 2023, n° 49, p. 2156 s. ; M. Moliner-Dubost, Droit des générations futures à un environnement équilibré et respectueux de la santé et stockage des déchets radioactifs La prudente audace du Conseil constitutionnel (observations sur deux oxymores) : *AJCT*, janv. 2024, p. 35 ; J.-C. Rotouillié, Le Conseil constitutionnel face au droit des générations futures et des autres peuples : *AJDA* 2024, p. 216 s. ; E. Gaillard, Vers la reconnaissance d'un droit des générations futures ? - Réflexions autour de la QPC n° 2023-1066 relative au stockage des déchets radioactifs en couche géologique profonde : *EEI* 2023, comm. 93.

a priori - aux générations futures, un poids supplémentaire dans la balance, en faveur du projet.

Ces garanties techniques sont déterminantes pour éviter que l'exercice d'un droit en principe absolu soit la source de dommages aux tiers, même non actuels, même fictifs, mais, à aucun moment, n'est posée la question de qualification de la propriété souterraine elle-même comme une garantie sur le long terme, qui conditionnerait son usage au temps long.

III) L'assujettissement de la propriété à la temporalité du stockage

La qualification de la propriété du volume souterrain de stockage devrait pouvoir apporter une garantie supplémentaire, intellectuelle dans ses contours en même temps que concrète dans ses effets, de la même façon que son usage devrait pouvoir être conditionné par le terme inédit de sa mise en œuvre, sans limite temporelle prédéterminée.

Il faut en effet, dans un premier temps, s'interroger sur la possible mobilisation de la garantie déterminante qu'est la pérennité propre à la domanialité publique. Quelle est, de fait, la nature juridique de la propriété d'un stockage souterrain établi et exploité par l'ANDRA ? Propriété publique, à n'en pas douter, puisque l'ANDRA est un établissement public industriel et commercial et, comme tel, personne morale de droit public à vocation spéciale (C. envir., art. L. 542-12), chargée d'un service public particulier, à plusieurs facettes et notamment celle « *De concevoir, d'implanter, de réaliser et d'assurer la gestion de centres d'entreposage ou des centres de stockage de déchets radioactifs compte tenu des perspectives à long terme de production et de gestion de ces déchets ainsi que d'effectuer à ces fins toutes les études nécessaires* » (C. envir., art. L. 542-12, 5°). Cette mission de service public est incontestable : comme le précise l'article L. 542-1 C. envir., « *La gestion durable des matières et des déchets radioactifs de toute nature, résultant notamment de l'exploitation ou du démantèlement d'installations utilisant des sources ou des matières radioactives, est assurée dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement* ».

Cette situation permet de vérifier les critères de la domanialité publique de l'article L. 2111-1 du code général de la propriété des personnes publiques, à savoir un bien propriété d'une personne publique affecté à un service public, pourvu qu'en ce cas il ait fait l'objet d'un aménagement indispensable à l'exécution des missions de ce service public. En l'occurrence, cet aménagement procède de la constitution même du stockage souterrain et de ses éléments accessoires propres à permettre son usage. La domanialité publique de ce volume de stockage est donc acquise, ce qui lui donne la pérennité nécessaire à un usage sur le (très) long terme¹³, avec les garanties d'incessibilité, d'imprescriptibilité et, surtout, celle de l'obligation d'entretien pour maintenir le domaine propre à son affectation. Reste la question de la perpétualité de la personne publique que n'a certainement pas l'ANDRA, dont une loi peut remettre en cause l'existence. Si cette hypothèse venait à être vérifiée – et on connaît les velléités de « désagencification » de l'Etat manifestées de façon récurrente, il conviendrait que soit organisée une dévolution de ces immeubles souterrains à une personne présentant des garanties équivalentes de pérennité, voire supérieures, comme... l'Etat lui-même.

¹³ La question de la domanialité des éléments immobiliers stockés est ici sans objet, cette contribution n'abordant que celle de la propriété du sous-sol dans lequel s'insère le volume souterrain de stockage.

Dans un second temps, l'inscription dans le temps des conditions de l'usage de la propriété dans les relations avec les tiers pourrait renforcer ces garanties. Il conviendrait, à cet effet, de conjuguer l'obligation constitutionnelle de vigilance et la reconnaissance de certaines obligations à l'égard des générations futures. Comme l'a souligné le Conseil constitutionnel, en effet, « *chacun est tenu à une obligation de vigilance à l'égard des atteintes à l'environnement qui pourraient résulter de son activité* »¹⁴, en ce compris la mise en œuvre de son droit de propriété, ce qu'autorise, en définitive, la jurisprudence « *Dieselgate* » qui a permis à la Cour de cassation d'imposer une lecture du code civil à la lumière des obligations de la charte constitutionnelle de l'environnement¹⁵. Ou, comme il a été souligné, une fondamentalisation environnementale du droit civil, « *à savoir la prise en compte des droits et devoirs environnementaux constitutionnels dans les relations régies par le Code civil.* »¹⁶. Dont les relations en lien avec la propriété et ses usages. Si on ne peut pas spéculer sur tous les effets d'un tel usage souterrain de la propriété, à tout le moins peut-on mobiliser le principe d'action préventive pour imposer une obligation de vigilance par anticipation de ceux-ci au bénéfice des générations futures. La fiction juridique que sont les générations futures permet en effet de renforcer les contraintes pesant sur l'usage de la propriété, dès lors que, comme l'a relevé le Conseil constitutionnel, il convient de ne pas compromettre « *la capacité des générations futures et des autres peuples à satisfaire leurs propres besoins, en préservant leur liberté de choix à cet égard* »¹⁷. A cette nuance près cependant, que cette réserve constitutionnelle ne s'adresse pour l'heure qu'au législateur, qui « *doit veiller à ce que les choix destinés à répondre aux besoins du présent ne compromettent pas (cette) capacité* ». En tout état de cause, cette décision vient consacrer les générations futures comme un référentiel de la mesure des actions du présent et rien ne s'oppose à ce que l'obligation de vigilance dans la mise en œuvre du droit de propriété s'applique à leur bénéfice. Ce d'autant moins que cette mise en œuvre doit être placée en perspective avec l'objectif de valeur constitutionnelle de la protection de l'environnement et des objectifs d'intérêt général poursuivis¹⁸. Subtile équilibre, sans doute, mais équilibre tout de même, qui permet d'imposer au propriétaire du volume souterrain et de ses accessoires une gestion de son usage dans l'intérêt de ses activités, certainement, mais, surtout, sans nuire à l'environnement et aux tiers, même sur le long terme.

IV) Conclusion

Le droit de propriété est un élément-clef de la gestion en sous-sol des déchets radioactifs dès lors qu'il s'agit d'investir un espace approprié ou de constituer un nouveau volume par une tierce appropriation aux fins de cette gestion. Cette affectation reste cependant conditionnée par des qualités géologiques particulières qui limitent les espaces disponibles mais, dans le même temps, cette rareté renforce l'utilité publique de leur appropriation par des procédures exorbitantes du droit commun. On pourrait cependant imaginer, dans cette perspective, instituer une « réserve nucléaire » comme il existe une « réserve minière » consacrée par l'article 552 du code civil, pour lequel la propriété du sol permet au propriétaire de « *faire au-dessous toutes les constructions et fouilles qu'il jugera à propos, et tirer de ces fouilles tous les*

¹⁴ Cons. const., Déc. n° 2011-116 QPC, 8 avril 2011, Michel Z. : *AJDA* 2011, p. 1158, note K. Foucher ; *RJE* 2011, p. 393, note P. Steichen ; *RDI* 2011, p. 369, obs. F.-G. Trébulle.

¹⁵ Civ. 1^{ère}, 24 septembre 2025, n° 23-23.869

¹⁶ M. Hautereau-Boutonnet, Derrière la délivrance et la résolution, la révolution écologique du Code civil ! : *JCP G* 2025, act. 1126.

¹⁷ Cons. const., 27 octobre 2023, n° 2023-1066, QPC, Assoc. Meuse nature environnement et autres, préc..

¹⁸ Cons. const., Déc. n° 2024-1109 QPC, 18 octobre 2024, Groupement forestier Forêt de Teillay et autres : *JO*, 19 oct. 2024.

produits qu'elles peuvent fournir, sauf les modifications résultant des lois et règlements relatifs aux mines, et des lois et règlements de police ». Lesquelles modifications consacrées par le code minier privent le propriétaire de la libre jouissance de cette « réserve », si ce n'est de sa propriété elle-même, que seul l'Etat est en capacité de gérer et d'octroyer la concession du gisement considéré. Le régime de la propriété minière est suffisamment éprouvé pour qu'il puisse, *mutatis mutandis*, servir de modèle pour l'institution d'une telle réserve nucléaire au profit de l'Etat, ce qui imposerait d'établir la liste des structures géologiques dérogeant ainsi au régime de droit commun de l'article 552 du code civil, ainsi que les modalités de leur exploitation aux fins de stockage, en s'affranchissant des contraintes de la propriété du sol.

PARTIE II : *Varia*

COMPTE RENDU DE CONFÉRENCE

« *La barémisation de la réparation du préjudice extrapatrimonial : état des lieux et perspectives d'évolution* »

Fiona FARINE,

Doctorante en droit à l'Université Adam Mickiewicz de Poznań

Résumé : Ce compte rendu présente les débats de la conférence organisée le 22 mai 2026 à l'Université Adam Mickiewicz de Poznań, en Pologne, sur la barémisation de la réparation du préjudice extrapatrimonial en droit polonais. Les intervenants ont confronté les arguments en faveur d'une barémisation des indemnisations et ceux défendant le maintien de l'appréciation souveraine du juge. L'enjeu central est de trouver un point d'équilibre entre la prévisibilité juridique et l'individualisation de la réparation du dommage extrapatrimonial.

Mots-clés : préjudice extrapatrimonial ; indemnisation ; barémisation ; droit civil polonais ; droit comparé

Abstract: *This report presents the proceedings of the conference held on May 22, 2026 at Adam Mickiewicz University in Poznań, Poland, devoted to the standardization of compensation for non-pecuniary damage in Polish law. Participants weighed the arguments in favor of standardization against those defending the judicial discretion in assessing damages. The central issue is finding the right balance between legal predictability and individualization of compensation for non-pecuniary damage.*

Keywords: *non-pecuniary damage; compensation; standardization of damages; Polish civil law; comparative law*

La conférence intitulée « *La barémisation de la réparation du préjudice extrapatrimonial : état des lieux et perspectives d'évolution* » [Standaryzacja zadośćuczynienia – stan obecny a perspektywy rozwoju] s'est tenue le 22 mai 2026 à la Faculté de droit et d'administration de l'Université Adam Mickiewicz de Poznań, en Pologne. Le colloque était organisé par le Groupe d'étude sur le préjudice extrapatrimonial de la Faculté, dont l'un des principaux objectifs scientifiques consiste à élaborer une proposition de délimitation des frontières entre l'individualisation et la barémisation de la réparation du dommage extrapatrimonial.

La conférence a été répartie en deux panels : un premier, théorique, intitulé « *Entre individualisation et barémisation : à la recherche d'un modèle théorique d'évaluation des préjudices extrapatrimoniaux* », modéré par le professeur Jakub Pokrzywniak, et un second panel, pratique, consacré à « *La détermination de la somme de réparation appropriée dans la pratique indemnitaire* », modéré par le professeur Marcin Orlicki.

Le colloque s'inscrit dans un contexte juridique que de nombreux praticiens et chercheurs considèrent comme insatisfaisant. En droit polonais, la réparation du préjudice extrapatrimonial repose sur des dispositions du Code civil formulées en termes délibérément ouverts. Le législateur polonais s'est limité à la notion de « *somme appropriée* » [odpowiednia suma] dans la disposition générale (*lex generalis*) de l'article 448 du Code civil¹, recourant ainsi à une clause générale et laissant aux tribunaux une marge d'appréciation, sans pour autant leur conférer une liberté absolue. Si cette marge d'appréciation garantit une certaine

¹ Code civil polonais du 23 avril 1964 [Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks cywilny (t.j. Dz. U. z 2025 r. poz. 1071 z późn. zm.)].

souplesse, elle conduit en pratique à des écarts importants entre les décisions rendues. C'est pour cette raison que, dans le système juridique polonais comme dans le système français, l'on observe un développement croissant de l'idée de barémisation, ainsi qu'une multiplication des outils destinés à faciliter aux juridictions l'évaluation du montant des indemnités pour préjudice extrapatrimonial.

La problématique centrale de la conférence tenait en une question : la barémisation de la réparation du préjudice est-elle possible, et dans quelle mesure, sans sacrifier les garanties constitutionnelles de l'indépendance du juge ni le caractère individuel du préjudice extrapatrimonial ? Ce débat est bien connu des juristes français et il anime aujourd'hui intensément la doctrine et les juges en Pologne. Le débat n'opposait d'ailleurs pas les partisans et les adversaires de la barémisation en tant que telle : aucun intervenant n'a défendu les modèles extrêmes d'une barémisation intégrale ou d'une personnalisation absolue de l'indemnisation. La controverse portait sur le point d'équilibre où doivent se situer la pratique judiciaire et la législation, sur la forme que devrait prendre la barémisation, ainsi que sur les critères d'évaluation des préjudices.

Les arguments favorables à cette pratique ont d'abord été exposés par la professeure Agnieszka Pyrzyńska, directrice du Groupe d'étude sur le préjudice extrapatrimonial.

Dans son propos introductif, l'intervenante a observé que des mécanismes de barémisation existent déjà en droit polonais, comme les indemnités compensatoires forfaitaires prévues par la loi relative aux droits du patient et au Défenseur des droits du patient². Ces dispositifs peuvent être comparés, dans leur principe, à l'indemnisation amiable confiée en France à l'ONIAM.

Un premier argument, constitutionnel, a été avancé en faveur de la barémisation. Selon la professeure Pyrzyńska, il résulte des principes de dignité humaine, d'égalité et de l'État de droit, dont découle l'exigence de sécurité et de prévisibilité juridiques, une obligation pour le juge de prendre en considération des critères tendant à l'harmonisation de la jurisprudence. Il est en effet difficile de concilier le principe d'égalité de traitement avec une situation où des atteintes comparables donnent lieu à des indemnités sensiblement différentes. Au fil de la discussion, la professeure Marzena Kordela a reformulé la question dans les catégories de la théorie du droit : la barémisation tire sa légitimité des principes de sécurité juridique et d'égalité, tandis que la personnalisation de l'indemnisation découle de la dignité et de la justice corrective. Or, ces principes sont, par nature, en situation de collision.

La professeure Pyrzyńska a aussi rappelé que la barémisation n'exige pas nécessairement l'intervention du législateur, comme le montre l'exemple français des référentiels élaborés par la pratique judiciaire.

Des arguments d'ordre pratique ont également été soulignés en faveur de la barémisation. Mme Dorota Fal, docteure, représentante de la Chambre polonaise d'assurance, a relevé que les procédures judiciaires en matière d'indemnisation du préjudice extrapatrimonial résultant du décès d'un proche durent en moyenne de cinq à sept ans. La barémisation favoriserait ainsi

² La loi relative aux droits du patient et au Défenseur des droits du patient [Ustawa z dnia 6 listopada 2008 r. o prawach pacjenta i Rzeczniku Praw Pacjenta (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 581)].

la conclusion plus rapide de transactions, réduirait les coûts du procès et désengorgerait la justice, ce qui constitue un problème majeur en Pologne. Le professeur Maciej Gutowski a ajouté que la barémisation rendrait les compagnies d'assurances plus enclines à trouver une solution amiable, en éliminant l'incertitude quant à la somme que le tribunal pourrait allouer à la victime.

La barémisation peut en outre remplir une fonction protectrice à l'égard des victimes elles-mêmes. Comme l'a souligné Mme Fal, la fixation de fourchettes de référence offrirait à la victime un repère fiable et réduirait l'incertitude quant au montant réaliste de l'indemnité. Dans une perspective psychologique, la professeure Anna Słysz a souligné que les procédures qui se prolongent sur plusieurs années contraignent la victime à revivre de façon répétée des événements traumatiques, engendrant une retraumatisation et une aggravation du trouble de stress post-traumatique. En raccourcissant les procédures, la barémisation contribuerait à en atténuer les effets. Par ailleurs, une asymétrie interne au système polonais justifie cette réforme : alors que le droit civil encadre l'indemnisation du préjudice matériel, le pouvoir d'appréciation du juge en matière de préjudice extrapatrimonial est presque illimité, une disparité qui ne se justifie pas par la hiérarchie des valeurs protégées.

L'expérience du droit comparé fournit un argument favorable supplémentaire. En 2024, la Commission de codification du droit civil du ministère de la Justice polonais a créé un groupe de travail chargé d'élaborer un référentiel d'indemnisation des préjudices extrapatrimoniaux. La professeure Ewa Bagińska, qui préside ce groupe, a indiqué que, lors de l'élaboration du modèle polonais, le groupe avait analysé des milliers de décisions de tribunaux et procédé à une vaste étude comparative. Le modèle allemand, fondé sur des tables d'indemnisation du préjudice extrapatrimonial chiffrées (*Schmerzensgeldtabellen*), a été écarté. En revanche, les systèmes italien, belge et français servent de principales références. À cet égard, l'expérience française suscite un vif intérêt : la Pologne observe avec attention la large diffusion de la *nomenclature Dintilhac*, qui a permis de standardiser la typologie des préjudices corporels, ainsi que l'usage du *référentiel Mornet*, largement admis dans la pratique judiciaire française. Ce dernier, en fournissant un référentiel indicatif, offre un modèle de barémisation souple, garantissant la prévisibilité et l'harmonisation des indemnisations tout en préservant l'office du juge et son pouvoir d'appréciation *in concreto*. Les arguments défavorables à la barémisation ont ensuite été présentés par la professeure Beata Janiszewska, de l'Université de Varsovie. Elle a souligné que les bénéfices de la barémisation doivent être mis en balance avec le prix à payer du point de vue du juge.

La professeure Janiszewska a fait valoir que la barémisation restreint le droit constitutionnel à une appréciation souveraine des juges du fond. Les cas d'indemnisation du préjudice extrapatrimonial n'ont pas de caractère sériel. Le dommage extrapatrimonial revêt une dimension profondément personnelle et singulière. La schématisation des décisions, par le renvoi aux précédents, priverait la procédure judiciaire de son essence. Il existe en effet un risque de « *collage* » de fragments de motivations empruntés à des décisions antérieures, sans lien avec les éléments individualisants de l'espèce.

Un autre danger réside dans le risque de perpétuation de lignes jurisprudentielles erronées. Les parties, soucieuses de l'emporter, simplifient à l'excès les similitudes avec les affaires ayant donné lieu aux indemnités les plus élevées. Or, la circonstance qu'une certaine somme

ait été allouée dans un autre cas ne constitue pas, en soi, un argument juridique valable, car le juge a pu se tromper, ou les faits ont pu être différents.

Contre la barémisation milite encore le risque de créer un climat de pression sur les juges et d'affaiblir leur indépendance. Même un référentiel indicatif souple, dépourvu de caractère normatif, peut créer une gradation des attentes des parties au procès : de l'espoir, en passant par l'attente, jusqu'à l'exigence que le juge statue conformément aux décisions antérieures des autres juges.

Du point de vue des parties, la prévisibilité constitue une valeur supérieure à la justesse de la décision. La partie défend son intérêt, peu importe que, dans le cas prétendument comparable, le juge se soit ou non trompé. Le montant élevé de l'indemnité est perçu par la victime comme une confirmation de la valeur de ses souffrances. La pression est donc forte et tend à affaiblir l'approche véritablement personnalisée du juge.

En d'autres termes, le juge, une fois que le standard se consolide, va devoir formuler une argumentation inversée : il ne motivera plus en quoi le préjudice concret justifie telle somme, mais pourquoi il n'a pas statué « *conformément au standard* ». Le point de référence se déplacerait de l'appréciation individuelle de l'affaire vers l'écart par rapport à la norme, comme si la mesure était fournie par les autres jugements et non par l'examen du cas d'espèce. Il s'agit là, *de facto*, d'une autolimitation des juges dépourvue de fondement dans les textes en vigueur, car le législateur polonais a conféré au juge ses pouvoirs au moyen de formules ouvertes dans le Code civil (« *le tribunal peut* », « *une somme appropriée* »).

Le second panel a apporté une dimension empirique aux débats. Le professeur Paweł Zdanikowski, de l'Université catholique de Lublin, a présenté les résultats d'une analyse portant sur 186 affaires d'indemnisation du préjudice extrapatrimonial résultant d'une fracture du membre inférieur. La conclusion essentielle de l'étude est que le taux d'incapacité, exprimé en pourcentage et fixé par l'expert, constitue en pratique un référentiel de fait, quoique informel. Les juges s'y réfèrent systématiquement, ce qui en fait le principal critère déterminant le montant alloué. L'étude a également mis en évidence l'absence de croissance réelle des indemnités. Corrigées de l'inflation, les sommes allouées ont en réalité diminué. De plus, l'âge et le sexe de la victime n'ont qu'une incidence marginale. Ces travaux ont abouti à la création d'un outil informatique de comparaison des montants d'indemnisation, qui sera prochainement rendu public.

La Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF), créée par l'Organisation mondiale de la Santé, a été présentée comme un instrument novateur d'évaluation du préjudice. M. Robert Jagodziński, président de la Fondation pour la réadaptation active, a soutenu que la CIF propose un modèle biopsychosocial du fonctionnement de la personne. Selon le Dr Michał Kretkowski, la CIF est déjà utilisée par certains assureurs à la place de la seule évaluation en pourcentage du taux d'incapacité.

La discussion a également révélé des divergences quant au champ d'application de la barémisation. S'agissant de l'indemnisation du préjudice d'affection, son potentiel est, de l'avis du juge Leszek Jantowski, le plus grand. Les cas limites, tels que l'état végétatif de la victime, appellent en revanche une personnalisation absolue. Le juge Piotr Jakubiec a défendu,

sur ce dernier point, la position inverse : c'est précisément dans l'hypothèse de préjudice objectivement perceptible qu'il voit le plus grand potentiel de la barémisation.

En définitive, la conférence a offert un riche espace de confrontation. Les participants se sont accordés sur le constat que les modèles extrêmes – barémisation normative rigide ou individualisation absolue – sont indéfendables, et que le véritable enjeu consiste à trouver le point d'équilibre optimal pour la pratique judiciaire et la législation.

Les communications présentées ainsi que les interventions lors des discussions de panel feront l'objet d'une publication dans un ouvrage collectif à paraître, appelé à nourrir la doctrine civiliste et les travaux de la Commission de codification du droit civil polonais.

Le contrôle des aides d'Etat fiscales : Instrument de régulation des risques économiques dans l'Union européenne

Cyrille GRANDCLÉMENT

Docteur en droit public, spécialisé en fiscalité

Résumé : Le contrôle des aides d'État fiscales constitue aujourd'hui un instrument essentiel de préservation du marché intérieur de l'Union européenne. Bien que la fiscalité directe demeure une compétence des États membres, certaines mesures fiscales sélectives peuvent conférer des avantages économiques susceptibles de fausser la concurrence et d'affecter les échanges intracommunautaires. L'étude démontre que ces dispositifs engendrent non seulement des risques concurrentiels, mais également des risques systémiques liés à la concurrence fiscale entre États membres.

Face à ces enjeux, la Commission européenne et la Cour de justice de l'Union européenne exercent un contrôle destiné à prévenir et corriger les distorsions économiques résultant des aides fiscales incompatibles avec le droit de l'Union. À travers l'analyse de la jurisprudence récente et des grandes affaires fiscales impliquant des groupes multinationaux, l'article met en évidence la fonction régulatrice de ce contrôle.

Il soutient que le droit des aides d'État dépasse désormais sa vocation traditionnelle de protection de la concurrence pour devenir un véritable outil de gestion des risques économiques. En encadrant les pratiques fiscales les plus susceptibles de perturber le marché intérieur, il contribue à un rapprochement progressif des comportements étatiques et favorise une convergence fiscale européenne fondée non sur l'harmonisation formelle, mais sur la discipline concurrentielle et la régulation juridique.

Mots-clés : Aides d'État fiscales ; droit de l'Union européenne ; concurrence fiscale ; marché intérieur ; risque économique ; convergence fiscale ; Commission européenne ; gouvernance fiscale.

Abstract: *The control of fiscal State aid has become an essential instrument for safeguarding the internal market of the European Union. Although direct taxation remains within the competence of the Member States, certain selective tax measures may confer economic advantages capable of distorting competition and affecting trade between Member States. This study demonstrates that such measures generate not only competitive risks but also systemic risks arising from tax competition among Member States.*

In response to these challenges, the European Commission and the Court of Justice of the European Union exercise oversight aimed at preventing and correcting the economic distortions resulting from tax measures that are incompatible with EU law. Through an analysis of recent case law and major tax rulings involving multinational groups, this article highlights the regulatory function performed by State aid control.

It argues that State aid law now extends beyond its traditional role of protecting competition and has evolved into a genuine instrument for managing economic risks. By curbing fiscal practices most likely to disrupt the functioning of the internal market, State aid control contributes to the gradual alignment of Member States' behavior and promotes European tax convergence based not on formal tax harmonization, but on competitive discipline and legal regulation.

Keywords: *Fiscal State aid; European Union law; Tax competition; Internal market; Economic risk; Tax convergence; European Commission; Fiscal governance.*

Au sein de l'Union, l'intégration économique repose sur un équilibre délicat entre le maintien des souverainetés nationales et la préservation des conditions de concurrence au sein du marché intérieur. Si la fiscalité demeure principalement une compétence relevant des États membres, son exercice ne peut s'affranchir des exigences découlant du droit de l'Union

européenne lorsque certaines mesures fiscales sont susceptibles d'accorder un avantage sélectif à des entreprises déterminées. Les aides d'État fiscales apparaissent ainsi au cœur des tensions opposant l'autonomie fiscale nationale à l'objectif d'un marché intérieur fondé sur « une concurrence libre et non faussée »¹.

Cette problématique n'est pas nouvelle. Dès les premières étapes de la construction européenne, les rédacteurs du traité de Rome avaient identifié le risque que des interventions publiques nationales puissent compromettre le bon fonctionnement du marché commun. Le régime juridique des aides d'État, aujourd'hui codifié aux articles 107 à 109 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE), constitue l'un des principaux instruments mis en place afin de prévenir de telles distorsions.

Toutefois, l'évolution du marché intérieur et la mondialisation des échanges ont progressivement transformé la nature même des problématiques rencontrées. Alors que les premières affaires concernaient principalement des subventions directes ou des interventions financières classiques, les dispositifs fiscaux occupent désormais une place centrale dans le contentieux européen des aides d'État. Cette évolution s'explique notamment par la sophistication croissante des stratégies d'optimisation fiscale mises en œuvre par les entreprises multinationales ainsi que par l'utilisation de la fiscalité comme instrument d'attractivité économique par certains États membres.

Les affaires Apple, Starbucks, Fiat Chrysler Finance Europe ou encore Amazon ont largement contribué à médiatiser cette évolution². Ces contentieux ont révélé que certaines mesures fiscales nationales, bien qu'intégrées aux systèmes juridiques internes, pouvaient produire des effets dépassant largement le cadre territorial de l'État qui les adopte. La question n'est alors plus uniquement celle de la conformité d'une mesure fiscale à l'ordre juridique national, mais également celle de ses conséquences sur la concurrence, les flux d'investissement et la répartition des ressources fiscales au sein de l'Union européenne.

L'importance économique de ces affaires dépasse largement le montant des redressements fiscaux ou des aides susceptibles d'être récupérées. Elles mettent en lumière la capacité de certains dispositifs fiscaux à influencer les choix de localisation des activités économiques, à modifier la répartition géographique des bénéfices et à orienter les stratégies d'investissement des groupes multinationaux. Dans un espace économique intégré reposant sur la libre circulation des capitaux, des biens, des services et des personnes, ces phénomènes sont susceptibles de produire des effets systémiques affectant l'ensemble du marché intérieur.

¹ *Traité instituant la Communauté économique européenne (CEE)*, signé à Rome le 25 mars 1957, entré en vigueur le 1^{er} janvier 1958, Recueil des Traités des Nations Unies, vol. 298, p. 11. Ce texte a posé les fondements du droit européen de la concurrence. Son objectif était d'établir un marché commun reposant sur la libre circulation des marchandises, des personnes, des services et des capitaux. Afin de garantir le bon fonctionnement de ce marché, le traité a instauré des règles destinées à empêcher les pratiques susceptibles de fausser la concurrence, notamment les ententes entre entreprises, les abus de position dominante et certaines aides d'État. La concurrence libre et non faussée est ainsi apparue comme un instrument essentiel à la réalisation des objectifs économiques de la Communauté.

² Trib. UE, 24 septembre 2019, *Pays-Bas et Starbucks c. Commission*, T-760/15 ; Trib. UE, 15 juillet 2020, *Irlande et Apple c. Commission*, T-778/16 et T-892/16 ; Trib. UE, 12 mai 2021, *Luxembourg et Amazon c. Commission*, T-816/17.

L'étude des aides d'État a longtemps été appréhendée sous un angle principalement juridique. Les analyses doctrinales se concentraient traditionnellement sur l'interprétation des critères de l'article 107 TFUE, à savoir l'existence d'une intervention imputable à l'État, l'octroi d'un avantage économique, la sélectivité de la mesure et son incidence sur les échanges entre États membres³. Cependant, l'évolution de la jurisprudence de la Cour de justice de l'Union européenne ainsi que la pratique décisionnelle de la Commission européenne témoignent d'une transformation progressive du raisonnement appliqué dans cette matière. L'analyse contemporaine des aides d'État repose de plus en plus sur une appréciation économique des effets produits par les mesures nationales plutôt que sur une lecture exclusivement formelle des dispositifs concernés.

L'arrêt *Altmark* constitue à cet égard une étape essentielle⁴. En définissant les conditions dans lesquelles une compensation de service public échappe à la qualification d'aide d'État, la Cour de justice a consacré une approche largement fondée sur les effets économiques réels des mesures examinées. Au-delà de la seule question des services d'intérêt économique général, cette décision illustre une évolution plus générale du droit européen de la concurrence vers une logique d'analyse économique.

Cette orientation est cohérente avec les objectifs poursuivis par la politique de concurrence de l'Union européenne. Celle-ci vise à « *garantir un environnement économique permettant l'innovation, l'efficacité productive et la protection des consommateurs grâce au maintien d'une pression concurrentielle effective entre les opérateurs économiques* »⁵.

La notion de risque économique occupe en effet une place croissante dans les politiques publiques contemporaines. Traditionnellement mobilisée dans les domaines bancaire, financier ou environnemental, elle trouve également une pertinence particulière dans l'analyse des aides d'État. Certaines mesures fiscales peuvent modifier artificiellement les conditions de concurrence, provoquer des transferts de capitaux entre États membres, favoriser des comportements d'optimisation fiscale agressive ou encore accentuer les divergences économiques entre territoires européens.

Cette interrogation apparaît d'autant plus pertinente que la fiscalité demeure largement soumise au principe de souveraineté nationale. Contrairement à la TVA ou aux droits de douane, qui font l'objet d'un degré relativement élevé d'harmonisation, les impôts directs relèvent encore principalement de la compétence des États membres. Les projets successifs d'assiette commune consolidée pour l'impôt sur les sociétés (ACCIS) ou les initiatives plus récentes de coordination fiscale européenne témoignent des difficultés rencontrées lorsqu'il s'agit de rapprocher formellement les législations nationales.

Dans ce contexte, le droit des aides d'État occupe une position singulière. Sans remettre directement en cause les compétences fiscales nationales, il permet aux institutions

³ M. Karpenschif, *Manuel de droit européen des aides d'État*, Bruylant, 2021, p. 85 et s.

⁴ CJUE, 24 juillet 2003, C-280/00, *Altmark Trans GmbH et Regierungspräsidium Magdeburg c. Nahverkehrsgesellschaft Altmark GmbH*, JO 20 septembre 2003, pp 1-2.

⁵ Union européenne, *Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE)*, articles 101 à 109, « Règles de concurrence applicables aux entreprises et aux aides d'État », version consolidée issue du traité de Lisbonne. Les deux premiers articles (101 et 102) étant à destination des entreprises, les autres concernent en priorité la politique économique des États.

européennes d'intervenir lorsque certaines mesures produisent des effets incompatibles avec les objectifs du marché intérieur. Cette caractéristique confère au contrôle des aides d'État une fonction particulière qui dépasse largement le cadre traditionnel du contentieux concurrentiel.

L'hypothèse défendue dans cette étude consiste précisément à considérer que le contrôle des aides d'État fiscales constitue aujourd'hui un véritable instrument européen de prévention et de régulation des risques économiques. Au travers de l'action de la Commission européenne et de la jurisprudence de la Cour de justice, ce contrôle contribue non seulement à corriger certaines distorsions concurrentielles, mais également à limiter les déséquilibres économiques susceptibles de compromettre la cohésion du marché intérieur⁶.

Plus encore, il participe à un mouvement plus large de convergence fiscale observé au sein de l'Union européenne. Cette convergence ne résulte pas d'une harmonisation complète des systèmes fiscaux nationaux. Elle procède davantage d'un rapprochement progressif des comportements étatiques sous l'effet combiné des contraintes économiques, des mécanismes concurrentiels et de l'encadrement juridique européen.

Dès lors, une question centrale émerge : dans quelle mesure le contrôle des aides d'État fiscales peut-il être analysé comme un instrument de régulation des risques économiques contribuant à la convergence fiscale européenne ?

Pour répondre à cette interrogation, il conviendra d'examiner, dans un premier temps, la manière dont les aides d'État fiscales constituent des sources potentielles de risques économiques pour le marché intérieur **(I)** avant d'analyser, dans un second temps, la fonction régulatrice exercée par le contrôle européen des aides d'État dans la prévention et la correction de ces déséquilibres **(II)**.

I) Les aides d'État fiscales comme source de risques économiques pour le marché intérieur

Les aides d'État fiscales constituent aujourd'hui l'une des principales sources de tensions entre l'autonomie fiscale des États membres et les exigences du marché intérieur. Si elles peuvent répondre à des objectifs légitimes de politique économique, elles sont également susceptibles de produire des effets perturbateurs sur la concurrence et sur l'équilibre économique européen. Ces risques se manifestent d'abord au niveau des entreprises bénéficiaires, par l'octroi d'avantages fiscaux sélectifs altérant les conditions normales de concurrence **(A)**. Ils s'étendent ensuite à l'échelle de l'Union européenne, où la multiplication de dispositifs fiscaux attractifs peut alimenter une concurrence fiscale entre États membres et fragiliser la cohésion économique du marché intérieur **(B)**.

⁶ C. Grandclément, *Aides d'État et fiscalité des États membres. Étude en vue d'une convergence fiscale au sein de l'Union européenne*, thèse, ULCO, 2024, pp 17-20.

A) Les risques concurrentiels engendrés par les avantages fiscaux sélectifs

L'identification d'une aide d'État⁷ repose traditionnellement sur la réunion de quatre critères cumulatifs : une intervention imputable à l'État ou réalisée au moyen de ressources publiques, l'octroi d'un avantage économique, le caractère sélectif de la mesure ainsi que son incidence potentielle sur les échanges entre États membres et sur la concurrence¹³. Parmi les différentes formes d'aides susceptibles d'être accordées aux entreprises, les aides fiscales occupent une place particulière en raison de leur capacité à modifier directement les coûts supportés par les opérateurs économiques.

Contrairement aux subventions directes, dont l'existence apparaît immédiatement identifiable, les avantages fiscaux présentent souvent un caractère plus discret. Ils prennent la forme d'exonérations, de crédits d'impôt, de déductions particulières, de régimes dérogatoires ou encore de décisions individuelles d'interprétation fiscale. Pourtant, leurs effets économiques peuvent être tout aussi importants que ceux résultant d'un versement financier direct effectué par une autorité publique.

La Cour de justice a très tôt reconnu cette réalité économique. Dans l'arrêt *Banco Exterior de España*⁸, elle a considéré qu'une mesure allégeant les charges qu'une entreprise aurait normalement dû supporter pouvait constituer un avantage économique relevant de l'article 107 TFUE. L'intérêt de cette décision réside dans l'abandon d'une approche purement comptable au profit d'une analyse économique des effets de la mesure. Peu importe que l'État procède à un versement ou qu'il renonce à une recette fiscale : dans les deux cas, la situation économique du bénéficiaire est améliorée.

Cette orientation a été confirmée quelques années plus tard dans l'arrêt *DM Transport*. La Cour y rappelle « qu'une exonération ou un abandon de créance fiscale est susceptible de procurer un avantage comparable à celui résultant d'une subvention classique »⁹. L'aide fiscale apparaît ainsi comme une modalité particulière d'intervention publique permettant d'améliorer artificiellement la situation concurrentielle de certaines entreprises.

Toutefois, une aide fiscale n'est pas prohibée par nature. Lorsqu'elle procure un avantage réservé à certains bénéficiaires et dépasse les seuils tolérés par le droit de l'Union, elle est susceptible de rompre l'égalité concurrentielle entre entreprises placées dans une situation comparable¹⁰. La sélectivité constitue ainsi l'élément fondamental permettant de distinguer une mesure fiscale générale d'une aide d'État incompatible avec le marché intérieur.

⁷ Trib. UE, 3e ch., 16 janvier 2018, *Électricité de France (EDF) c. Commission européenne*, aff. T-747/15, JOUE C 104 du 19 mars 2018, p. 41. Pour déterminer si une intervention publique constitue une aide d'État, il faut appliquer le principe de l'investisseur privé en économie de marché. L'État doit démontrer qu'il a agi comme l'aurait fait un investisseur privé rationnel poursuivant une logique de rentabilité économique.

⁸ CJCE, 15 mars 1994, *Banco Exterior de España SA c. Ayuntamiento de Valencia*, aff. C-387/92, Rec. p. I-877

⁹ CJCE, 29 avril 1999, *DM Transport SA c. Commission*, aff. C-256/97, Rec. p. I-3913.

¹⁰ La Poste SA peut être citée en exemple. Celle-ci, héritière du monopole historique de la Poste depuis plus de 400 ans, a dû, à la suite de 3 directives européennes, se soumettre à la pleine concurrence au 1^{er} janvier 2011.

-1^{ère} Directive Postale : Directive 97/67/CE du Parlement européen et du Conseil concernant des règles communes pour le développement du marché intérieur des services postaux de la Communauté et l'amélioration de la qualité du service, JOUE, n° L 15, 15 décembre 1997, pp. 14-25.

-2^{ème} Directive Postale : Directive 2002/39/CE du Parlement européen et du Conseil modifiant la directive 97/67/CE en ce qui concerne la poursuite de l'ouverture à la concurrence des services postaux de la Communauté, JOUE, n° L 176, 10 juin 2002, pp. 21-25.

Cette rupture de l'égalité concurrentielle produit des effets économiques significatifs. Les entreprises bénéficiant d'un traitement fiscal préférentiel disposent d'une capacité accrue d'investissement, de financement ou de développement commercial par rapport à leurs concurrents soumis au régime fiscal normal. La concurrence ne repose alors plus exclusivement sur les performances économiques intrinsèques des opérateurs, mais sur l'intervention de la puissance publique¹¹.

Les conséquences de ces avantages sélectifs se manifestent également par des distorsions dans les choix de localisation des activités économiques. Les entreprises multinationales peuvent être incitées à organiser leurs structures juridiques ou leurs flux financiers afin de bénéficier des régimes les plus favorables proposés par certains États membres. Cette logique conduit à une allocation des investissements fondée davantage sur les opportunités fiscales que sur les avantages économiques réels des territoires concernés.

La Commission européenne souligne régulièrement que de telles situations nuisent à l'efficacité économique globale du marché intérieur. Lorsque les décisions d'investissement sont influencées par des avantages fiscaux sélectifs plutôt que par les performances intrinsèques des entreprises ou des territoires, l'allocation des ressources devient moins efficiente. Les mécanismes concurrentiels cessent alors de remplir pleinement leur fonction de sélection économique. Les contentieux relatifs aux rescrits fiscaux accordés à certaines multinationales, tels que l'affaire Amazon au Luxembourg¹², illustrent les préoccupations de la Commission européenne concernant les effets potentiellement anticoncurrentiels de certains traitements fiscaux préférentiels et leur influence sur les décisions d'implantation des groupes internationaux.

Ainsi, les aides fiscales ne doivent plus être envisagées uniquement comme des exceptions aux principes généraux du droit fiscal. Elles apparaissent également comme des facteurs potentiels de risque concurrentiel susceptibles d'altérer durablement le fonctionnement du marché intérieur. Cette dimension économique explique l'attention croissante portée par la Commission européenne aux dispositifs fiscaux nationaux ainsi que le développement d'un contentieux particulièrement abondant dans ce domaine au cours des dernières années.

B) Les risques systémiques liés à la concurrence fiscale entre États membres

Si les aides fiscales sélectives produisent des effets immédiats sur les entreprises directement concernées, leurs conséquences dépassent fréquemment le simple cadre microéconomique. Dans un espace économique intégré tel que l'Union européenne, les choix fiscaux opérés par un État membre sont susceptibles de produire des effets au-delà de ses frontières nationales **(1)**. La libre circulation des capitaux, la liberté d'établissement et la mobilité croissante des activités économiques renforcent considérablement cette interdépendance **(2)**.

-3^{ème} Directive Postale : Directive 2008/6/CE du Parlement européen et du Conseil modifiant la directive 97/67/CE en ce qui concerne l'achèvement du marché intérieur des services postaux de la Communauté, JOUE, n° L 52, 20 février 2008, pp. 3-20.

¹¹ CJCE, 2 juill. 1974, *République italienne c. Commission des Communautés européennes*, aff. 173/73, Rec. 1974, p. 709.

¹² Trib. UE, 7^e ch. élargie, 12 mai 2021, *Grand-Duché de Luxembourg, Amazon EU Sàrl et Amazon.com, Inc. c. Commission européenne*, aff. jointes T-816/17 et T-318/18, JOUE C 278 du 12 juillet 2021, p. 43.

1) Les effets de contagion des politiques fiscales attractives

L'intégration économique européenne repose sur la libre circulation des capitaux, des biens, des services et des personnes. Dans un tel espace économique, les choix fiscaux réalisés par un État membre produisent inévitablement des effets au-delà de ses frontières nationales. Les différences de fiscalité créent des phénomènes d'arbitrage économique conduisant les contribuables et les entreprises à orienter leurs investissements vers les territoires les plus favorables¹³.

Cette situation est particulièrement visible en matière d'impôt sur les sociétés. Les États adoptant des taux faibles ou des mécanismes fiscaux spécifiques attirent davantage les capitaux internationaux et les centres de décision des groupes multinationaux¹⁴. À court terme, ces politiques peuvent procurer un avantage économique significatif au pays concerné. Toutefois, elles incitent également les États voisins à adopter des mesures similaires afin d'éviter une érosion de leur base fiscale¹⁵.

Il en résulte un phénomène de concurrence fiscale cumulative que la doctrine économique assimile parfois à une « *course vers le bas* » (*race to the bottom*). Notamment dans les tentatives de captation des ressources fiscales étrangères par l'intermédiaire de cadres fiscaux spécialement conçus pour attirer certaines activités économiques. Cette dynamique peut être rapprochée aux travaux d'Arthur Laffer, selon lesquels la réduction des taux d'imposition peut, dans certaines conditions, conduire à une augmentation des bases fiscales mobiles et influencer les comportements d'implantation des agents économiques, alimentant ainsi une logique de compétition fiscale entre États.

L'exemple des *tax rulings* luxembourgeois illustre parfaitement ce phénomène. Dans l'affaire *Amazon*¹⁶, la Commission européenne a considéré que le mécanisme mis en place permettait de transférer artificiellement une part substantielle des bénéfices vers une structure faiblement imposée, créant ainsi une distorsion susceptible d'affecter la concurrence au sein du marché intérieur.

La multiplication de tels dispositifs peut provoquer un effet de contagion conduisant d'autres États à adopter des mesures comparables afin de préserver leur attractivité économique, alimentant ainsi un cycle de concurrence fiscale de plus en plus intense.

¹³ Aujourd'hui, seuls deux pays gardent un impôt sur la fortune, au moins de manière partielle : il s'agit de la France et des Pays-Bas. La conséquence du maintien d'un impôt aboli dans les autres pays européens se traduit par la fuite d'une partie des contribuables français concernés vers la Belgique : <https://www.capital.fr/economie-politique/les-maisons-de-nos-exiles-fiscaux-en-belgique-cheres-mais-pas-toujours-sexy-1007649>

¹⁴ Le modèle des taux bas est un modèle qui parie sur un faible taux nominal pour attirer un maximum d'activité sur un territoire de manière à compenser le faible taux retenu. Actuellement, si l'on prend comme base de définition un taux inférieur à 70% du taux moyen européen, il existe 6 pays répondant à ces critères. Géographiquement, si l'on fait abstraction de l'Irlande, on constate que les pays concernés se trouvent à l'Est de l'Europe et dans tous les cas en zone frontalière.

¹⁵ Chaque État de l'Union européenne a développé un modèle de taxation avec des taux très variables :

Ex : La Roumanie a adopté le taux bas.

Ex : La Suède a adopté le taux moyen.

Ex : La France a adopté le taux haut.

Ex : L'Estonie bénéficie d'une exception estonienne à savoir une quasi-absence d'impôt sur les sociétés, mais un impôt sur les distributions.

¹⁶ Trib. UE, 7e ch. élargie, 12 mai 2021, *Grand-Duché de Luxembourg, Amazon EU Sàrl et Amazon.com, Inc. c. Commission européenne*, aff. jointes T-816/17 et T-318/18, JOUE C 278 du 12 juillet 2021, p. 43.

2) Le risque d'affaiblissement de la cohésion économique européenne

Au-delà des effets concurrentiels immédiats, la concurrence fiscale excessive présente un risque plus fondamental pour la construction européenne elle-même.

L'existence du marché intérieur suppose une certaine « *convergence des cadres économiques et fiscaux nationaux* »¹⁷. En l'absence d'une telle convergence, les écarts entre les États membres tendent à se creuser, favorisant la concentration des investissements et des recettes fiscales dans certains territoires au détriment d'autres. Cette situation peut engendrer plusieurs conséquences négatives.

D'une part, les États confrontés à une diminution de leurs recettes fiscales disposent de moyens plus limités pour financer leurs politiques publiques, leurs infrastructures ou leurs systèmes de protection sociale. D'autre part, les déséquilibres économiques résultant de ces transferts de bases fiscales peuvent accroître les divergences de développement entre les régions européennes¹⁸.

La pérennité du marché intérieur dépend de la capacité de l'Union à limiter les comportements susceptibles de générer un dumping fiscal excessif¹⁹. La concurrence entre États ne saurait en effet conduire à une remise en cause des objectifs fondamentaux de cohésion économique et sociale poursuivis par les traités. Sous cet angle, les aides d'État fiscales apparaissent comme des facteurs de risque systémique dont les effets dépassent largement les entreprises directement bénéficiaires.

II) Le contrôle des aides d'État fiscales comme outil européen de régulation économique

Si les aides d'État fiscales sont susceptibles de générer des risques économiques pour le marché intérieur, le droit de l'Union européenne a progressivement développé des mécanismes destinés à prévenir et à corriger ces déséquilibres. Le contrôle exercé par la Commission européenne et la Cour de justice ne se limite plus à la seule vérification de la conformité des mesures nationales aux traités ; il participe désormais à une véritable fonction de régulation économique. Cette fonction s'exprime, d'une part, par la prévention et la correction des distorsions affectant le fonctionnement du marché intérieur (A) et, d'autre part, par la contribution du contrôle des aides d'État à un mouvement plus large de convergence économique et fiscale au sein de l'Union européenne (B).

¹⁷ F.M. Ruiz, *Concurrence et convergence fiscales* (2008), thèse de doctorat en sciences économiques, École des hautes études en sciences sociales (EHESS), sous la direction conjointe d'Alain Trannoy et Marcel Gérard.

¹⁸ Prenons le cas d'une zone frontalière entre deux pays, si d'un côté la TVA (qui provoque le renchérissement du coût d'un produit) est très faible et de l'autre très élevée, cela provoquera un déséquilibre de transaction en faveur de l'État ayant le taux le plus faible. Sous réserve de situation équivalente pour le reste.

¹⁹ Bien que les traités européens ne consacrent aucune définition du dumping fiscal, plusieurs de leurs dispositions visent à prévenir les distorsions de concurrence résultant d'avantages fiscaux accordés par les États membres. Les articles 107 à 109 du TFUE relatifs aux aides d'État, ainsi que les articles 115 et 116 du TFUE concernant le rapprochement des législations nationales et la suppression des distorsions de concurrence, constituent les principaux fondements juridiques de l'action de l'Union dans ce domaine.

A) Un mécanisme de prévention des déséquilibres du marché intérieur

Face aux risques économiques engendrés par les aides fiscales sélectives, le contrôle exercé par les institutions européennes s'analyse comme un véritable mécanisme préventif **(1)**, destiné à préserver l'équilibre du marché intérieur **(2)**.

1) Le rôle de la Commission dans l'identification des risques

Dans ce dispositif, la Commission européenne occupe une position centrale. Par l'intermédiaire de la Direction générale de la concurrence (DG COMP)²⁰, elle assure une mission permanente de surveillance des aides d'État susceptibles d'affecter les échanges entre États membres. Cette fonction dépasse aujourd'hui largement le simple contrôle juridique de conformité aux traités²¹. Elle s'inscrit dans une démarche plus large visant à anticiper et à limiter les risques économiques susceptibles d'altérer le fonctionnement du marché intérieur.

La politique européenne des aides d'État repose historiquement sur une logique préventive. Contrairement à de nombreuses branches du droit économique qui interviennent principalement après la réalisation d'un dommage, le contrôle des aides d'État cherche à empêcher l'apparition même des distorsions de concurrence. Cette orientation est directement liée à la procédure de notification préalable prévue par les traités, qui permet à la Commission d'examiner certaines mesures avant leur entrée en vigueur.

La Cour de justice a reconnu très tôt cette dimension préventive. Dans l'arrêt *Commission c. Allemagne de 1973*²², elle souligne déjà que le contrôle exercé par la Commission poursuit l'objectif de garantir la compatibilité des interventions étatiques avec les exigences du marché commun. Cette décision constitue l'un des fondements historiques du système européen de surveillance des aides d'État.

Cette approche présente des similitudes importantes avec les méthodes contemporaines de gestion des risques. Dans de nombreux domaines économiques, l'action publique tend aujourd'hui à privilégier l'identification précoce des facteurs de vulnérabilité plutôt que la seule réparation des conséquences. Le droit européen des aides d'État s'inscrit pleinement dans cette logique en permettant aux institutions européennes d'intervenir avant que certaines mesures nationales ne produisent des effets irréversibles sur le marché intérieur.

La Direction générale de la concurrence occupe à cet égard une fonction comparable à celle d'une autorité de surveillance systémique. Son activité ne consiste pas uniquement à examiner des dossiers individuels. Elle implique également une veille permanente des

²⁰ La DG COMP a pour mission de veiller sur les atteintes à la concurrence. Dans de nombreux cas, il s'agit de prouver qu'une subvention perturbe l'équilibre local même s'il est toujours difficile d'apporter une preuve décisive. TPICE, 4 avril 2001, *Regione autonoma Friuli-Venezia Giulia c. Commission*, aff. T-288/97, Rec. 2001, p. II-1169.

²¹ « La politique de concurrence encourage les entreprises à offrir aux consommateurs des biens et des services aux conditions les plus favorables. Il encourage l'efficacité et l'innovation et réduit les prix. Pour être effective, la concurrence exige des entreprises qu'elles agissent indépendamment les unes des autres et soumises à la pression exercée par leurs concurrents » (traduit de l'anglais sur le site de la Commission : https://competition-policy.ec.europa.eu/index_en?prefLang=fr)

²² CJCE, 12 juillet 1973, *Commission des Communautés européennes c. République fédérale d'Allemagne*, aff. 70/72, Rec. p. 813.

évolutions économiques, fiscales et concurrentielles observées au sein de l'Union européenne. Les informations recueillies permettent d'identifier les secteurs présentant un risque particulier de distorsion ainsi que les pratiques susceptibles de remettre en cause les objectifs poursuivis par les traités.

L'évolution récente du contrôle des *tax rulings* illustre parfaitement cette transformation. À partir des années 2010, la Commission²³ a développé une attention particulière aux accords fiscaux anticipés conclus entre certaines administrations nationales et des groupes multinationaux. Cette orientation ne résulte pas seulement de considérations juridiques. Elle répond également à la volonté de prévenir les effets économiques susceptibles de découler d'une utilisation abusive de ces mécanismes.

Les enquêtes ouvertes dans les affaires Apple, Starbucks, Fiat ou Amazon témoignent de cette démarche. Dans chacun de ces dossiers, la Commission a cherché à déterminer si les méthodes fiscales retenues étaient susceptibles de procurer un avantage économique sélectif affectant le fonctionnement normal du marché intérieur²⁴. L'enjeu dépassait largement la situation particulière des entreprises concernées. Il s'agissait également d'évaluer les conséquences potentielles de ces pratiques sur la concurrence entre États membres et sur la répartition des bases fiscales au sein de l'Union. Cette fonction d'identification des risques s'est progressivement renforcée avec l'amélioration des mécanismes de coopération administrative et de transparence fiscale. Les échanges d'informations entre administrations nationales permettent aujourd'hui une détection plus rapide des dispositifs susceptibles de présenter un risque pour le marché intérieur.

Par ailleurs, l'accumulation des décisions de la Commission et de la jurisprudence de la Cour de justice contribue à construire un cadre d'analyse de plus en plus précis. Chaque affaire enrichit la compréhension des mécanismes économiques sous-jacents aux aides fiscales et améliore la capacité des institutions européennes à identifier les situations problématiques. Cette évolution explique que le contrôle des aides d'État soit aujourd'hui souvent présenté comme l'un des principaux instruments de gouvernance économique dont dispose l'Union européenne. Alors même que la fiscalité directe demeure largement une compétence nationale, la Commission est parvenue à développer un pouvoir d'intervention significatif dès lors qu'une mesure fiscale est susceptible d'affecter le fonctionnement du marché intérieur.

Ainsi, le rôle de la Commission ne se limite plus à une mission classique de contrôle de légalité. Il s'apparente désormais à une véritable activité d'identification et de prévention des risques économiques, destinée à préserver les conditions d'une concurrence effective et à garantir la stabilité du marché intérieur européen.

²³ Trib. UE, 24 septembre 2019, *Grand-Duché de Luxembourg c. Commission européenne et Fiat Chrysler Finance Europe c. Commission européenne*, aff. jointes T-755/15 et T-759/15, JOUE C 372 du 4 novembre 2019.

²⁴ Commission européenne, Décision du 30 août 2016 relative à l'aide d'État SA.38373 (2014/C ex 2014/NN) mise à exécution par l'Irlande en faveur d'Apple.

- Commission européenne, Décision du 21 octobre 2015 relative à l'aide d'État SA.38374 (2014/C ex 2014/NN) mise à exécution par les Pays-Bas en faveur de Starbucks.

- Commission européenne, Décision du 21 octobre 2015 relative à l'aide d'État SA.38375 (2014/C ex 2014/NN) mise à exécution par le Luxembourg en faveur de Fiat Finance and Trade Ltd.

- Commission européenne, Décision du 4 octobre 2017 relative à l'aide d'État SA.38944 (2014/C) mise à exécution par le Luxembourg en faveur d'Amazon.

2) La restauration des conditions normales de concurrence

Le contrôle des aides d'État ne se limite pas à l'identification des risques et à la prévention. Il vise également à restaurer les conditions normales de fonctionnement du marché lorsqu'une distorsion est constatée.

Le mécanisme de récupération des aides illégales constitue à cet égard un instrument particulièrement efficace. En exigeant le remboursement des avantages indûment perçus, la Commission cherche moins à sanctionner l'entreprise bénéficiaire qu'à supprimer les effets économiques de la mesure litigieuse²⁵. Cette logique est particulièrement visible dans les contentieux récents relatifs aux aides fiscales accordées à certaines multinationales. L'objectif poursuivi consiste à replacer les entreprises concernées dans la situation concurrentielle qui aurait été la leur en l'absence d'intervention étatique.

Ainsi, le droit des aides d'État apparaît comme un outil de correction des défaillances susceptibles d'altérer le fonctionnement normal du marché intérieur. Il contribue à réduire les risques de concentration artificielle des investissements et favorise une allocation plus efficiente des ressources économiques au sein de l'Union.

B) Un instrument contribuant à la convergence économique et fiscale européenne

L'étude du contrôle des aides d'État fiscales révèle que celui-ci poursuit une finalité dépassant la seule protection de la concurrence. En limitant les écarts excessifs résultant des politiques fiscales nationales et en sanctionnant les dispositifs les plus distorsifs, le droit des aides d'État participe progressivement à l'émergence d'un cadre économique plus homogène au sein de l'Union européenne **(1)**. Cette fonction régulatrice apparaît comme l'un des vecteurs les plus efficaces de la convergence fiscale européenne **(2)**.

1) Les effets disciplinaires du contrôle des aides d'État

Le premier effet du contrôle européen réside dans son caractère dissuasif.

La Commission européenne et la Cour de justice ont progressivement construit un corpus jurisprudentiel qui permet aux États membres d'identifier avec une précision croissante les limites de leur liberté fiscale²⁶. Cette accumulation de décisions produit un effet normatif indirect particulièrement puissant. Les États sont incités à adapter leurs législations en amont afin d'éviter des procédures longues, coûteuses et politiquement sensibles.

Le contrôle des aides d'État a progressivement créé un ensemble de « *lignes rouges* » connues des administrations fiscales nationales²⁷. Les mécanismes les plus manifestement

²⁵ Trib. UE, 3 juillet 2014, *Royaume d'Espagne, Ciudad de la Luz SA et Sociedad Proyectos Temáticos de la Comunidad Valenciana SA c. Commission européenne*, aff. jointes T-319/12 et T-321/12, JOUE n° C 351 du 6 oct. 2014, p. 37.

²⁶ La CJUE possède sur son site un recueil de la jurisprudence : https://curia.europa.eu/site/jcms/d2_5120/fr/recueil

²⁷ CJCE, 21 novembre 1991, aff. C-354/90, *Fédération nationale du commerce extérieur des produits alimentaires et Syndicat national des négociants et transformateurs de saumon c. République française*, Rec. p. I-5505

discriminatoires ou sélectifs sont désormais identifiés comme incompatibles avec les exigences du marché intérieur. Cette fonction disciplinaire s'exerce selon plusieurs modalités.

- En premier lieu, la récupération des aides illégales constitue une sanction économique importante pour les bénéficiaires et un signal adressé aux administrations nationales²⁸.
- En deuxième lieu, les décisions de la Commission contribuent à homogénéiser les pratiques administratives en matière fiscale. Les États adaptent leurs procédures internes afin de réduire les risques de qualification d'aide d'État.
- Enfin, la publicité des décisions européennes renforce la transparence des politiques fiscales nationales. L'obligation de notification et le contrôle accru des aides d'État participent à cette évolution.

Toutefois, une aide notifiée n'est pas forcément illégale : dans l'arrêt *SIDE c. Commission*²⁹, le Tribunal y rappelle plusieurs principes fondamentaux qui demeurent structurants aujourd'hui.

Tout d'abord, il précise qu'une aide d'État non notifiée n'est pas automatiquement illégale du seul fait de l'absence de notification préalable. Cette approche s'inscrit dans la continuité de la jurisprudence antérieure³⁰, qui distingue l'existence matérielle d'une aide et le respect des obligations procédurales issues de l'article 108 §3 TFUE.

Ensuite, le Tribunal affirme la portée de son contrôle juridictionnel, lequel s'étend à toute aide mise à exécution sans notification préalable. Cette position renforce le rôle du juge de l'Union dans la surveillance du respect du mécanisme de notification et du contrôle *ex ante* des aides d'État.

Enfin, la décision met en lumière deux exigences substantielles. D'une part, les aides doivent respecter une forme de proportionnalité dans leurs effets, même si aucun critère chiffré strict n'est défini par le juge. D'autre part, elles ne doivent pas permettre à une entreprise de se constituer ou de renforcer une position concurrentielle qu'elle n'aurait pas pu atteindre dans des conditions normales de marché. Par cette approche, le Tribunal contribue à intégrer pleinement l'analyse des effets concurrentiels dans le contrôle des aides d'État et à renforcer la logique de concurrence non faussée au sein du marché intérieur.

Ainsi, même en l'absence d'harmonisation fiscale formelle, le contrôle des aides d'État produit un effet d'alignement progressif des comportements étatiques.

²⁸ CJCE, 15 mai 1997, aff. C-355/95 P, *Textilwerke Deggendorf GmbH (TWD) c. Commission des Communautés européennes et République fédérale d'Allemagne*, Rec. p. I-2549, JOCE C 199 du 28 juin 1997, p. 9 et CJUE, 13 novembre 2008, aff. C-214/07, *Commission des Communautés européennes c. République française*, ECLI:EU:C:2008:619, JOUE C 46 du 21 février 2009, p. 7.

²⁹ Trib. UE, 19 septembre 1995, *Société internationale de diffusion et d'édition (SIDE) c. Commission des Communautés européennes*, aff. T-49/93, Rec. II-2501.

³⁰ CJCE, 21 novembre 1991, *Fédération nationale du commerce extérieur des produits alimentaires et Syndicat national des négociants et transformateurs de saumon c. République française*, aff. C-354/90, Rec. p. I-5505.

CJCE, 21 mars 1990, *Belgique c. Commission des Communautés européennes*, aff. C-142/87, Rec. p. I-959.

2) Les perspectives d'articulation avec les nouveaux instruments de gouvernance fiscale européenne

Les effets disciplinaires du contrôle des aides d'État ne constituent toutefois qu'une composante d'un mouvement plus large de transformation de la gouvernance fiscale européenne. Depuis plusieurs années, l'Union européenne développe progressivement un ensemble d'instruments destinés à renforcer la coordination des politiques fiscales nationales et à limiter les phénomènes d'érosion des bases imposables. Dans ce contexte, le droit des aides d'État apparaît comme l'un des éléments d'un dispositif plus global visant à assurer la stabilité économique et fiscale du marché intérieur. Plusieurs initiatives européennes poursuivent des objectifs similaires, notamment les projets d'assiette commune consolidée pour l'impôt sur les sociétés (ACCIS).

Cette évolution répond à une réalité économique désormais largement reconnue. Les mécanismes traditionnels de souveraineté fiscale ont été conçus dans un environnement où les activités économiques demeuraient principalement nationales. La mondialisation des échanges, la numérisation de l'économie et l'internationalisation croissante des groupes multinationaux ont profondément modifié cette situation. Les États membres sont aujourd'hui confrontés à des acteurs économiques dont les capacités de mobilité dépassent souvent les cadres nationaux traditionnels.

Dans ce contexte, le contrôle des aides d'État apparaît comme un instrument complémentaire de ces nouveaux mécanismes de gouvernance. Là où l'harmonisation fiscale exige généralement l'unanimité des États membres et se heurte aux résistances liées à la souveraineté fiscale, le contrôle des aides d'État offre une voie plus souple permettant de limiter les comportements les plus dommageables sans remettre directement en cause les compétences nationales³¹.

Cette spécificité explique en partie son efficacité. La convergence fiscale ne résulte pas d'une uniformisation complète des systèmes fiscaux nationaux. Elle procède davantage d'un rapprochement progressif des pratiques, sous l'effet combiné des contraintes économiques, des mécanismes concurrentiels et de l'intervention des institutions européennes³². L'influence des travaux de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) renforce encore cette dynamique. Les initiatives engagées dans le cadre du programme BEPS (*Base Erosion and Profit Shifting*) ont profondément modifié les standards internationaux applicables à la fiscalité des entreprises multinationales³³. Les principes de transparence, de lutte contre les transferts artificiels de bénéfices et de coopération administrative se sont progressivement imposés comme des références communes aux États développés.

³¹ Règlement (CE) n° 1998/2006 de la Commission du 15 décembre 2006 concernant l'application des articles 87 et 88 du traité aux aides *de minimis*, art. 3, JOUE L 379 du 28 décembre 2006, p. 5.

³² Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE), titre VII « Les règles communes sur la concurrence, la fiscalité et le rapprochement des législations », art. 101 à 118.

³³ Travaux de l'OCDE relatifs à la lutte contre l'érosion des bases fiscales (programme BEPS – *Base Erosion and Profit Shifting*).

L'Union européenne a largement intégré ces évolutions dans sa propre stratégie de gouvernance fiscale. Les différentes directives adoptées au cours de la dernière décennie traduisent une volonté croissante de coordonner les réponses apportées aux défis posés par l'économie mondialisée. Les mécanismes d'échange automatique d'informations fiscales, les règles relatives aux dispositifs hybrides ou encore les mesures de lutte contre l'évasion fiscale participent de cette évolution générale.

Le contrôle des aides d'État s'inscrit naturellement dans cet ensemble. Il constitue même, dans certains cas, un instrument particulièrement efficace de mise en œuvre des objectifs poursuivis par les réformes internationales. Lorsqu'un dispositif fiscal favorise artificiellement le transfert de bénéfices ou crée des conditions de concurrence inéquitables, il peut simultanément relever des préoccupations exprimées par l'OCDE et des exigences du droit européen des aides d'État.

Cette convergence des instruments contribue progressivement à la constitution d'un véritable espace de gouvernance fiscale multiniveau. Les États membres demeurent les principaux acteurs de la politique fiscale, mais leur action s'inscrit désormais dans un environnement normatif façonné par des contraintes européennes et internationales de plus en plus importantes.

Le droit des aides d'État joue un rôle essentiel dans ce processus. En encadrant les formes les plus agressives de concurrence fiscale et en limitant les dispositifs susceptibles de provoquer des distorsions importantes du marché intérieur, il contribue à rapprocher les systèmes nationaux sans remettre directement en cause leur diversité. Cette fonction pourrait encore se renforcer dans les années à venir. Les projets actuellement discutés au niveau européen, notamment ceux relatifs à l'assiette commune des entreprises ou aux nouvelles formes de coopération fiscale, sont susceptibles d'accroître les interactions entre droit fiscal et droit des aides d'État. La frontière entre harmonisation, coordination et contrôle concurrentiel pourrait ainsi devenir de plus en plus perméable.

Dans cette perspective, le contrôle des aides d'État apparaît moins comme un simple mécanisme de police économique que comme l'un des piliers d'une gouvernance fiscale européenne en construction. Sa capacité à articuler respect des souverainetés nationales et préservation du marché intérieur explique probablement la place croissante qu'il occupe dans l'architecture économique de l'Union européenne.

L'étude de cette évolution conduit ainsi à considérer le droit des aides d'État comme un instrument privilégié de gestion des risques économiques et de convergence fiscale. Sans imposer une harmonisation formelle, il favorise l'émergence progressive d'un cadre économique plus cohérent et plus stable au sein de l'Union européenne.

Conclusion

L'analyse du contrôle des aides d'État fiscales conduit à dépasser la conception traditionnelle d'un simple mécanisme de police de la concurrence. Certes, la finalité première du dispositif demeure la préservation d'une concurrence libre et non faussée au sein du marché intérieur.

Toutefois, l'étude des pratiques de la Commission européenne et de la jurisprudence de l'Union révèle une fonction plus large de régulation économique.

Les aides fiscales sélectives constituent en effet des facteurs de risque susceptibles d'affecter non seulement les entreprises concurrentes, mais également l'équilibre général du marché intérieur. Elles peuvent provoquer des distorsions d'investissement, encourager les phénomènes de concurrence fiscale dommageable et accentuer les divergences économiques entre États membres.

Face à ces risques, le contrôle exercé par la Commission européenne et la Cour de justice apparaît comme un véritable mécanisme de prévention et de correction des déséquilibres économiques. La surveillance des dispositifs fiscaux nationaux, l'encadrement des *tax rulings* et la récupération des aides incompatibles participent directement au maintien de conditions concurrentielles équilibrées.

Plus encore, ce contrôle produit des effets disciplinaires qui dépassent le cadre des affaires individuelles. En définissant progressivement les limites acceptables de la concurrence fiscale, il contribue à rapprocher les comportements des États membres et favorise l'émergence d'un cadre fiscal européen plus cohérent. Ainsi, sans constituer un instrument d'harmonisation fiscale au sens strict, le contrôle des aides d'État fiscales apparaît comme l'un des principaux vecteurs de la convergence fiscale européenne. Il illustre la manière dont le droit de la concurrence peut devenir un instrument de régulation des risques économiques au service de l'intégration européenne, confirmant l'hypothèse centrale selon laquelle la convergence fiscale au sein de l'Union s'opère moins par l'uniformisation que par l'encadrement progressif des comportements susceptibles de perturber l'équilibre du marché intérieur.

Les risques de l'informatique quantique et les encadrements juridiques pour la cryptographie post-quantique

Mizuki HASHIGUCHI
Avocate au barreau de New York

Résumé : En mars 2026, l'Institut de risque global a estimé que, en raison du développement des ordinateurs quantiques, de nombreuses organisations sont susceptibles d'être exposées au risque « d'un niveau insupportable », qui exige une « réponse immédiate ». Le présent article examine les risques posés par la technologie de l'informatique quantique et les encadrements juridiques pour l'adaptation vers la cryptographie post-quantique afin de répondre à ces risques. Certains systèmes de cryptographie actuelle assurent la protection des données par des problèmes de mathématiques qui sont difficiles à résoudre pour les ordinateurs classiques. La technologie de l'informatique quantique donne, aux ordinateurs quantiques, une puissante capacité de calcul. Les ordinateurs quantiques pourront donc résoudre ces problèmes de mathématique avec facilité. Par conséquent, l'informatique quantique risque de détruire et de contourner la cryptographie qui protège les informations cruciales dans la société. L'adoption de la « cryptographie post-quantique » par les systèmes informatiques actuels est considérée comme l'une des meilleures solutions pour surmonter les risques de l'informatique quantique. Les autorités publiques jouent un rôle significatif dans la sensibilisation des risques quantiques, ainsi que dans l'élaboration des encadrements juridiques pour la mise en œuvre de la cryptographie post-quantique. La standardisation des algorithmes de la cryptographie post-quantique, ainsi que la collaboration entre des diverses organisations à l'échelle internationale, contribuent à la protection de la confidentialité, l'authenticité et l'intégrité des informations. Il s'agit des initiatives indispensables pour le respect du bien-être des individus dans l'ère quantique.

Mots-clés : Informatique quantique ; Algorithmes ; Mathématiques ; Standardisation ; Autorités publiques

Abstract: In March 2026, the Global Risk Institute stated that, due to the development of quantum computers, “many organizations may unknowingly be exposed to an intolerable level of risk that demands immediate action.”. The present article examines the risks of quantum computing and the legal frameworks for overcoming them. Certain cryptographic systems protect data through the difficulty of mathematical problems. Data protection is achieved because classical computers cannot easily solve these mathematical problems. However, two properties in quantum mechanics, namely, linear superposition and the entanglement of qubits, give quantum computers an immensely powerful capacity to conduct calculations. As a result, quantum computers are likely to have enough power to solve the difficult mathematical problems that protect data. In this way, quantum computing poses the risk of destroying today's cryptographic systems. The confidentiality of important information in society risks being compromised. Transitioning current cybersecurity systems to “Post-Quantum Cryptography” is considered as one of the most practical solutions for responding to the risks of quantum computers. Public authorities play a crucial role in communicating these risks to the public. They also construct legal frameworks that implement Post-Quantum Cryptography. The establishment of standards for algorithms that withstand the risks of quantum computing has been a key element in the migration toward Post-Quantum Cryptography. In addition, interdisciplinary collaboration between various organizations across different jurisdictions has also contributed to the creation of measures that safeguard the confidentiality, authenticity, and integrity of information. These initiatives are essential for respecting individuals' well-being in the era of quantum computing.

Keywords: Quantum Computing; Algorithms; Mathematics; Standard-Setting; Public Agencies

Introduction

Le 7 octobre 2025, le Prix Nobel de physique a été décerné aux trois pionniers de l'informatique quantique, John Clarke, Michel H. Devoret et John M. Martinis¹. Leurs recherches et leurs expérimentations en mécanique quantique ont ouvert des voies aux applications de la technologie de l'informatique quantique². Les ordinateurs quantiques font partie de ces applications³.

L'informatique quantique est fondée sur « la théorie de l'utilisation des spécificités de la physique quantique pour le traitement et la transmission de l'information »⁴. Le calcul quantique est décrit comme « une manière de concentrer astucieusement l'information relative à la solution d'un problème au moyen des interférences quantiques »⁵. La Commission européenne estime que « les technologies quantiques permettront de faire des choses qui ne peuvent tout simplement pas être faites aujourd'hui »⁶.

Ainsi, la technologie d'informatique quantique peut être mobilisée dans des domaines de grande diversité⁷. Par exemple, elle peut être utilisée pour modéliser les interactions des molécules en biologie et en chimie afin de faciliter la découverte des médicaments efficaces⁸. Un ordinateur quantique peut également résoudre des problèmes d'optimisation⁹. Cette opération par l'ordinateur quantique contribuera aux décisions sur la meilleure manière de distribuer des ressources¹⁰. De plus, la technologie de l'informatique quantique peut servir à améliorer l'apprentissage de l'intelligence artificielle, en créant des données de qualité¹¹.

En dépit de ce potentiel des applications bénéfiques pour la société, l'informatique quantique engendre également des risques¹². Puisque l'informatique quantique permet aux ordinateurs de réaliser des calculs et des opérations avec une puissance formidable, les ordinateurs quantiques pourront détruire et contourner les protections actuelles des données importantes dans le monde¹³. En mars 2026, l'Institut de risque global¹⁴ a estimé que, en raison du développement des ordinateurs quantiques, de nombreuses organisations sont susceptibles d'être exposées au risque « d'un niveau insupportable », qui exige une « réponse immédiate »¹⁵.

¹ The Nobel Foundation [La fondation Nobel], Nobel Prize in Physics 2025 [Prix Nobel de physique 2025], <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/>.

² *Ibidem*.

³ *Ibidem*.

⁴ M. Le Bellac, *Introduction à l'information quantique*, Collection Échelles, Belin, 2005, p. 9.

⁵ P. Degiovanni ; N. Portier ; C. Cabart ; A. Feller & B. Roussel, *Physique quantique, information et calcul : Des concepts aux applications*, Savoirs actuels, EDP Sciences / CNRS Éditions, 2020, p. 469.

⁶ Commission européenne, « Quantum », <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/policies/quantum>.

⁷ S. Wilkes & S. Brawley, UK Parliament, POST, "Quantum computing, sensing and communications" [« Informatique quantique, détection et communications »], 22 avril 2025, <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PN-0742/POST-PN-0742.pdf>, pp. 6-12.

⁸ *Ibid.*, p. 12.

⁹ *Ibidem*.

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ *Ibid.*, pp. 8 & 13.

¹² V. *e.g.*, p. 14.

¹³ Commission européenne, « Recommandation de la Commission du 11.4.2024 relative à une feuille de route pour la mise en œuvre coordonnée de la transition vers la cryptographie post-quantique », <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9212-2024-INIT/fr/pdf>, p. 1, (3).

¹⁴ Global Risk Institute [l'Institut de risque global], <https://globalriskinstitute.org/>.

¹⁵ Global Risk Institute [Institut de risque global], "Quantum Threat Timeline Report 2025" [« Rapport 2025 sur la chronologie de menace quantique »], mars 2026, <https://globalriskinstitute.org/mp-files/pdf-quantum-threat-timeline-report-2025.pdf>, p. 6.

L'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information de la République française considère que la « cryptographie post-quantique [...] représente la voie la plus prometteuse pour se prémunir contre la menace quantique »¹⁶. La « cryptographie » signifie « l'art de transmettre à un correspondant un message qui ne puisse pas être compris par une partie adverse »¹⁷. La « cryptographie post-quantique » constitue des algorithmes de cryptographie, qui ont pour objet de surmonter les risques présentés par l'informatique quantique¹⁸.

Au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord (« Royaume-Uni »), le Centre national pour la cybersécurité a constaté, le 11 novembre 2020, qu'il est « impossible de prédire, avec certitude », comment les technologies des ordinateurs quantiques évolueraient¹⁹. Il s'agit d'une grande incertitude liée aux risques des technologies quantiques. Le Centre national pour la cybersécurité estime que « l'atténuation la plus efficace » de ces risques est le recours aux problèmes mathématiques qui ne pourront pas être résolus facilement par des ordinateurs quantiques²⁰.

Les autorités publiques jouent des rôles significatifs pour l'organisation de la transition vers la cryptographie post-quantique²¹. Ces autorités assurent également la sensibilisation des acteurs qui sont impliqués dans cette adaptation technologique²².

À titre d'exemple, l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution de la République française est une autorité administrative qui est adossée à la Banque de France²³. Le 23 avril 2026, l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution a expliqué qu'elle réalise des entretiens avec des institutions financières afin de les accompagner dans leur adaptation vers la cryptographie post-quantique.²⁴ En tant qu'encadrement de cette transition technologique, l'Autorité se réfère au cadre réglementaire sur le risque cyber, ainsi que les « feuilles de route » pour la planification de la transition.²⁵ Ce plan chronologique a été formulé par la Commission européenne²⁶, le Groupe de coopération sur les réseaux et les systèmes

¹⁶ Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, « Cryptographie post-quantique (PQC) : Posture générale et actions de l'ANSSI sur la PQC », <https://cyber.gouv.fr/enjeux-technologiques/cryptographie-post-quantique/>.

¹⁷ M. Le Bellac & I. Zaquine, *Information quantique : Théorie et expériences*, Savoirs actuels, EDP Sciences / CNRS Éditions, septembre 2025, p. 21.

¹⁸ Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, « Cryptographie post-quantique (PQC) : Posture générale et actions de l'ANSSI sur la PQC », <https://cyber.gouv.fr/enjeux-technologiques/cryptographie-post-quantique/> ; République française, « Cryptographie post quantique », <https://quantique.france2030.gouv.fr/perimetre/cryptographie-post-quantique/>.

¹⁹ National Cyber Security Centre [Centre national pour la cybersécurité], « Preparing for Quantum-Safe Cryptography » [« Des préparations pour la cryptographie résistante à l'informatique quantique »], 11 novembre 2020, <https://www.ncsc.gov.uk/paper/preparing-for-quantum-safe-cryptography>.

²⁰ *Ibidem*.

²¹ Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, Banque de France, « L'ACPR sensibilise l'écosystème à se préparer à la cryptographie post-quantique », 23 avril 2026, <https://acpr.banque-france.fr/fr/actualites/lacpr-sensibilise-lecosysteme-se-preparer-la-cryptographie-post-quantique>.

²² *Ibidem*.

²³ Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, Banque de France, « L'ACPR », <https://acpr.banque-france.fr/fr/lacpr>.

²⁴ Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, Banque de France, « L'ACPR sensibilise l'écosystème à se préparer à la cryptographie post-quantique », *loc. cit.*

²⁵ *Ibidem*.

²⁶ Commission européenne, « Une feuille de route de mise en œuvre coordonnée pour la transition vers la cryptographie post-quantique », 23 juin 2025, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/library/coordinated-implementation-roadmap-transition-post-quantum-cryptography>.

informatiques²⁷ et le Groupe d'Experts Cyber du G7²⁸ afin de répondre aux risques des ordinateurs quantiques.²⁹

Avec l'essor de la technologie de l'informatique quantique et l'ampleur des risques que cette technologie pose à l'échelle internationale, l'étude de l'encadrement juridique pour surmonter ces risques revêt une importance considérable. Quels sont les encadrements juridiques qui pourraient contribuer à atténuer ou à résoudre les risques de l'informatique quantique ?

Il convient d'examiner, d'abord, les risques de l'informatique quantique et l'émergence de la cryptographie post-quantique comme une solution contre ces risques **(I)**. Ensuite, le présent article analyse les encadrements juridiques de la mise en œuvre de la cryptographie quantique en vigueur aux États-Unis d'Amérique, au sein de la République française, de la République d'Estonie et de la République de Singapour **(II)**.

I) Cryptographie Post-Quantique contre les risques de l'informatique quantique

Les risques présentés par les ordinateurs informatiques sont susceptibles de compromettre les mesures de cybersécurité qui protègent des données sensibles et importantes dans la société **(A)**. L'adoption de la cryptographie post-quantique par les systèmes informatiques actuels est censée être l'une des meilleures solutions pour surmonter les risques de la technologie de l'informatique quantique **(B)**.

A) Le risque des ordinateurs quantiques comme menace bouleversante

Les risques des ordinateurs quantiques viennent de la puissance de calcul de ces machines. De nombreux systèmes de cryptographie actuelle protègent les données par des problèmes de mathématiques qui sont difficiles à résoudre pour les ordinateurs classiques. Pourtant, la technologie de l'informatique quantique permet aux ordinateurs quantiques d'exercer une puissance de calcul **(1)** qui amène les ordinateurs quantiques à résoudre ces problèmes de mathématiques avec facilité **(2)**.

1) La puissance de calcul par la superposition linéaire et l'intrication

L'informatique quantique possède les propriétés de la « superposition linéaire » et l'« intrication ». Ces deux caractères contribuent à la puissance de calcul réalisé par des ordinateurs quantiques.

²⁷ Network and Information Systems Cooperation Group [Groupe de coopération sur les réseaux et les systèmes informatiques], "A Coordinated Implementation Roadmap for the Transition to Post-Quantum Cryptography" [« Une feuille de route coordonnée pour la mise en œuvre de la transition vers la cryptographie post-quantique »], 11 juin 2025, https://securitydelta.nl/media/com_hsd/report/750/document/Roadmap-on-postquantum-cryptography-PzBJxNUYyeuEdVUacWL696DofZQ-117507.pdf.

²⁸ U.S. Department of the Treasury [Département du trésor des États-Unis], "G7 Cyber Expert Group" [« Groupe d'Experts Cyber du G7 »], <https://home.treasury.gov/policy-issues/international/g-7-and-g-20/g7-cyber-expert-group>.

²⁹ Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, Banque de France, « L'ACPR sensibilise l'écosystème à se préparer à la cryptographie post-quantique », *loc. cit.*

Dans le domaine de l'informatique *classique*, les bits d'information sont stockés sur un support, qui se trouve dans un état qui représente la valeur 0 du bit, ou dans un état qui représente la valeur 1 du bit³⁰. Ainsi, l'état que le « bit » peut prendre est « 0 » ou « 1 »³¹.

Dans le domaine de l'informatique *quantique*, le « quantum bit » (« qubit ») est utilisé³². D'après un caractère fondamental des états quantiques, un certain état quantique peut être placé en superposition linéaire avec un autre état quantique³³. En conséquence, l'état que le « qubit » peut prendre est non seulement « 0 » et « 1 », mais « une combinaison linéaire des états 0 et 1 »³⁴, c'est-à-dire, « toutes les valeurs intermédiaires » entre « 0 » et « 1 »³⁵.

Une autre propriété fondamentale de l'informatique quantique est l'intrication³⁶. D'après cette propriété, lorsqu'un objet en mécanique quantique est placé à distance d'un autre objet en mécanique quantique, ces deux objets peuvent agir comme une « entité indissociable » et réunie, en dépit de la distance entre les deux objets³⁷. Ainsi, lorsque l'un de ces objets change, l'autre objet se transforme également, peu importe la séparation spatiale entre eux³⁸. La raison expliquant ce phénomène d'intrication n'est pas complètement connue³⁹.

La combinaison des caractères de superposition linéaire et d'intrication permet aux ordinateurs quantiques d'avoir une grande capacité de calcul⁴⁰.

Une différence importante entre l'informatique *classique* et l'informatique *quantique* est la manière dont la capacité de calcul augmente lorsqu'une unité de « bit » ou de « qubit » est ajoutée⁴¹. En informatique *classique*, lorsqu'un « bit » est ajouté, la puissance de calcul devient « une valeur de plus »⁴². En informatique *quantique*, lorsqu'un « qubit » est ajouté, la puissance de calcul devient « double »⁴³.

Ainsi, en informatique *classique*, « 10 bits » correspondent à la puissance de calcul de « 10 », tandis que, en informatique *quantique*, « 10 qubits » correspondent à la puissance de calcul de « 1024 », car « $2^{10} = 1024$ »⁴⁴. Il s'agit d'une augmentation significative de la capacité d'exécuter des opérations.

³⁰ M. Le Bellac & I. Zaquine, *Information quantique : Théorie et expériences*, Savoirs actuels, EDP Sciences / CNRS Éditions, septembre 2025, p. 8.

³¹ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, M. C. Villani, Député, Premier vice-président, « Technologies quantiques : cryptographies quantiques et post-quantiques », Les notes scientifiques de l'office, note n° 18, juillet 2019, https://www.senat.fr/fileadmin/import/files/fileadmin/Fichiers/Images/opecst/quatre_pages/OPECST_2019_0071_note_cryptographies_quantiques_postquantiques.pdf, note 17 de fin du document.

³² M. Le Bellac & I. Zaquine, *op. cit.*, pp. 43-44.

³³ M. Le Bellac, *Introduction à l'information quantique*, Collection Échelles, Belin, 2005, p. 10.

³⁴ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *op. cit.*, note 17 de fin du document.

³⁵ M. Le Bellac, *Introduction à l'information quantique*, *loc. cit.*

³⁶ *Ibidem*.

³⁷ *Ibidem*.

³⁸ G. Cattani, *Introduction à l'informatique quantique : Des fondamentaux à votre première application*, Editions ENI, 2024, p. 49.

³⁹ M. Le Bellac, *Introduction à l'information quantique*, *loc. cit.*

⁴⁰ V. *Ibidem*.

⁴¹ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *loc. cit.*

⁴² *Ibidem*.

⁴³ *Ibidem*.

⁴⁴ *Ibidem*.

Cette augmentation de la capacité de calcul contribue aux applications pratiques des ordinateurs quantiques. En même temps, cette puissance de calcul risque d'entraîner la destruction des systèmes de protection des données.

2) Le cassage de la protection des données par les mathématiques

À cause de la puissance de calcul qui résulte de la technologie de l'informatique quantique, les ordinateurs quantiques risquent de compromettre les algorithmes cryptographiques actuels qui protègent des données⁴⁵. Cette protection est fondée sur la difficulté de certains problèmes des mathématiques.

En général, la confidentialité des échanges d'information peut être protégée par le chiffrement des données⁴⁶. Le « chiffrement RSA » est un exemple⁴⁷. Afin d'effectuer le décryptage des communications protégées par le chiffrement RSA, un ordinateur classique doit résoudre un problème mathématique difficile, tel que la factorisation d'un nombre entier naturel en facteurs premiers, en écrivant le nombre entier naturel comme un produit des nombres premiers⁴⁸.

Dans le cas où il n'existe aucune menace des ordinateurs *quantiques*, cette méthode peut servir à sauvegarder la confidentialité des données parce qu'il est, en général, difficile pour des ordinateurs *classiques* de résoudre ces problèmes mathématiques de factorisation.⁴⁹ Par exemple, en juillet 2019, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques de la République française a rapporté que les « meilleurs ordinateurs » classiques prendraient « 13,8 milliards d'années » pour « trouver les facteurs premiers » qui permettraient le décryptage du chiffrement « RSA 2048 »⁵⁰.

Pourtant, la robustesse d'une telle protection des informations peut subir un effondrement en raison de l'essor de la technologie d'informatique quantique. À titre d'exemple, en 1994, Peter Shor a déclaré qu'il avait découvert un algorithme rapide permettant la factorisation des nombres entiers naturels⁵¹. L'utilisation de cet algorithme de Shor par un ordinateur quantique risque de « porter atteinte à la confidentialité et à l'intégrité des informations sensibles »⁵².

Ainsi, la puissance de la technologie quantique permet à un ordinateur quantique d'effectuer la factorisation des nombres entiers naturels avec rapidité⁵³. Par conséquent, l'ordinateur quantique pourra décrypter le chiffrement RSA « en seulement quelques minutes »⁵⁴. Cet ordinateur quantique risque de remettre en cause la sécurité des systèmes, tels que le

⁴⁵ Commission européenne, « Une feuille de route de mise en œuvre coordonnée pour la transition vers la cryptographie post-quantique », 23 juin 2025, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/library/coordinated-implementation-roadmap-transition-post-quantum-cryptography>.

⁴⁶ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *op. cit.*, p. 1, col. 2.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 2, col. 1.

⁴⁸ M. Le Bellac & I. Zaquine, *Information quantique : Théorie et expériences*, Savoirs actuels, EDP Sciences / CNRS Éditions, septembre 2025, p. 25 ; Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *op. cit.*, p. 2, col. 1.

⁴⁹ V. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *loc. cit.*

⁵⁰ *Ibidem*.

⁵¹ B. Prieur, *Informatique quantique : De la physique quantique à la programmation quantique en Q#*, Editions ENI, 2019, p. 217 ; M. Le Bellac, *Introduction à l'information quantique*, Collection Échelles, Belin, 2005, p. 5.

⁵² G. Cattani, *Introduction à l'informatique quantique : Des fondamentaux à votre première application*, Editions ENI, 2024, p. 147.

⁵³ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *op. cit.*, p. 2, cols 1-2.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 2, col. 2.

chiffrement RSA⁵⁵. Il s'agit d'un risque sérieux envers la sécurité de la cryptographie actuelle⁵⁶.

La « cryptographie post-quantique » est une « cryptographie immune aux attaques d'un ordinateur quantique ».⁵⁷ La cryptographie post-quantique mobilise de différents problèmes en mathématiques afin d'effectuer le chiffrement des protocoles de communication⁵⁸. Il s'agit des problèmes mathématiques qui ne peuvent pas être résolus facilement par des ordinateurs quantiques. À titre d'exemple, les problèmes mathématiques sur les fonctions de hachage⁵⁹, les isogénies entre des courbes elliptiques⁶⁰, ainsi que les problèmes sur les réseaux euclidiens⁶¹ ont été certifiés comme étant « résistants au calcul quantique »⁶².

B) Les transitions vers la Cryptographie Post-Quantique comme solution réaliste

Les transitions des systèmes de cryptographie d'aujourd'hui vers la cryptographie post-quantique pourraient renforcer la protection des données⁶³. L'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information de la République française estime que la cryptographie post-quantique constitue une « réponse réaliste »⁶⁴ au risque de l'informatique quantique⁶⁵.

La Commission européenne a publié ses recommandations et ses stratégies pour la transition vers la cryptographie post-quantique **(1)**. Le gouvernement du Canada a également présenté un plan chronologique pour la réalisation de cette transition **(2)**.

1) Les recommandations et stratégies de la Commission Européenne

Le 11 avril 2024, la Commission européenne a recommandé aux États membres de l'Union européenne, une transition vers la mise en œuvre de la cryptographie post-quantique⁶⁶. Cette Recommandation par la Commission européenne indique que la cryptographie post-

⁵⁵ M. Le Bellac & I. Zaquine, *op. cit.*, p. 517.

⁵⁶ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *op. cit.*, p. 2, col. 2.

⁵⁷ M. Le Bellac & I. Zaquine, *op. cit.*, p. 520.

⁵⁸ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *op. cit.*, p. 1 & p. 4, col. 2.

⁵⁹ Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, « Sécurité : Chiffrement, hachage, signature », 14 mars 2024, <https://www.cnil.fr/fr/securite-chiffrement-hachage-signature>.

⁶⁰ J. Kieffer, Département de mathématiques et applications, École normale supérieure, « Calcul d'isogénies entre courbes elliptiques : Introduction au domaine de recherche », https://www.math.ens.psl.eu/shared-files/9712/?IDR_KIEFFER.pdf.

⁶¹ C. Bachoc, Institut de Mathématiques de Bordeaux, « Réseaux et cryptographie », <https://www.math.u-bordeaux.fr/~cbachocb/Enseignements/Cryptanalyse/LLL.pdf>.

⁶² Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *op. cit.*, p. 5, col. 1.

⁶³ European Union Agency for Cybersecurity [Agence de l'Union européenne pour la cybersécurité], « Post-Quantum Cryptography: Current state and quantum mitigation » [« Cryptographie post-quantique : État actuel et la transition quantique »], mai 2021, <https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/publications/ENISA%20Report%20-%20Post-Quantum%20Cryptography%20Current%20state%20and%20quantum%20mitigation-V2.pdf>, p. 1 ; National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], « Post-Quantum Cryptography » [« Cryptographie post-quantique »], 11 décembre 2025, <https://csrc.nist.gov/projects/post-quantum-cryptography>.

⁶⁴ M. H. Gilbert, Compte rendu de l'audition publique du 21 octobre 2021, « Rapport au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur la Stratégie quantique française », 20 janvier 2022, <https://www.senat.fr/rap/r21-377/r21-3771.pdf>, p. 59 (caractérisant la cryptographie post-quantique comme une « une réponse réaliste à la menace quantique »).

⁶⁵ Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, « Cryptographie post-quantique (PQC) : Posture générale et actions de l'ANSSI sur la PQC », <https://cyber.gouv.fr/enjeux-technologiques/cryptographie-post-quantique/>.

⁶⁶ Commission européenne, « Recommandation relative à une feuille de route coordonnée pour la mise en œuvre de la transition vers la cryptographie post-quantique », 11 avril 2024, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/library/recommendation-coordinated-implementation-roadmap-transition-post-quantum-cryptography> ; Commission européenne, « Recommandation de la Commission du 11.4.2024 relative à une feuille de route pour la mise en œuvre coordonnée de la transition vers la cryptographie post-quantique », <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9212-2024-INIT/fr/pdf>.

quantique « offrira une plus grande robustesse face aux risques que pose l'utilisation malveillante d'ordinateurs quantiques »⁶⁷.

La transition vers la cryptographie post-quantique entraînera un « changement fondamental d'algorithmes, de protocoles et de systèmes cryptographiques » qui sont utilisés par des administrations publiques⁶⁸. En conséquence, la réalisation de cette transition comporte une coordination entre non seulement des agences gouvernementales, mais également les organismes de normalisation, les industries, ainsi que des experts en cybersécurité⁶⁹.

Le 2 juillet 2025, la Commission européenne a adopté la « Stratégie Quantum Europe » qui vise à construire un « écosystème quantique résilient et souverain »⁷⁰. Tout en favorisant des recherches et des innovations en science quantique, cette « Stratégie Quantum Europe » explique que l'avancement de l'informatique quantique présente des risques pour la sûreté des communications⁷¹.

Outre l'Union européenne, la transition vers la cryptographie post-quantique est envisagée dans plusieurs pays. Le Canada est un exemple.

2) Le plan chronologique des transitions par le gouvernement du Canada

Une stratégie pour l'adoption de la cryptographie post-quantique a également été construite en Canada. Le 24 juin 2025, le Gouvernement du Canada a annoncé que, « [a]fin de protéger les renseignements confiés au gouvernement du Canada [...], les ministères et organismes doivent commencer à planifier la transition vers la cryptographie post-quantique »⁷².

Le même jour, le Centre canadien pour la cybersécurité a publié la « Feuille de route pour la migration vers la cryptographie post-quantique [...] »⁷³. La mise en œuvre de cette transition implique plusieurs organisations gouvernementales⁷⁴. Par exemple, les « Services partagés Canada »⁷⁵, le Centre de la sécurité des télécommunications Canada⁷⁶, son Centre canadien pour la cybersécurité⁷⁷, ainsi que le Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada⁷⁸ jouent des rôles importants pour l'implémentation de la cryptographie post-quantique.⁷⁹

⁶⁷ Commission européenne, « Recommandation de la Commission du 11.4.2024 relative à une feuille de route pour la mise en œuvre coordonnée de la transition vers la cryptographie post-quantique », *op. cit.*, p. 2 (3).

⁶⁸ *Ibid.*, p. 2 (5).

⁶⁹ *Ibidem*.

⁷⁰ Commission européenne, « Stratégie Quantum Europe », 2 juillet 2025, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/library/quantum-europe-strategy>.

⁷¹ Commission européenne, Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil, « Stratégie pour une Europe quantique : l'Europe quantique dans un monde en mutation », 2 juillet 2025, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025DC0363>, p. 11.

⁷² Gouvernement du Canada, « Regard vers l'avenir : Informatique quantique et cybersécurité », 24 juin 2025, <https://www.canada.ca/fr/services-partages/campagnes/histoires/informatique-quantique-cybersecurite.html>.

⁷³ Centre canadien pour la cybersécurité, « Feuille de route pour la migration vers la cryptographie post-quantique au sein du gouvernement du Canada (ITSM.40.001) », 24 juin 2025, <https://www.cyber.gc.ca/fr/orientation/feuille-route-migration-vers-cryptographie-post-quantique-sein-gouvernement-canada-itsm40001>.

⁷⁴ Gouvernement du Canada, « Regard vers l'avenir : Informatique quantique et cybersécurité », *loc. cit.*

⁷⁵ Services partagés Canada, 19 mai 2026, <https://www.canada.ca/fr/services-partages.html>.

⁷⁶ Centre de la sécurité des télécommunications Canada, 18 février 2026, <https://www.cse-cst.gc.ca/fr>.

⁷⁷ Centre canadien pour la cybersécurité, 19 février 2026, <https://www.cyber.gc.ca/fr>.

⁷⁸ Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, 22 mai 2025, <https://www.canada.ca/fr/secretariat-conseil-tresor.html>.

⁷⁹ Gouvernement du Canada, « Regard vers l'avenir : Informatique quantique et cybersécurité », *loc. cit.*

II) Les encadrements juridiques pour l'implémentation de la Cryptographie Post-Quantique

La construction d'encadrements juridiques pour la mise en œuvre de la cryptographie post-quantique a été réalisée dans plusieurs pays. La standardisation des algorithmes de la cryptographie post-quantique constitue un élément clé de ces réponses juridiques aux risques quantiques **(A)**. La collaboration entre les différentes organisations s'avère également un facteur important pour le renforcement de la cybersécurité dans l'ère quantique **(B)**.

A) La standardisation pour la mise en œuvre de la Cryptographie Post-Quantique

La standardisation des algorithmes utilisés pour la mise en œuvre de la cryptographie post-quantique fait partie des réponses juridiques aux risques de l'informatique quantique. À titre d'exemple, dans l'Union européenne, l'harmonisation de l'implémentation de la cryptographie post-quantique est cherchée⁸⁰. Le 11 avril 2024, la Commission européenne a recommandé l'instauration d'un cadre pour l'identification, l'évaluation et la sélection des algorithmes de la cryptographie post-quantique pour l'élaboration des normes européennes communes⁸¹. De surcroît, la Commission européenne a recommandé une coopération active à l'échelle internationale pour la création des normes internationales afin d'assurer l'interopérabilité des communications numériques⁸².

L'Institut européen des normes de télécommunications⁸³, dont le siège se situe à Sophia Antipolis, dans la République française⁸⁴, est une organisation européenne de normalisation⁸⁵, reconnue par le Règlement (UE) N° 1025/2012 du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2012 relatif à la normalisation européenne⁸⁶.

L'Institut réalise la création des standards, en suivant plusieurs principes, y compris l'ouverture, le consensus et la transparence⁸⁷. En comprenant 950 membres de 63 pays et 58 groupes spécialisés de normalisation, l'Institut européen des normes de télécommunications a publié 66 990 standards⁸⁸.

Le 25 mars 2025, l'Institut européen des normes de télécommunications a présenté un standard pour la cryptographie post-quantique, qui s'appelle « Covercrypt »⁸⁹. Ce standard

⁸⁰ Commission européenne, « Recommandation de la Commission du 11.4.2024 relative à une feuille de route pour la mise en œuvre coordonnée de la transition vers la cryptographie post-quantique », <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9212-2024-INIT/fr/pdf>, p. 2 (8).

⁸¹ *Ibidem*.

⁸² Commission européenne, *Ibid.*, pp. 2-3 (9).

⁸³ European Telecommunication Standards Institute [Institut européen des normes de télécommunications], <https://www.etsi.org/>.

⁸⁴ European Telecommunication Standards Institute [Institut européen des normes de télécommunications], <https://www.etsi.org/about/> ; <https://www.etsi.org/about/find-us/>.

⁸⁵ Commission européenne, « Key players in European Standardisation » [« Les acteurs clés dans la normalisation européenne »], https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/goods/european-standards/key-players-european-standardisation_en.

⁸⁶ Règlement (UE) N° 1025/2012 du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2012 relatif à la normalisation européenne, Journal officiel de l'Union européenne, L 316/12, 14 novembre 2012, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012R1025>.

⁸⁷ European Telecommunication Standards Institute [Institut européen des normes de télécommunications], « Standards making process » [« Procédure pour la création des normes »], <https://www.etsi.org/standards/standards-making-process/>.

⁸⁸ Institut européen des normes de télécommunications, « Join the ETSI community » [« Se joindre la communauté de l'Institut européen des normes de télécommunications »], 2026, <https://www.etsi.org/membership/>.

⁸⁹ Institut européen des normes de télécommunications, « ETSI launches new standard for Quantum-Safe Hybrid Key Exchanges to secure future post-quantum encryption » [« L'Institut européen des normes de télécommunications présente un nouvel standard pour les échanges des clés hybrides résistantes à la technologie quantique afin de sécuriser la cryptographie post-quantique à l'avenir »], 25 mars 2025,

définit un mécanisme d'encapsulation de clé, combiné avec un contrôle sur l'accès aux applications informatiques⁹⁰. L'Institut européen des normes de télécommunications explique que les avantages de ce standard incluent la rapidité des encapsulations et la facilité avec laquelle une adoption d'une cryptographie résistante aux ordinateurs quantiques peut être effectuée⁹¹.

Ainsi, la standardisation contribue à la mise en œuvre de la cryptographie post-quantique⁹². Aux États-Unis, l'Institut national des standards et de la technologie⁹³ a procédé à la construction des standards pour les algorithmes qui seront utilisés dans la cryptographie post-quantique **(1)**. En France, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information⁹⁴ a réalisé la création de règles pour l'implémentation de la cryptographie post-quantique **(2)**.

1) L'Institut national des standards et de la technologie aux États-Unis

L'Institut national des standards et de la technologie est fondé sur la Constitution des États-Unis.⁹⁵ L'article premier, la section 8, la clause 5, de la Constitution des États-Unis énonce que « Le Congrès aura le pouvoir [...] de fixer l'étalon des poids et mesures »⁹⁶.

Le 3 mars 1901, en exerçant ce pouvoir législatif constitutionnel, le Congrès des États-Unis a promulgué la « Loi organique du 3 mars 1901 »⁹⁷. Cette législation a établi l'Institut national des standards et de la technologie en tant que laboratoire national des standards⁹⁸.

Aujourd'hui, l'Institut national des standards et de la technologie est une agence fédérale non-régulatoire, qui appartient au Département de commerce des États-Unis⁹⁹. L'une des missions de l'Institut national des standards et de la technologie est la réalisation de recherches ayant pour but de promouvoir des standards, d'avancer l'infrastructure technologique des États-Unis et d'améliorer la qualité de la vie quotidienne¹⁰⁰.

Dans son histoire depuis 1901, l'Institut national des standards et de la technologie a, par exemple, créé et publié le premier code d'électricité national en 1915 pour assurer que l'électricité est utilisée en toute sécurité, entamé des diffusions expérimentales de la radio en 1920, amélioré la radiosonde en 1936 pour contribuer à la précision des prévisions de météo, construit la première horloge atomique du monde en 1949, développé une machine en 1954

<https://www.etsi.org/newsroom/press-releases/2513-etsi-launches-new-standard-for-quantum-safe-hybrid-key-exchanges-to-secure-future-post-quantum-encryption/>.

⁹⁰ *Ibidem*.

⁹¹ *Ibidem*.

⁹² *Ibidem*.

⁹³ National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], <https://www.nist.gov/>.

⁹⁴ L'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, <https://cyber.gouv.fr/>.

⁹⁵ National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], "NIST Strategy for American Technology Leadership in the 21st Century" [« La stratégie de l'Institut national des standards et de la technologie pour la direction de la technologie des États-Unis au XXI^e siècle »], 24 mars 2026, <https://www.nist.gov/director/strategic-priorities>.

⁹⁶ U.S. Const. art. 1, § 8, cl. 5 ("The Congress shall have Power . . . To . . . fix the Standard of Weights and Measures"). Sénat des États-Unis, "Constitution of the United States" [« Constitution des États-Unis »] (écrite en 1787, ratifiée en 1788), <https://www.senate.gov/about/origins-foundations/senate-and-constitution/constitution.htm> ; J-P. Maury, Digithèque MJP, « Constitution des États-Unis », 2002, <https://mjp.univ-perp.fr/constit/us1787.htm>.

⁹⁷ Federal Register [Registre fédéral des États-Unis], National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], <https://www.federalregister.gov/agencies/national-institute-of-standards-and-technology>.

⁹⁸ *Ibidem*.

⁹⁹ *Ibidem*.

¹⁰⁰ *Ibidem*.

pour la numérisation des recensements de la population, mesuré la vitesse de lumière en 1972 et a révisé les standards pour la prévention des incendies en 1974¹⁰¹. En 1977, l'Institut national des standards et de la technologie a publié les standards pour le chiffrement des données. L'Institut a également produit le premier standard du monde sur les empreintes génétiques en 1992, sélectionné l'algorithme de Rijndael en 2000 comme un standard national pour le chiffrement des informations, développé une machine pour la détection efficace des photons en 2010, formulé un encadrement sur le renforcement des systèmes de cybersécurité en 2014 et a publié ses conseils pour la gestion des risques de l'intelligence artificielle en 2023¹⁰².

L'Institut national des standards et de la technologie réalise également la création des standards pour la cryptographie post-quantique **(a)**. Il s'agit d'une standardisation par une procédure publique et ouverte **(b)**. Les normes présentées par l'Institut ont été intégrées dans la « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique » des États-Unis **(c)**. La standardisation effectuée par l'Institut national des standards et de la technologie avait une influence à l'échelle internationale dans la prise des mesures contre les risques de l'informatique quantique **(d)**.

a) La création des standards pour la cryptographie post-quantique

Le 13 août 2024, l'Institut national des standards et de la technologie a présenté trois standards de la cryptographie post-quantique qui pourront surmonter les risques posés par des ordinateurs quantiques¹⁰³. Les trois normes, FIPS 203, FIPS 204 et FIPS 205, ont été approuvées par le Secrétaire de commerce des États-Unis¹⁰⁴.

Le premier standard, FIPS 203, est la norme principale pour réaliser des chiffrements en général¹⁰⁵. Ce standard est fondé sur l'algorithme « CRYSTALS-Kyber », qui permet des opérations de chiffrement avec rapidité pour protéger la confidentialité et l'authenticité des informations¹⁰⁶. Il s'agit d'une application des problèmes mathématiques difficiles concernant les réseaux¹⁰⁷.

¹⁰¹ National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], "NIST Timeline" [« Chronologie de l'Institut national des standards et de la technologie »], <https://www.nist.gov/timelinelist>.

¹⁰² *Ibidem*.

¹⁰³ National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], "NIST Releases First 3 Finalized Post-Quantum Encryption Standards" [« Institut national des standards et de la technologie dévoile les trois premiers standards finalisés de la cryptographie post-quantique »], 13 août 2024, <https://www.nist.gov/news-events/news/2024/08/nist-releases-first-3-finalized-post-quantum-encryption-standards>.

¹⁰⁴ National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], "Announcing Approval of Three Federal Information Processing Standards (FIPS) for Post-Quantum Cryptography" [« L'annonce de la validation des trois standards fédéraux pour le traitement des informations (FIPS) pour la cryptographie post-quantique »], 13 août 2024, <https://csrc.nist.gov/News/2024/postquantum-cryptography-fips-approved>.

¹⁰⁵ Institut national des standards et de la technologie, « Institut national des standards et de la technologie dévoile les trois premiers standards finalisés de la cryptographie post-quantique », *loc. cit.*

¹⁰⁶ *Ibidem*. ; National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], FIPS 203, 13 août 2024, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.203.pdf>, pp. 12-13.

¹⁰⁷ Centre canadien pour la cybersécurité, « Algorithmes cryptographiques pour l'information NON CLASSIFIÉ, PROTÉGÉ A et PROTÉGÉ B - ITSP.40.111 », mars 2025, <https://www.cyber.gc.ca/fr/orientation/algorithmes-cryptographiques-linformation-non-classifie-protége-protége-b-itsp40111>.

Le deuxième standard, FIPS 204, est la norme principale pour protéger des signatures numériques¹⁰⁸. Ce standard est fondé sur l'algorithme « CRYSTALS-Dilithium »¹⁰⁹. Il s'agit également d'une application des problèmes mathématiques difficiles sur les réseaux¹¹⁰.

Le troisième standard, FIPS 205, est la norme secondaire pour la protection des signatures numériques¹¹¹. Ce standard applique les problèmes mathématiques sur les fonctions de hachage¹¹². Étant fondé sur l'algorithme « Sphincs+ », qui concrétise une approche mathématique différente, le standard FIPS 205 est conçu comme une norme subsidiaire au cas où le standard FIPS 204 fait preuve d'une vulnérabilité face aux ordinateurs quantiques¹¹³. Les standards FIPS 204 et FIPS 205 sont utilisés lors de la détection des modifications non-autorisées des données afin d'authentifier l'identité des signataires¹¹⁴.

L'un des aspects remarquables des standards FIPS 203, FIPS 204 et FIPS 205 est la procédure par laquelle l'Institut national des standards et de la technologie a abouti à sélectionner ces normes. Cette procédure fait preuve d'une ouverture au public.

b) La standardisation par une procédure publique et ouverte

Les normes FIPS 203, FIPS 204 et FIPS 205 de la cryptographie post-quantique ont été sélectionnées suivant une procédure de standardisation publique et ouverte¹¹⁵. En décembre 2016, l'Institut national des standards et de la technologie des États-Unis a lancé un appel à contributions pour la normalisation de la cryptographie post-quantique¹¹⁶. Avant le délai du 30 novembre 2017, 82 algorithmes ont été proposés¹¹⁷. Puisque 69 de ces algorithmes ont rempli les conditions de recevabilité, l'Institut national des standards et de la technologie a procédé à leur évaluation¹¹⁸.

¹⁰⁸ Institut national des standards et de la technologie], « Institut national des standards et de la technologie dévoile les trois premiers standards finalisés de la cryptographie post-quantique », *loc. cit.*

¹⁰⁹ *Ibidem.* ; National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], FIPS 204, 13 août 2024, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.204.pdf>, pp. 1 & 9.

¹¹⁰ Centre canadien pour la cybersécurité, « Algorithmes cryptographiques pour l'information NON CLASSIFIÉ, PROTÉGÉ A et PROTÉGÉ B - ITSP.40.111 », *loc. cit.*

¹¹¹ Institut national des standards et de la technologie], « Institut national des standards et de la technologie dévoile les trois premiers standards finalisés de la cryptographie post-quantique », *loc. cit.*

¹¹² Centre canadien pour la cybersécurité, « Algorithmes cryptographiques pour l'information NON CLASSIFIÉ, PROTÉGÉ A et PROTÉGÉ B - ITSP.40.111 », *loc. cit.*

¹¹³ Institut national des standards et de la technologie], « Institut national des standards et de la technologie dévoile les trois premiers standards finalisés de la cryptographie post-quantique », *loc. cit.* ; National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], FIPS 205, 13 août 2024, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.205.pdf>, p. 1.

¹¹⁴ Institut national des standards et de la technologie, « L'annonce de la validation des trois standards fédéraux pour le traitement des informations (FIPS) pour la cryptographie post-quantique », *loc. cit.*

¹¹⁵ Federal Register [Registre fédéral des États-Unis], "Announcing Issuance of Federal Information Processing Standards (FIPS) FIPS 203, Module-Lattice-Based Key-Encapsulation Mechanism Standard, FIPS 204, Module-Lattice-Based Digital Signature Standard, and FIPS 205, Stateless Hash-Based Digital Signature Standard" [« L'annonce de la publication des standards fédéraux pour le traitement des informations (FIPS) FIPS 203, Standard sur le mécanisme d'encapsulation des clés fondé sur le treillis modulaire, FIPS 204, Standard sur la signature numérique fondé sur le treillis modulaire et FIPS 205, Standard sur la signature numérique fondé sur le hachage sans état »], <https://www.federalregister.gov/documents/2024/08/14/2024-17956/announcing-issuance-of-federal-information-processing-standards-fips-fips-203-module-lattice-based>.

¹¹⁶ National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], "Submission Requirements and Evaluation Criteria for the Post-Quantum Cryptography Standardization Process" [« Les conditions pour la soumission et les critères d'évaluation pour la procédure de normalisation de la cryptographie post-quantique »], <https://csrc.nist.gov/csrc/media/projects/post-quantum-cryptography/documents/call-for-proposals-final-dec-2016.pdf>.

¹¹⁷ Registre fédéral des États-Unis, « L'annonce de la publication des standards fédéraux pour le traitement des informations (FIPS) FIPS 203, Standard sur le mécanisme d'encapsulation des clés fondé sur le treillis modulaire, FIPS 204, Standard sur la signature numérique fondé sur le treillis modulaire et FIPS 205, Standard sur la signature numérique fondé sur le hachage sans état », *loc. cit.*

¹¹⁸ *Ibidem.*

La procédure d'évaluation a également impliqué le public, qui a été invité à envoyer des commentaires concernant chaque algorithme par un lien sur le site web de l'Institut national des standards et de la technologie¹¹⁹. Ces commentaires par le public, ainsi que les débats pendant des colloques scientifiques sur la cryptographie post-quantique, ont été pris en considération lorsque l'Institut national des standards et de la technologie a effectué l'évaluation et la sélection des algorithmes pour la normalisation de la cryptographie post-quantique¹²⁰.

De cette manière, les talents et les efforts du public sont reflétés dans les standards pour la cryptographie post-quantique. Ces standards font partie de l'encadrement juridique établi par une législation préparatoire aux États-Unis.

c) L'intégration des standards dans une législation préparatoire

La « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique » des États-Unis présente les étapes pour l'adaptation à la cryptographie post-quantique au sein des agences du pouvoir exécutif¹²¹. Cette législation fait référence à la standardisation réalisée par l'Institut national des standards et de la technologie¹²².

Le 21 décembre 2022, le Congrès des États-Unis a promulgué la Loi publique 117–260, intitulée la « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique »¹²³. Cette législation vise à « encourager la transition des systèmes de technologie informatique du gouvernement fédéral » vers la cryptographie qui est résistante aux ordinateurs quantiques¹²⁴.

La section 4(a)(1) de la « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique » prévoit que la direction du Bureau de gestion et du budget, en coordination avec le Directeur national de cybersécurité et avec la direction de l'Agence de cybersécurité et de sûreté des infrastructures, va publier des conseils et des orientations à propos de la transition des technologies informatiques vers la cryptographie post-quantique¹²⁵. Le Bureau de gestion et du budget des États-Unis, qui appartient au pouvoir exécutif, est chargé de surveiller des opérations des agences du pouvoir exécutif, d'aider à la mise en œuvre des politiques du gouvernement, ainsi que d'effectuer l'administration du budget fédéral¹²⁶.

¹¹⁹ V. e.g., National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], "Round 1 Submissions" [« Les soumissions pendant le premier tour », création le 3 janvier 2017, mise à jour le 11 décembre 2025, <https://csrc.nist.gov/projects/post-quantum-cryptography/post-quantum-cryptography-standardization/round-1-submissions>].

¹²⁰ National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], "Post-Quantum Cryptography, Evaluation Process" [« Cryptographie post-quantique : Procédure d'évaluation »], création le 3 janvier 2017, mise à jour le 11 décembre 2025, <https://csrc.nist.gov/projects/post-quantum-cryptography/post-quantum-cryptography-standardization/evaluation-process>.

¹²¹ H.R.7535, "Quantum Computing Cybersecurity Preparedness Act" [« Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique »], <https://www.congress.gov/bills/117/congress/house/bills/7535>.

¹²² Section 4(c), Public Law 117–260 [Loi publique 117–260], "Quantum Computing Cybersecurity Preparedness Act" [« Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique »], H.R. 7535, 21 décembre 2022, <https://www.congress.gov/117/plaws/publ260/PLAW-117publ260.pdf>.

¹²³ H.R.7535, *loc. cit.*

¹²⁴ 117th Congress [117^e Congrès], Public Law 117–260 [Loi publique 117–260], "Quantum Computing Cybersecurity Preparedness Act" [« Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique »], H.R. 7535, 21 décembre 2022, <https://www.congress.gov/117/plaws/publ260/PLAW-117publ260.pdf>.

¹²⁵ Section 4(a)(1), « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique », *loc. cit.*

¹²⁶ "Office of Management and Budget (OMB): An Overview" [« Bureau de gestion et du budget (OMB) : un panorama »], 22 juin 2023, <https://www.congress.gov/crs-product/RS21665> ; "Office of Management and Budget (OMB)" [« Bureau de gestion et du budget (OMB) »], <https://www.usa.gov/agencies/office-of-management-and-budget>.

Aux termes de la section 4(a)(1)(A) de la « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique », le Bureau de gestion et du budget des États-Unis va exiger des agences du pouvoir exécutif de fournir une liste des technologies informatiques qui sont utilisées par les agences et qui sont vulnérables aux déchiffrements par des ordinateurs quantiques¹²⁷. Il s'agit de l'identification concrète des systèmes informatiques qui font l'objet de la transition vers la cryptographie post-quantique.

D'après la section 4(c) de la « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique », la migration à la cryptographie post-quantique va être réalisée en suivant les standards prononcés par l'Institut national des standards et de la technologie des États-Unis¹²⁸. La section 4(c)(2) de cette Loi dispose que la direction du Bureau de gestion et du budget va donner des conseils et des consignes aux agences du pouvoir exécutif afin de développer un plan pour la mise en œuvre de l'adoption de la cryptographie post-quantique¹²⁹.

Ainsi, les standards pour la cryptographie post-quantique, présentés par l'Institut national des standards et de la technologie, constituent un élément crucial de l'encadrement juridique construit par la « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique ». Ces standards exerçaient une influence internationale.

d) L'impact international de la standardisation

L'établissement des standards FIPS 203, FIPS 204 et FIPS 205 par l'Institut national des standards et de la technologie des États-Unis avait un impact international. Par exemple, cette standardisation aux États-Unis a influencé les travaux au Canada et au Royaume-Uni pour la mise en œuvre des solutions contre les risques de l'informatique quantique.

Au Canada, les institutions gouvernementales travaillent en collaboration avec des organismes internationaux de standardisation afin de procéder à l'adoption des normes et des algorithmes pour l'implémentation de la cryptographie post-quantique¹³⁰. En fait, le Centre canadien pour la cybersécurité agit en partenariat avec l'Institut national des standards et de la technologie des États-Unis pour mettre à jour l'encadrement pour l'évaluation et la validation des nouveaux algorithmes de la cryptographie post-quantique¹³¹. En août 2024, le Centre canadien pour la cybersécurité a félicité l'établissement des normes post-quantiques par l'Institut national des standards et de la technologie des États-Unis¹³².

Au Royaume-Uni, le Centre national pour la cybersécurité a indiqué, dans son rapport du 11 novembre 2020, qu'il attendrait les résultats de la procédure de la normalisation effectuée

¹²⁷ Section 4(a)(1)(A), « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique », *op. cit.*

¹²⁸ Section 4(c), « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique », *op. cit.*

¹²⁹ Section 4(c)(2), « Loi pour la préparation de cybersécurité sur l'informatique quantique », *op. cit.*

¹³⁰ Gouvernement du Canada, « Regard vers l'avenir : Informatique quantique et cybersécurité », 24 juin 2025, <https://www.canada.ca/fr/services-partages/campagnes/histoires/informatique-quantique-cybersecurite.html>.

¹³¹ Centre canadien pour la cybersécurité, « Le Centre pour la cybersécurité souligne l'établissement par le NIST de nouvelles normes post-quantiques », 15 août 2024, <https://www.cyber.gc.ca/fr/nouvelles-evenements/centre-cybersecurite-souligne-letablissement-nist-nouvelles-normes-post-quantiques>.

¹³² Centre canadien pour la cybersécurité, « Cyber Centre celebrates new NIST post-quantum standards » [« Le Centre pour la cybersécurité félicite l'établissement par le NIST de nouveaux standards post-quantiques »], 7 août 2024, <https://www.cyber.gc.ca/en/news-events/cyber-centre-celebrates-new-nist-post-quantum-standards>.

par l’Institut national des standards et de la technologie des États-Unis¹³³. Le Centre national pour la cybersécurité du Royaume-Uni écrit qu’il « a confiance dans les activités de recherche qui constituent le fondement des travaux de normalisation de la cryptographie résistante aux technologies quantiques, réalisés par l’Institut national des standards et de la technologie »¹³⁴.

Le Centre national pour la cybersécurité du Royaume-Uni suggère que la standardisation de la cryptographie post-quantique a deux avantages¹³⁵. D’abord, l’utilisation d’une norme permet la vérification du niveau de sécurité d’un système informatique face aux ordinateurs quantiques¹³⁶. Deuxièmement, la standardisation contribue à une interopérabilité de nombreux systèmes dans le présent et dans le futur¹³⁷.

Le 14 août 2024, le Centre national pour la cybersécurité du Royaume-Uni a commenté que la mise en œuvre des trois normes, FIPS 203, FIPS 204 et FIPS 205, qui ont été présentées par l’Institut national des standards et de la technologie des États-Unis, nécessiterait plus de travail¹³⁸. Le Centre national pour la cybersécurité note qu’une organisation de normalisation qui s’appelle le « Groupe de travail sur l’ingénierie Internet »¹³⁹ est en train de mettre à jour des protocoles de sécurité, afin d’assurer que les normes de la cryptographie résistante aux technologies quantiques puissent être appliquées à ces protocoles¹⁴⁰.

Le Centre national pour la cybersécurité du Royaume-Uni a publié, le 20 mars 2025, un plan chronologique pour la migration nationale à la cryptographie résistante aux technologies quantiques¹⁴¹. Ce plan explique les mesures que des organisations anglaises devront prendre afin de répondre aux risques des ordinateurs quantiques¹⁴². Dans cette publication, le Centre national pour la cybersécurité du Royaume-Uni énumère les trois standards, FIPS 203, FIPS 204 et FIPS 205, présentés par l’Institut national des standards et de la technologie des États-Unis¹⁴³. Le Centre estime que ces normes « seront utilisées sur la plus grande échelle » en tant qu’algorithmes de la cryptographie résistante aux technologies quantiques¹⁴⁴.

Le Département pour la science, l’innovation et la technologie du gouvernement du Royaume-Uni indique que le Centre national pour la cybersécurité va apporter des soutiens

¹³³ National Cyber Security Centre [Centre national pour la cybersécurité], “Preparing for Quantum-Safe Cryptography” [« Des préparations pour la cryptographie résistante à l’informatique quantique »], 11 novembre 2020, <https://www.ncsc.gov.uk/paper/preparing-for-quantum-safe-cryptography>.

¹³⁴ *Ibidem*.

¹³⁵ *Ibidem*.

¹³⁶ *Ibidem*.

¹³⁷ *Ibidem*.

¹³⁸ National Cyber Security Centre [Centre national pour la cybersécurité], “Next steps in preparing for post-quantum cryptography” [« Les prochaines étapes dans la préparation pour la cryptographie post-quantique »], 14 août 2024, <https://www.ncsc.gov.uk/paper/next-steps-in-preparing-for-post-quantum-cryptography>.

¹³⁹ Internet Engineering Task Force [Groupe de travail sur l’ingénierie Internet], <https://www.ietf.org/about/introduction/>.

¹⁴⁰ Centre national pour la cybersécurité, « Les prochaines étapes dans la préparation pour la cryptographie post-quantique », *loc. cit*.

¹⁴¹ National Cyber Security Centre [Centre national pour la cybersécurité], “Timelines for migration to post-quantum cryptography” [Plan chronologique pour la migration à la cryptographie post-quantique], 20 mars 2025, <https://www.ncsc.gov.uk/guidance/pqc-migration-timelines>.

¹⁴² *Ibidem*.

¹⁴³ *Ibidem*.

¹⁴⁴ *Ibidem*.

aux régulateurs, ainsi qu'aux départements gouvernementaux pour effectuer la transition vers la cryptographie résistante aux technologies quantiques¹⁴⁵.

Les travaux de l'Institut national des standards et de la technologie aux États-Unis démontrent que la standardisation joue un rôle significatif dans la construction des encadrements juridiques pour la cryptographie post-quantique face aux risques de l'informatique quantique. La standardisation des algorithmes de la cryptographie post-quantique est également constatée au sein de la République française.

2) L'agence nationale de la sécurité des systèmes d'information en France

En France, une standardisation a été réalisée par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information. Elle a construit des règles pour l'implémentation de la cryptographie post-quantique.

L'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information est une autorité nationale en matière de cyberdéfense et de cybersécurité¹⁴⁶. Elle a été établie par un décret officiellement intitulé le « Décret n° 2009-834 du 7 juillet 2009 portant création d'un service à compétence nationale dénommé "Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information" »¹⁴⁷.

L'article premier de ce décret prévoit que l'Agence est rattachée au « secrétaire général de la défense et de la sécurité nationale »¹⁴⁸. Aux termes de l'article 3, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information « propose au Premier ministre les mesures destinées à répondre aux crises affectant ou menaçant la sécurité des systèmes d'information des autorités publiques et des opérateurs d'importance vitale [...] »¹⁴⁹. L'article 6 du décret précise que l'Agence « favorise la prise en compte de la sécurité dans le développement des technologies de l'information et de la communication »¹⁵⁰.

Dans le contexte de l'essor des technologies quantiques, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information réalise l'évaluation et la certification des produits de la cryptographie post-quantique, qui sont rendus disponibles sur le marché¹⁵¹. De plus, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information accompagne les acteurs publics et privés lors du renouvellement de leurs systèmes informatiques pour que la mise en œuvre de la cryptographie post-quantique soit assurée¹⁵².

Le 20 mars 2026, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information a publié ses « Règles et recommandations concernant le choix et le dimensionnement des mécanismes

¹⁴⁵ Department for Science, Innovation & Technology [Département pour la science, l'innovation et la technologie], Regulatory Horizons Council [Comité horizons réglementaires], "Regulating quantum technology applications: government response to the RHC" [« La régulation des applications des technologies quantiques : la réponse du gouvernement au Comité horizons réglementaires »], 8 octobre 2024, <https://www.gov.uk/government/publications/regulating-quantum-technology-applications-government-response-to-recommendations-made-by-the-regulatory-horizons-council/regulating-quantum-technology-applications-government-response-to-the-rhc>.

¹⁴⁶ Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, « L'Agence », <https://cyber.gouv.fr/nous-connaître/lagence/>.

¹⁴⁷ Décret n° 2009-834 du 7 juillet 2009 portant création d'un service à compétence nationale dénommé « Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information », <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000020828212>.

¹⁴⁸ Article premier, Décret n° 2009-834 du 7 juillet 2009, *op. cit.*

¹⁴⁹ Article 3, Décret n° 2009-834 du 7 juillet 2009, *op. cit.*

¹⁵⁰ Article 6, Décret n° 2009-834 du 7 juillet 2009, *op. cit.*

¹⁵¹ Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, « Cryptographie post-quantique, les travaux de l'ANSSI », 8 octobre 2025, <https://cyber.gouv.fr/actualites/cryptographie-post-quantique-les-travaux-de-lanssi/>.

¹⁵² *Ibidem*.

cryptographiques »¹⁵³. L'Agence définit le terme « règles » comme les « principes qui doivent *a priori* être suivis par tout mécanisme » cryptographique¹⁵⁴. L'Agence explique que le respect de ces règles constitue « une condition nécessaire à la reconnaissance du bon niveau de sécurité du mécanisme »¹⁵⁵. En particulier, l'observance des « règles post-quantiques » est également « une condition nécessaire » pour assurer une protection contre les risques posés par les technologies quantiques¹⁵⁶. Un mécanisme qui respecte les règles est décrit comme étant « conforme au référentiel »¹⁵⁷.

L'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information présente de nombreuses règles et recommandations, qui sont de nature technique¹⁵⁸. À titre d'exemple, l'alinéa premier de la « RègleHachage » prévoit que « [l]a taille des empreintes produites par une fonction de hachage cryptographique doit être d'au moins 256 bits »¹⁵⁹. En tenant compte des risques des ordinateurs quantiques, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information offre une recommandation appelée « RecoPQHachage »¹⁶⁰. Cette recommandation précise que, « [l]orsqu'une sécurité post-quantique est visée, il est recommandé d'utiliser une fonction de hachage cryptographique dont les empreintes ont une taille d'au moins 384 bits »¹⁶¹.

De surcroît, la « RègleSécuAsym » dispose que « [l]a sécurité des mécanismes asymétriques contre un adversaire classique doit reposer sur au moins [...] la difficulté d'un problème mathématique largement éprouvé et reconnu par la communauté académique [...] [ou] la sécurité d'un mécanisme symétrique conforme au référentiel »¹⁶². Dans le contexte de la cryptographie post-quantique, une autre règle intitulée « RèglePQSécuAsym » prévoit que, « [l]orsqu'une sécurité post-quantique est visée, la sécurité des mécanismes asymétriques doit reposer sur au moins [...] la difficulté d'un problème mathématique présumé résistant au calcul quantique [...] [ou] la sécurité d'un mécanisme symétrique conforme au référentiel »¹⁶³.

Dans ce document, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information de la France mentionne également les standards prononcés par l'Institut national des standards et de la technologie des États-Unis¹⁶⁴. Par exemple, en ce qui concerne le standard « FIPS205 », établi le 13 août 2024 par l'Institut national des standards et de la technologie des États-Unis¹⁶⁵, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information de la France précise que « [l]e

¹⁵³ Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, « Règles et recommandations concernant le choix et le dimensionnement des mécanismes cryptographiques », 20 mars 2026, <https://messervices.cyber.gouv.fr/documents-guides/anssi-guide-mecanismes-crypto-3.00.pdf>.

¹⁵⁴ *Ibid.*, p. 5.

¹⁵⁵ *Ibidem*.

¹⁵⁶ *Ibid.*, pp. 5-6.

¹⁵⁷ *Ibid.*, p. 5.

¹⁵⁸ *Ibid.*, pp. 74-75.

¹⁵⁹ *Ibid.*, 2.1.4, « RègleHachage », p. 19.

¹⁶⁰ *Ibid.*, 2.1.4, p. 20.

¹⁶¹ *Ibidem*.

¹⁶² *Ibid.*, 2.2, « RègleSécuAsym », p. 24.

¹⁶³ *Ibidem*.

¹⁶⁴ V. e.g., *Ibid.*, pp. 31-32, 34, 36, 44.

¹⁶⁵ National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], "NIST Releases First 3 Finalized Post-Quantum Encryption Standards" [« Institut national des standards et de la technologie dévoile les trois premiers standards finalisés de la cryptographie post-quantique »], 13 août 2024, <https://www.nist.gov/news-events/news/2024/08/nist-releases-first-3-finalized-post-quantum-encryption-standards> ; National Institute of Standards and Technology [Institut national des standards et de la technologie], FIPS 205, 13 août 2024, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.205.pdf>, p. 1.

mécanisme de signature numérique [...] défini dans le FIPS205 est conforme aux règles RègleSécuAsym et RèglePQSécuAsym »¹⁶⁶. L'Agence explique que ce mécanisme « repose sur la sécurité de la fonction de hachage sous-jacente, qui est conforme au référentiel, à la fois en tant que sécurité classique et post-quantique »¹⁶⁷. Il s'agit d'un effet international des procédures de la standardisation.

B) Les collaborations pour le renforcement de la cybersécurité dans l'ère quantique

Au-delà des travaux de la standardisation, des collaborations entre des organisations diverses sont constatées dans la mise en œuvre des solutions contre les risques de l'informatique quantique. En Estonie, des collaborations entre le gouvernement et une entreprise sont en cours pour faire évoluer les systèmes de la gouvernance numérique face aux risques quantiques (1). À Singapour, des collaborations entre le gouvernement et une université contribuent à la construction des plateformes nationales et les outils pratiques pour le public, qui renforcent la cybersécurité dans l'ère quantique (2).

1) L'Estonie et les projets gouvernementaux avec l'entreprise Cybernetica

Le 12 janvier 2016, la Commission européenne a caractérisé l'Estonie comme « l'une des sociétés numériques les plus avancées du monde »¹⁶⁸. Le 27 janvier 2025, l'Agence estonienne des affaires et de l'innovation a déclaré que 100% des services gouvernementaux dans le pays sont numérisés¹⁶⁹.

En Estonie, une entreprise appelée Cybernetica¹⁷⁰ réalise des recherches sur la cryptographie post-quantique depuis 2017¹⁷¹. Le 10 novembre 2025, Cybernetica a annoncé que le gouvernement de l'Estonie a confié trois projets à Cybernetica, qui permettront à cette entreprise de diriger la transition de l'Estonie vers la cryptographie post-quantique¹⁷².

Le premier projet est la construction d'une chronologie pour l'adoption stratégique de la cryptographie post-quantique dans les opérations du gouvernement numérique en Estonie¹⁷³. Les agences gouvernementales et des organisations dans le secteur public vont suivre cette chronologie établie par Cybernetica¹⁷⁴.

¹⁶⁶ Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, « Règles et recommandations concernant le choix et le dimensionnement des mécanismes cryptographiques », 20 mars 2026, <https://messervices.cyber.gouv.fr/documents-guides/anssi-guide-mecanismes-crypto-3.00.pdf>, 2.23, p. 36.

¹⁶⁷ *Ibidem*.

¹⁶⁸ Commission européenne, "Estonia leads the way with advanced e-services for citizens" [« L'Estonie fraie la voie avec des services numériques avancées pour ses citoyens »],

12 janvier 2016, https://ec.europa.eu/regional_policy/en/projects/estonia/estonia-leads-the-way-with-advanced-e-services-for-citizens.

¹⁶⁹ K. Kriisa, Estonian Business and Innovation Agency [L'Agence estonienne des affaires et de l'innovation], "Estonia: 100% digital government services, with divorce as the final step" [« Estonie : 100 pourcentes des services gouvernementaux sont numérisés, avec le divorce numérique ayant le dernier élément »], <https://e-estonia.com/estonia-100-digital-government-services/>.

¹⁷⁰ Cybernetica, <https://estonia.ee/defence/companies/cybernetica>.

¹⁷¹ Cybernetica, "Post-quantum future is coming to e-governance. Here's how Cybernetica can help you to prepare for the transition" [« L'avenir post-quantique va impacter la gouvernance numérique. Voici comment Cybernetica peut vous aider à vous préparer pour la transition »], 19 juin 2025,

<https://cyber.ee/resources/news/post-quantum-future-is-coming-to-e-governance/>.

¹⁷² A. Ansper, "Cybernetica secures three major contracts to lead Estonia's transition to quantum-safe e-governance" [« Cybernetica obtient trois contrats majeurs pour diriger la transition de l'Estonie vers la gouvernance numérique résistante aux technologies quantiques »], 10 novembre 2025, <https://cyber.ee/resources/news/estonia-pqc-transition/>.

¹⁷³ *Ibidem*.

¹⁷⁴ *Ibidem*.

Le deuxième projet que le gouvernement de l'Estonie a confié à Cybernetica est l'évaluation des risques que l'informatique quantique pose sur le registre numérique de la population estonienne¹⁷⁵. Puisque ce registre constitue une infrastructure fondamentale de la gouvernance numérique en Estonie, il est impératif d'assurer la sûreté du registre de la population face aux ordinateurs quantiques¹⁷⁶. Ainsi, Cybernetica envisage d'étudier l'architecture informatique du registre, d'analyser le flux des données dans ce registre, d'identifier les éléments cryptographiques qui seront vulnérables au risque de l'informatique quantique et d'estimer l'influence des solutions post-quantiques sur le registre numérique de la population estonienne¹⁷⁷.

Troisièmement, le gouvernement de l'Estonie a confié, à Cybernetica, la modernisation du rapport de 2021, intitulé « Les algorithmes cryptographiques et leur support dans des bibliothèques et dans des systèmes informatiques », en tenant compte des avancements des technologies quantiques¹⁷⁸. Cybernetica explique que cette mise à jour des connaissances technologiques est destinée aux organisations dans le secteur public, aux créateurs des politiques, aux développeurs des services du gouvernement numérique, ainsi qu'aux utilisateurs de ces services¹⁷⁹.

2) Singapour et les applications gouvernementales des recherches universitaires

Au sein de la République de Singapour, l'Autorité pour le développement de média info-communications¹⁸⁰ constate que « les ordinateurs quantiques sont susceptibles d'introduire de nouveaux risques de sécurité, car ils peuvent casser de nombreux algorithmes de cryptographie sur lesquels nous comptons aujourd'hui ».¹⁸¹ Cette Autorité a été établie par la « Loi de 2016 sur l'Autorité pour le développement de média et info-communications »¹⁸². L'article 5(1)(a) de cette loi prévoit que l'une des fonctions de cette autorité est de promouvoir l'efficacité et le développement de l'industrie des technologies informatiques, des communications et de média de la République de Singapour¹⁸³.

Depuis 1998, des experts de l'Université nationale de Singapour ont réalisé des recherches en informatique quantique¹⁸⁴. En décembre 2007, le Centre pour des technologies quantiques a été établi en tant que Centre de recherche d'excellence au sein de l'Université nationale de Singapour¹⁸⁵. Les travaux du Centre pour des technologies quantiques ont amené à l'instauration, en 2022, du « Réseau national, résistant aux ordinateurs quantiques » (NQSN)¹⁸⁶. Cette plateforme a pour objet d'effectuer des expérimentations à l'échelle

¹⁷⁵ *Ibidem*.

¹⁷⁶ *Ibidem*.

¹⁷⁷ *Ibidem*.

¹⁷⁸ *Ibidem*.

¹⁷⁹ *Ibidem*.

¹⁸⁰ Infocomm Media Development Authority [Autorité pour le développement de média info-communications], <https://www.imda.gov.sg/>.

¹⁸¹ Infocomm Media Development Authority [Autorité pour le développement de média info-communications], Gouvernement de la République de Singapour, "Quantum-Safe Technologies" [« Technologies résistantes aux ordinateurs quantiques »], 5 février 2026, <https://www.imda.gov.sg/about-imda/emerging-technologies-and-research/quantum-safe-technologies>.

¹⁸² Info-communications Media Development Authority Act 2016 [Loi de 2016 sur l'Autorité pour le développement de média et info-communications], 1^{er} octobre 2016, <https://sso.agc.gov.sg/Act/IMDAA2016?WholeDoc=1>.

¹⁸³ Article 5(1)(a), Loi de 2016 sur l'Autorité pour le développement de média et info-communications, *op. cit.*

¹⁸⁴ The Centre for Quantum Technologies [Le Centre pour des technologies quantiques], "CQT's history" [« L'histoire du Centre pour des technologies quantiques »], <https://www.cqt.sg/national-role/>.

¹⁸⁵ *Ibidem*.

¹⁸⁶ Infocomm Media Development Authority [Autorité pour le développement de média info-communications], "Singapore launches Southeast Asia's first quantum-safe network infrastructure to help businesses tap on quantum-safe technologies" [« Singapour lance, pour

nationale afin d'augmenter le niveau de sécurité des réseaux informatiques¹⁸⁷. Il s'agit d'une collaboration entre des universités, des entreprises, ainsi que des agences gouvernementales¹⁸⁸.

Le 6 juin 2023, lors d'un événement technologique qui s'appelle « *Asia Tech x Singapore* », le Premier ministre adjoint de la République de Singapour a annoncé le lancement du « Réseau national-plus, résistant aux ordinateurs quantiques » (NQSN+), qui vise à fournir les moyens de communication sécurisée à Singapour, face aux risques des technologies quantiques¹⁸⁹.

La normalisation est l'une des stratégies de Singapour pour faciliter l'adoption de réseaux qui sont résistants aux ordinateurs quantiques¹⁹⁰. À titre d'exemple, en février 2026, le Comité consultatif sur des standards des télécommunications de l'Autorité pour le développement de média info-communications de Singapour a publié les normes techniques référentielles afin de renforcer la sécurité des systèmes qui mobilisent les clés quantiques¹⁹¹.

En octobre 2025, l'Agence de cybersécurité de Singapour, l'Agence gouvernementale de technologie de Singapour, ainsi que l'Autorité pour le développement de média info-communications ont publié le « Manuel pour la transition vers les technologies résistantes aux ordinateurs quantiques »¹⁹². Ce manuel est destiné aux agences gouvernementales et aux organisations, notamment dans le domaine de l'infrastructure des informations critiques¹⁹³. En présentant des cas concrets et des conseils quant aux choix des solutions pour le renforcement de la cybersécurité face aux ordinateurs quantiques, le manuel est conçu comme une ressource pratique pour la mise en œuvre de la cryptographie résistante aux ordinateurs quantiques¹⁹⁴.

la première fois en Asie du Sud-Est, l'infrastructure de réseau, résistante aux ordinateurs quantiques, pour aider des entreprises à utiliser des technologies qui sont résistantes aux ordinateurs quantiques », 6 juin 2023, <https://www.imda.gov.sg/resources/press-releases-factsheets-and-speeches/press-releases/2023/sg-launches-southeast-asias-first-quantum-safe-network-infrastructure>.

¹⁸⁷ *Ibidem*.

¹⁸⁸ *Ibidem*. ; The Centre for Quantum Technologies [Le Centre pour des technologies quantiques], "Events build awareness for National Quantum-Safe Network" [« Des événements contribuent à la sensibilisation au Réseau national, résistant aux ordinateurs quantiques »], 3 mars 2023, <https://www.cqt.sg/highlight/2023-03-quantum-safe-network-events/>.

¹⁸⁹ Autorité pour le développement de média info-communications, « Singapour lance, pour la première fois en Asie du Sud-Est, l'infrastructure de réseau, résistante aux ordinateurs quantiques, pour aider des entreprises à utiliser des technologies qui sont résistantes aux ordinateurs quantiques », *loc. cit*.

¹⁹⁰ *Ibidem*.

¹⁹¹ *Ibidem*. ; Telecommunications Standards Advisory Committee [Comité consultatif sur des standards des télécommunications], Infocomm Media Development Authority [Autorité pour le développement de média info-communications], Reference Specification [Spécification référentielle], "Secure Deployment of Quantum Key Distribution Networks" [La mobilisation sécurisée des réseaux pour la distribution des clés quantiques », février 2026, <https://www.imda.gov.sg/-/media/imda/files/regulation-licensing-and-consultations/ict-standards/telecommunication-standards/imda-technical/2026/imda-rs-secqkdn-draft-public-comment.pdf>.

¹⁹² Cyber Security Agency of Singapore [Agence de cybersécurité de Singapour], Government Technology Agency of Singapore [Agence gouvernementale de technologie de Singapour] & Infocomm Media Development Authority [Autorité pour le développement de média info-communications], "Quantum-Safe Migration Handbook" [« Manuel pour la transition vers les technologies résistantes aux ordinateurs quantiques », 23 octobre 2025, [https://isomer-user-content.by.gov.sg/36/11227d39-4350-4ded-9046-d62f99f561ab/Draft%20for%20Public%20Consultation%20-%20Quantum-Safe%20Handbook%20\(Oct%202025\).pdf](https://isomer-user-content.by.gov.sg/36/11227d39-4350-4ded-9046-d62f99f561ab/Draft%20for%20Public%20Consultation%20-%20Quantum-Safe%20Handbook%20(Oct%202025).pdf).

¹⁹³ Cyber Security Agency of Singapore [Agence de cybersécurité de Singapour], "Public Consultation - Quantum-Safe Handbook and Quantum Readiness Index" [« Consultation publique - Manuel pour la sécurité face aux ordinateurs quantiques et l'Indice du niveau de la préparation aux ordinateurs quantiques », 2 octobre 2025, <https://www.csa.gov.sg/resources/publications/quantum-safe-handbook-and-quantum-readiness-index/>.

¹⁹⁴ Agence de cybersécurité de Singapour, et al., « Manuel pour la transition vers les technologies résistantes aux ordinateurs quantiques » *op. cit.*, pp. 2, 6, 12-13, 19-23, 39-41, 44-48.

De plus, en octobre 2025, l'Agence de cybersécurité de Singapour a publié un document intitulé « Indice du niveau de la préparation aux ordinateurs quantiques »¹⁹⁵. Cette ressource vise à aider les organisations à comprendre à quel niveau elles sont préparées à faire face aux risques des ordinateurs quantiques¹⁹⁶. Elle permet aussi aux directions des organisations d'identifier les éléments de leur système de sécurité qu'il convient de renforcer en priorité¹⁹⁷. Le document sert également à sensibiliser la communauté aux risques posés par les ordinateurs quantiques¹⁹⁸. L'Agence de cybersécurité, établie en 2015, fait partie du Bureau de Premier ministre de Singapour, et est gérée par le ministère de développement numérique et de l'information¹⁹⁹.

Conclusion

L'informatique quantique est envisagée comme une ressource cruciale pour inventer et développer des technologies du futur²⁰⁰. En même temps, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques de la République française écrit que, afin d'agir contre les risques de l'informatique quantique, les États ont besoin de faire des « choix stratégiques »²⁰¹. Un ordinateur quantique, muni des capacités de calcul très fortes, est susceptible de compromettre les cryptographies actuelles qui protègent les données. Il incombe à chaque État de mettre en œuvre les solutions afin de surmonter les risques quantiques.

Actuellement, il est encore incertain quand les ordinateurs quantiques deviendront suffisamment puissants pour décrypter facilement les chiffrements des données²⁰². Ce jour hypothétique est nommé le « jour Q »²⁰³. Il s'agit du moment où les données confidentielles, qui ont été protégées par la cryptographie traditionnelle, risquent d'être déchiffrées par la technologie de l'informatique quantique, déclenchant une crise de cybersécurité de « la plus grande ampleur jamais survenue »²⁰⁴.

Le 17 mai 2026, CNN a rapporté que, pour se préparer à ce « jour Q », l'entreprise Google envisageait d'accélérer la transition vers la cryptographie post-quantique avec urgence, en tenant compte des avancées remarquables de la technologie de l'informatique quantique²⁰⁵. Il existe des incertitudes concernant la manière dont le développement des ordinateurs

¹⁹⁵ Cyber Security Agency of Singapore [Agence de cybersécurité de Singapour], "Quantum Readiness Index" [« Indice du niveau de la préparation aux ordinateurs quantiques »], [https://isomer-user-content.by.gov.sg/36/949031c3-6734-4d33-985e-71331fa8ade4/Draft%20for%20Public%20Consultation%20-%20Quantum%20Readiness%20Index%20\(Oct%202025\).pdf](https://isomer-user-content.by.gov.sg/36/949031c3-6734-4d33-985e-71331fa8ade4/Draft%20for%20Public%20Consultation%20-%20Quantum%20Readiness%20Index%20(Oct%202025).pdf).

¹⁹⁶ *Ibid.*, pp. 5, 11-12, 15.

¹⁹⁷ *Ibid.*, pp. 5, 8, 14-15.

¹⁹⁸ *Ibid.*, p. 5.

¹⁹⁹ Cyber Security Agency of Singapore [Agence de cybersécurité de Singapour], 22 janvier 2025, <https://www.csa.gov.sg/about-csa/who-we-are/>.

²⁰⁰ V. P. Degiovanni ; N. Portier ; C. Cabart ; A. Feller & B. Roussel, *Physique quantique, information et calcul : Des concepts aux applications*, Savoirs actuels, EDP Sciences / CNRS Éditions, 2020, p. 469.

²⁰¹ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, M. C. Villani, Député, Premier vice-président, « Technologies quantiques : cryptographies quantiques et post-quantiques », Les notes scientifiques de l'office, note n° 18, juillet 2019, https://www.senat.fr/fileadmin/import/files/fileadmin/Fichiers/Images/opecst/quatre_pages/OPECST_2019_0071_note_cryptographies_quantiques_postquantiques.pdf, p. 4, col. 2.

²⁰² K. Hunt, "A quantum computing deadline looms. It threatens to kick off the biggest cybersecurity crisis ever" [« Un délai sur l'informatique quantique s'approche. Il risque de déclencher la plus sérieuse crise de cybersécurité jamais survenue »], CNN, 17 mai 2026, <https://edition.cnn.com/2026/05/17/science/quantum-computing-cybersecurity-q-day>.

²⁰³ *Ibidem*.

²⁰⁴ *Ibidem*.

²⁰⁵ *Ibidem*.

quantiques se déroulera. Pourtant, ce qui semble être certain est qu'il est nécessaire de prendre des mesures contre les risques posés par les ordinateurs quantiques.

Les encadrements juridiques construits par les gouvernements de plusieurs pays montrent que la transition des systèmes informatiques actuels vers la cryptographie post-quantique est considérée comme une solution viable. La standardisation des algorithmes, qui peuvent être utilisés pour la cryptographie post-quantique, crée une fondation qui est susceptible d'exercer une influence internationale aux travaux qui visent à surmonter les risques des ordinateurs quantiques.

La construction de ces encadrements juridiques continue d'être réalisée. Tandis que les ordinateurs quantiques posent des risques pour la protection des données, il convient de noter que des « risques » existent également pour les ordinateurs quantiques. Les états quantiques sont susceptibles d'être « extrêmement fragiles »²⁰⁶ face aux interactions avec l'environnement²⁰⁷. De nombreux éléments dans l'environnement peuvent produire une « décohérence quantique », qui peut ensuite déclencher des erreurs au sein d'un ordinateur quantique²⁰⁸. D'une perspective des ordinateurs quantiques, il s'agit d'un risque considérable. Ces caractéristiques des ordinateurs quantiques peuvent-elles être utilisées afin de créer des solutions pour surmonter les risques que ces machines présentent à la société ? Dans la société, il existe des environnements avec plein d'activités. Lorsqu'un ordinateur quantique est placé dans tel environnement, le risque de la « décohérence quantique » augmentera. Dans tel cas, il pourrait être difficile pour l'ordinateur quantique de détruire la cryptographie qui protège des données importantes.

Dans la mise en œuvre des solutions contre les risques de l'informatique quantique, les collaborations entre les organisations différentes, telles que les agences gouvernementales, les organismes de standardisation, les universités, les centres de recherche et les entreprises, s'avèrent fortement présentes. Ces coopérations interdisciplinaires engendrent une synergie qui contribue à la protection de la confidentialité, l'authenticité et l'intégrité des informations. Il s'agit d'un élément crucial pour le respect du bien-être des individus dans l'ère quantique. Ainsi, la sagesse, les talents et les recherches scientifiques à l'échelle internationale sont mobilisés pour la construction d'un élément qui est indispensable à l'avenir.

²⁰⁶ G. Cattan, *Introduction à l'informatique quantique : Des fondamentaux à votre première application*, Editions ENI, 2024, p. 89.

²⁰⁷ M. Le Bellac & I. Zaquine, *Information quantique : Théorie et expériences*, Savoirs actuels, EDP Sciences / CNRS Éditions, septembre 2025, p. 518.

²⁰⁸ G. Cattan, *op. cit.*, p. 189.

La prévention des risques concurrentiels pesant sur le touriste : regards croisés entre l'Union européenne et le Maroc

Marouane RHARTAOU

Doctorant en droit privé, Université de Haute-Alsace, UR 3992, CERDACC

Résumé : L'étude montre comment le droit de la concurrence européen et marocain peut protéger le touriste sans le viser directement, en prévenant certains risques concurrentiels. Ces risques apparaissent lorsque des pratiques de marché réduisent le choix du touriste, limitent son accès à certains services numériques ou affaiblissent la concurrence par les prix. L'analyse s'organise autour de deux catégories de pratiques anticoncurrentielles. La première concerne l'abus de position dominante et la question de l'interopérabilité. La seconde porte sur les ententes, à travers l'analyse des clauses de parité tarifaire utilisées par les plateformes de réservation en ligne. Ces clauses peuvent limiter la concurrence par les prix et affecter indirectement le touriste. L'approche retenue est comparative, entre l'Union européenne et le Maroc. Le droit marocain repose sur des règles proches de celles du droit de l'Union et connaît des applications sectorielles, notamment par l'Agence nationale de réglementation des télécommunications (ANRT). En revanche, aucune décision marocaine publiée comparable à l'arrêt rendu par la Cour de justice de l'Union européenne le 19 septembre 2024 dans l'affaire Booking.com¹, relatif aux clauses de parité tarifaire utilisées par les plateformes de réservation d'hébergements en ligne, n'a été identifiée. Ce contraste est accentué par une accessibilité plus limitée des décisions marocaines au public.

Mots-clés : Tourisme, droit de la concurrence, protection indirecte, abus de position dominante, interopérabilité, ententes, clauses de parité tarifaire, plateformes de réservation en ligne, Union européenne, Maroc

Abstract: This study shows how European and Moroccan competition law can protect tourists without addressing them directly. It focuses on two categories of anticompetitive practices. The first concerns abuse of a dominant position and issues related to interoperability. The second relates to agreements through the analysis of price parity clauses used by online booking platforms. These clauses may restrict price competition and indirectly affect tourists. The analysis adopts a comparative approach between the European Union and Morocco. Moroccan competition law is based on rules close to those of the European Union and includes sector-specific applications, notably through the National Telecommunications Regulatory Agency (ANRT). However, no comparable decision has been identified with respect to digital platforms and price parity clauses. This difference is reinforced by more limited public access to Moroccan competition decisions.

Keywords : Tourism, competition law, indirect protection, abuse of dominance, interoperability, agreements, price parity clauses, online booking platforms, European Union, Morocco

Le tourisme représente aujourd'hui une source essentielle de devises. En France, l'année 2024 s'est traduite par l'accueil de près de 100 millions de visiteurs internationaux et par 71 milliards d'euros de recettes de voyage². Le Maroc a connu une dynamique comparable, avec 17,4 millions de touristes et environ 104 milliards de dirhams de recettes sur la même période³.

¹ CJUE, 2e ch., 19 septembre 2024, aff. C-264/23

² MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE LA SOUVERAINETÉ INDUSTRIELLE ET NUMÉRIQUE, « Une année 2024 record pour le tourisme en France » : Ministère de l'Économie, s.d., <https://www.economie.gouv.fr/actualites/une-annee-2024-record-pour-le-tourisme-en-france> (consulté le 20 févr. 2026).

³ MINISTÈRE DU TOURISME, DE L'ARTISANAT ET DE L'ÉCONOMIE SOCIALE ET SOLIDAIRE, « Chiffres clés » : Ministère du Tourisme, de l'Artisanat et de l'Économie sociale et solidaire, s.d., <https://mtaess.gov.ma/fr/chiffres-cles/> (consulté le 20 févr. 2026).

Ces chiffres soulignent l'importance économique du secteur. Ils appellent une politique juridique rigoureuse, visant à sécuriser l'expérience des visiteurs et à préserver la compétitivité des acteurs.

Le droit de la concurrence peut aussi protéger le touriste de manière indirecte. Il intervient lorsque certaines pratiques limitent le choix des utilisateurs ou réduisent l'accès à des services utiles au voyage. L'arrêt rendu par la Cour de justice de l'Union européenne le 25 février 2025⁴ l'illustre.

Dans cette affaire, Google avait refusé de rendre l'application JuicePass compatible avec Android Auto. Cette compatibilité correspond à l'interopérabilité, c'est-à-dire à la possibilité pour deux services numériques de fonctionner ensemble. Concrètement, l'application JuicePass devait pouvoir être utilisée depuis l'écran du véhicule. Elle permettait de rechercher et de réserver des bornes de recharge, puis de lancer, suivre et payer la recharge d'un véhicule électrique.

La Cour de justice estime que le refus opposé par Google est susceptible de constituer un abus de position dominante. Une solution favorable à l'interopérabilité peut donc renforcer la concurrence et améliorer le choix offert aux utilisateurs. Indirectement, le touriste, qui n'est pas partie au litige, peut alors disposer d'un choix plus large de services depuis l'interface de son véhicule. Il peut, par exemple, utiliser l'application la plus adaptée à son trajet.

Cette protection indirecte du touriste peut ainsi être recherchée sur le terrain de l'abus de position dominante. Dans d'autres situations, elle peut aussi l'être sur le terrain des ententes. Dès lors, si certains efforts peuvent être relevés au Maroc en matière d'abus de position dominante **(I)**, l'absence de décision marocaine publiée sur certaines pratiques, notamment les clauses de parité tarifaire, doit être soulignée. Cette différence est accentuée par l'accès plus limité aux décisions marocaines, par comparaison avec la situation observée dans l'Union européenne **(II)**.

⁴ CJUE, grande chambre, 25 février 2025, aff. C-233/23 ; KOWALIK-BANCZYK (K.), CAVAILLÉ (P.), « Is Oscar Bronner still breathing ? The implications of case C-233/23 Alphabet for the essential facilities doctrine » : *Concurrences* 2025, n° 5 ; REDON-MAGLOIRE (M.), ARCERLIN (L.), « Droit de la concurrence français et européen du numérique (panorama janvier 2025 - janvier 2026) » : *Revue Lamy de la concurrence* 2026, n° 157, 16-27 ; DOUVILLE (T.), CHONÉ-GRIMALDI (A.-S.), BINOIS (F.), « Un an de droit du marché numérique (octobre 2024 - août 2025) » : *Revue Lamy droit de l'immatériel* 2025, n° 229, 51-58 ; RODA (J.-C.), « Abus de position dominante par refus d'accès à une plateforme numérique : la Cour de justice oblige le détenteur dominant d'une plateforme à offrir des solutions d'interopérabilité adaptées » : *Revue des contrats* 2025, n° 3, 102-109 ; THIBAUT-LIGER (S.), « Arrêt "Android Auto" : abus de position dominante et refus d'interopérabilité avec une plateforme numérique ouverte aux tiers » : *Journal de droit européen* 2025, n° 321, 308-311 ; LUC (I.), « L'abus de position dominante entre changements et continuité » : *Revue Lamy de la concurrence* 2025, n° 151, 23-26 ; GIOÉ DE STEFANO (A.), « Actualités jurisprudentielles de l'abus de position dominante » : *Revue Lamy de la concurrence* 2025, n° 151, 27-30 ; GRYLLOS (G.), « L'importance de l'analyse "par les effets" dans la caractérisation des abus de position dominante » : *Revue Lamy de la concurrence* 2025, n° 151, 31-33 ; VIROS (D.), « Tour d'horizon de l'actualité jurisprudentielle en matière d'abus d'éviction » : *Revue Lamy de la concurrence* 2025, n° 151, 38-40 ; CHAABA (I.), DOYEN (J.), « Refus d'interopérabilité et abus de position dominante : vers une obligation d'ouverture systématique des infrastructures numériques ? » : *Revue Lamy de la concurrence* 2025, n° 149, 37-41 ; SOLTSMANN (W.), BOTNARI (V.), BLUTEL (J.-M.), MEERSMAN (G. de), FILIPPI (M.), VIDAL (S.), VERGOTE FLORENTIN (M.), BOUTON (A.), « Droit du commerce international et de la concurrence » : *Revue de droit des affaires internationales – International Business Law Journal (RDAI)* 2025, n° 3, 319-336 ; BOSCO (D.), « Android Auto : un grand arrêt sur l'interopérabilité des plateformes numériques » : *Contrats Concurrence Consommation* 2025, n° 4, 41-42 ; IDOT (L.), « Abus de position dominante et secteur numérique » : *Europe* 2025, n° 4, 31-32 ; BERLIN (D.), « Un nouveau cas d'abus de domination » : *JCP G* 2025, n° 11, 485 ; ORSI (L. D.), « Refus d'interopérabilité sur les plateformes numériques : l'arrêt de la CJUE contre Google et ses conséquences » : *La revue européenne des médias et du numérique* 2025, n° 73-74, 11-12.

I) L'abus de position dominante au service d'une protection indirecte du touriste : une convergence partielle entre l'Union européenne et le Maroc

Le droit de la concurrence permet d'assurer une protection indirecte du touriste par le contrôle des abus de position dominante, comme lorsqu'il utilise une application intégrée à l'interface du véhicule pour rejoindre son lieu de séjour. Si les décisions rendues en la matière ne visent pas le touriste en tant que tel, celui-ci bénéficie néanmoins de leurs effets sur le fonctionnement du marché. La jurisprudence européenne en offre une illustration claire **(A)**. Le droit marocain de la concurrence permet aussi une protection indirecte du touriste dans le cadre de la lutte contre l'abus de position dominante. Cette protection s'exprime toutefois de manière différente de celle dégagée par la jurisprudence de la Cour de justice de l'Union européenne, notamment par l'amélioration du choix offert entre opérateurs de télécommunications **(B)**.

A) L'apport de la Cour de justice de l'Union européenne à la qualification de l'abus de position dominante en matière d'interopérabilité

Le droit de la concurrence européenne a connu une évolution très importante concernant les abus de position dominante qui peuvent profiter au touriste utilisant une plateforme en ligne. Dans l'arrêt du 25 février 2025⁵ rendue par la CJUE, Enel X Italia, du groupe Enel, exploite plus de 60 % des bornes de recharge pour véhicules électriques en Italie⁶. Elle a lancé l'application JuicePass en mai 2018⁷. Cette application sert à trouver et réserver une borne, puis à lancer et suivre la recharge et le paiement⁸. En septembre 2018, Enel X Italia a demandé à Google de rendre JuicePass compatible avec Android Auto⁹. Google a refusé. Il a indiqué que seules certaines catégories d'applications tierces étaient compatibles¹⁰. Après une nouvelle demande en décembre 2018, Google a confirmé son refus en janvier 2019. Google a invoqué des motifs de sécurité et la nécessité de gérer les ressources pour créer un nouveau modèle technique (point 10). Enel X Italia a saisi l'autorité italienne appelée « Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato » (AGCM) le 12 février 2019¹¹. En octobre 2020, Google a publié un modèle pour des versions expérimentales d'applications de recharge compatibles¹². Par une décision du 27 avril 2021, l'AGCM a considéré que le refus avait entravé et retardé l'accès de JuicePass à Android Auto. Elle a retenu un abus de position dominante au sens de l'article 102 TFUE¹³. L'AGCM a également ordonné à Google de publier un modèle définitif permettant l'interopérabilité avec Android Auto et lui a infligé une amende de 102 084 433,91 euros¹⁴. Après la chronologie du litige et la décision de l'AGCM, l'arrêt de la CJUE précise les points clés du raisonnement au regard de l'article 102 TFUE. D'abord, la condition d'indispensabilité issue de l'arrêt Bronner ne s'applique pas si la plateforme n'a pas été développée pour les seuls besoins de l'activité propre du dominant et si l'accès est déjà ouvert à des tiers¹⁵. Ensuite, le

⁵ CJUE, gr. ch., 25 février 2025, déjà citée.

⁶ *Ibid.*, pt 8

⁷ *Ibid.*, pt 9

⁸ *Ibid.*

⁹ *Ibid.*, pt 10

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ *Ibid.*, pt 11

¹² *Ibid.*, pt 12

¹³ *Ibid.*, pts 13 et 16

¹⁴ pt. 13

¹⁵ *Ibid.*, pts 44 à 49 et 52

fait que le demandeur (Enel X Italia Srl) et ses concurrents demeurent actifs sur le marché ne permet pas d'écarter automatiquement un effet anticoncurrentiel du refus¹⁶. Enfin, l'inexistence d'un modèle peut justifier le refus de Google seulement si l'interopérabilité compromet l'intégrité ou la sécurité de la plateforme, ou si elle est impossible pour des raisons techniques¹⁷. Sinon, l'entreprise dominante doit développer un modèle dans un délai raisonnable. Elle peut demander une contrepartie financière appropriée, juste et proportionnée¹⁸. La CJUE ajoute qu'une autorité peut se limiter à identifier le marché en aval, même s'il est seulement potentiel¹⁹.

L'arrêt du 25 février 2025 qui « *s'inscrit dans la jurisprudence relative au refus de contracter* »²⁰ apporte une précision importante. Lorsqu'une plateforme est ouverte à des tiers et qu'elle n'a pas été développée pour les seuls besoins de l'activité propre de l'entreprise dominante, un refus d'interopérabilité peut être abusif même si l'accès n'est pas indispensable au sens strict²¹. La CJUE ne demande donc plus de prouver que l'accès est vital ou qu'il n'existe aucun substitut. Elle invite à examiner les effets du refus sur la concurrence et sur le marché en aval. Le refus peut être sanctionné s'il est de nature à freiner le développement de produits ou de services potentiellement concurrents et à limiter le choix offert aux consommateurs²².

À notre sens, l'arrêt ne protège pas seulement les entreprises tierces. Il profite aussi aux utilisateurs finaux, qui bénéficient indirectement d'une concurrence plus ouverte sur les plateformes numériques. En encadrant les refus d'interopérabilité, la CJUE favorise l'émergence et l'accès à des services concurrents sur les marchés aval. Cette ouverture présente un intérêt particulier pour le tourisme. Ainsi, un touriste utilisant un véhicule électrique peut accéder sur l'écran de bord à l'application de recharge qu'il préfère. Il peut comparer les offres, identifier les bornes disponibles et organiser plus efficacement ses déplacements. Le droit de la concurrence permet, dans ce cadre, d'agir indirectement sur l'amélioration concrète de l'expérience touristique.

Cette solution européenne invite alors à s'interroger sur l'existence d'une protection comparable en droit marocain de la concurrence, même si celle-ci se manifeste dans un cadre différent.

B) Une inspiration européenne aux effets distincts en droit marocain

La solution dégagée par la CJUE dans son arrêt du 25 février 2025²³, fondée sur l'article 102 TFUE, invite à s'interroger sur son éventuelle transposition en droit marocain de la concurrence.

¹⁶ pts 58 à 61

¹⁷ *Ibid.*, pt 73

¹⁸ *Ibid.*, pts 74 à 76 et 81

¹⁹ *Ibid.*, pts 85 et 86

²⁰ CHAABA (I.), DOYEN (J.), « Refus d'interopérabilité et abus de position dominante : vers une obligation d'ouverture systématique des infrastructures numériques ? » : *Revue Lamy de la concurrence* 2025, n° 149, 1er mai

²¹ *Ibid.*, pts 44 à 49 et 52

²² *Ibid.*, pt 51

²³ CJUE, gr. ch., 25 février 2025, déjà citée.

Comme déjà précisé, selon l'analyse doctrinale, cette décision s'inscrit dans la jurisprudence relative au refus de contracter²⁴.

Le droit marocain de la concurrence repose sur un texte proche de l'article 102 TFUE. L'article 7 de la loi marocaine n° 104-12 sur la liberté des prix et de la concurrence interdit l'abus de position dominante. Il interdit aussi le refus de vente et certaines pratiques d'éviction. Le droit marocain va toutefois plus loin sur certains aspects, car il vise également la situation de dépendance économique et il détaille davantage certaines pratiques commerciales, comme la rupture de relations établies.

En revanche, à ce jour, aucune décision marocaine n'est strictement équivalente à celle rendue par la Cour de justice de l'Union européenne. Il existe toutefois des décisions proches en droit marocain de la concurrence. Certaines ont été rendues dans le secteur des télécommunications par l'Agence nationale de réglementation des télécommunications (ANRT). Il convient de préciser, à titre préalable, que l'article 8 bis de la loi n° 24-96 relative à la poste et aux télécommunications confie à l'ANRT une compétence spécifique en matière de concurrence dans ce secteur. Cette compétence porte sur les pratiques anticoncurrentielles et les opérations de concentration, sous le régime général du droit de la concurrence et avec information du Conseil de la concurrence marocain.

Une décision marocaine permet d'éclairer la comparaison avec l'arrêt rendu par la CJUE le 25 février 2025. Par une décision du 17 janvier 2020²⁵, l'Agence nationale de réglementation des télécommunications a sanctionné Itissalat Al-Maghrib pour abus de position dominante. Cette décision concernait la mise en œuvre du dégroupage de la boucle locale cuivre dans le secteur des télécommunications. L'ANRT s'est fondée sur l'article 7 de la loi n° 104-12 relative à la liberté des prix et de la concurrence. Elle a également mobilisé la jurisprudence européenne, notamment les affaires Deutsche Telekom, Telefónica et Irish Sugar. L'ANRT a constaté qu'Itissalat Al-Maghrib occupait une position dominante sur le marché de gros de l'accès à la boucle locale. Elle a qualifié plusieurs comportements d'abus, en raison de retards, de restrictions techniques et de manquements aux obligations d'accès. La décision a été assortie d'injonctions. Elles visaient à garantir une ouverture effective de l'infrastructure, par des délais précis, des procédures d'accès claires et une tarification orientée vers les coûts.

Cette logique présente une convergence avec l'arrêt de la CJUE rendu le 25 février 2025²⁶. Dans les deux cas, l'autorité cherche à préserver la concurrence en imposant l'ouverture d'un point d'accès essentiel au marché. Cette convergence demeure toutefois partielle, la décision de l'ANRT s'inscrivant dans un cadre de régulation sectorielle propre aux télécommunications. La décision de l'ANRT ne vise pas le tourisme en tant que tel. Elle participe toutefois à l'amélioration du fonctionnement concurrentiel du marché des télécommunications. Cette amélioration peut, indirectement, profiter aux touristes, qui utilisent de manière ponctuelle les services de connectivité. Un accès facilité aux infrastructures peut favoriser une offre plus diversifiée et plus concurrentielle, notamment pour l'accès à Internet dans les lieux d'hébergement ou les espaces fréquentés par les voyageurs.

²⁴ CHAABA (I.), DOYEN (J.), « Refus d'interopérabilité et abus de position dominante : vers une obligation d'ouverture systématique des infrastructures numériques ? », *Revue Lamy de la concurrence*, 2025, n° 149

²⁵ ANRT/CG n°01/2020

²⁶ CJUE, 25 février 2025, aff. C-233/23 ; préc.

La protection indirecte du touriste par le droit de la concurrence ne se limite toutefois pas aux abus de position dominante ni à l'accès aux infrastructures numériques. Elle peut également être recherchée lorsque des pratiques coordonnées ou contractuelles limitent la concurrence entre les acteurs du marché touristique. Tel est le cas des clauses de parité tarifaire utilisées par certaines plateformes de réservation en ligne, qui conduisent à déplacer l'analyse sur le terrain des ententes.

II) Les ententes dans le secteur touristique : une protection européenne affirmée, une application marocaine encore incertaine

En Europe comme au Maroc, après le choix d'un opérateur de mobilité, le touriste doit également réserver un hébergement. Les plateformes de réservation en ligne jouent un rôle central à cet égard. Certaines pratiques peuvent toutefois limiter la concurrence par les prix. C'est le cas des clauses de parité tarifaire. Par ces clauses, une plateforme peut imposer à un hôtel de ne pas proposer, sur d'autres canaux de vente, des prix plus bas ou des conditions plus avantageuses que ceux proposés sur la plateforme. Ces clauses peuvent donc réduire la possibilité, pour le touriste, de trouver une offre plus attractive ailleurs. Le droit de la concurrence de l'Union européenne intervient pour les encadrer **(A)**. Le droit marocain de la concurrence peut également intervenir pour encadrer, voire sanctionner, de telles clauses, dans la mesure où il repose sur des dispositions proches de celles du droit de l'Union et s'inspire régulièrement de la jurisprudence européenne en matière d'ententes **(B)**.

A) L'encadrement par le droit de l'Union européenne des clauses de parité tarifaire

Avec Internet, la réservation d'hôtels en ligne s'est fortement développée. Les plateformes de réservation occupent aujourd'hui une place importante dans le choix d'un hébergement. Pour le touriste, elles permettent de comparer les hôtels, les prix et les conditions de réservation. Mais certaines pratiques peuvent limiter cette comparaison.

L'arrêt rendu par la Cour de justice de l'Union européenne le 19 septembre 2024²⁷ le montre à propos des clauses de parité tarifaire utilisées par Booking.com. Ces clauses imposaient aux hôtels de ne pas proposer de meilleurs prix ou de meilleures conditions sur d'autres canaux de vente. Il convient de distinguer entre la parité dite « étendue » concernait aussi les plateformes concurrentes. La parité dite « restreinte » concernait seulement les propres canaux de vente de l'hôtel, notamment son site Internet.

La question posée à la Cour de justice était simple. Booking.com pouvait-elle soutenir que ces clauses étaient nécessaires au fonctionnement de sa plateforme et qu'elles devaient, pour cette raison, échapper au contrôle du droit des ententes ? La Cour répond par la négative.

²⁷ CJUE, 2e ch., 19 septembre 2024, aff. C-264/23 ; « Note sous Cour de justice de l'Union européenne, 19 septembre 2024, aff. C-264/23 » : *Revue de Jurisprudence de Droit des Affaires (RJDA)* 2025, n° 3, 87-89 ; IDOT (L.), « L'article 101 TFUE : entre confirmations méthodologiques et nouvelles applications » : *RTDE* 2025, n° 4, 733-742 ; IDOT (L.), « Première prise de position de la Cour de justice sur la compatibilité avec l'article 101 du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne des clauses de parité » : *Revue des contrats* 2025, n° 1, 84-85 ; RODA (J.-C.), « Un an de droit de la concurrence dans l'univers numérique » : *Communication Commerce Électronique* 2025, n° 1, 29-40 ; BOSCO (D.), « Les clauses de parité tarifaire de Booking.com stigmatisées par la Cour de justice » : *Contrats Concurrence Consommation* 2024, n° 11, 24-25 ; IDOT (L.), « Clauses de parité » : *Europe* 2024, n° 11, 34-35.

Selon la CJUE, ces clauses ne peuvent pas être considérées comme des restrictions accessoires. Autrement dit, elles ne sont pas indispensables à l'activité principale de réservation en ligne. Le fait qu'elles puissent protéger le modèle économique de Booking.com ou sa rentabilité ne suffit pas.

Ainsi, les clauses de parité tarifaire restent soumises à l'article 101, paragraphe 1, TFUE. Cet article interdit les accords entre entreprises qui ont pour objet ou pour effet de restreindre la concurrence. Les clauses doivent donc être examinées au regard du droit des ententes. Elles peuvent être sanctionnées si elles limitent la concurrence entre plateformes ou entre les différents canaux de réservation, sauf si les conditions d'une exemption sont réunies.

Cette exemption permet à certains accords verticaux d'échapper à l'application de l'article 101, paragraphe 1, TFUE lorsqu'ils peuvent être présumés remplir les conditions de l'article 101, paragraphe 3, TFUE. Le règlement n° 330/2010 prévoyait ainsi une exemption par catégorie, notamment lorsque la part de marché du fournisseur et celle de l'acheteur ne dépassaient pas 30 % sur les marchés concernés, comme le prévoyait son article 3, paragraphe 1. Lorsque ce seuil était dépassé, l'accord ne bénéficiait plus automatiquement de cette exemption. Il devait alors être apprécié au cas par cas, sans être pour autant présumé illicite. Cette décision peut profiter indirectement aux touristes. En maintenant les clauses de parité tarifaire dans le champ du droit de la concurrence, la CJUE favorise une concurrence plus ouverte entre les plateformes et les autres canaux de réservation. Le touriste peut ainsi bénéficier d'une plus grande diversité d'offres et, éventuellement, de conditions plus avantageuses. La décision ne garantit pas nécessairement des prix plus bas, mais elle permet de préserver les conditions d'une vraie comparaison entre les offres.

Cette position de la Cour de justice peut-elle être transposée au Maroc ?

B) La transposabilité de l'analyse européenne des clauses de parité tarifaire en droit marocain de la concurrence

Booking.com est mentionné en page 19 de l'Avis A/3/20²⁸ du conseil de la concurrence marocain comme exemple d'entreprise d'intermédiation, aux côtés d'Expedia, dans un développement sur les plateformes mettant en relation des acteurs d'un marché.

Si Booking.com imposait à des hôtels marocains des clauses de parité tarifaire similaires, le Conseil de la concurrence marocain pourrait-il retenir une analyse comparable à celle de la CJUE du 19 septembre 2024²⁹ ?

Malheureusement il n'existe pas de décisions similaires à celle déjà rendue par la CJUE concernant les clauses de parités.

²⁸ CONSEIL DE LA CONCURRENCE, « Avis du Conseil de la concurrence n° 2020/2 » : Conseil de la concurrence, 2020, <https://conseil-concurrence.ma/avis-du-conseil-2020-2/> (consulté le 20 févr. 2026).

²⁹ CJUE, 2e ch., 19 septembre 2024, aff. C-264/23 ; « Note sous Cour de justice de l'Union européenne, 19 septembre 2024, aff. C-264/23 » : *Revue de Jurisprudence de Droit des Affaires (RJDA)* 2025, n° 3, 87-89 ; IDOT (L.), « L'article 101 TFUE : entre confirmations méthodologiques et nouvelles applications » : *RTDE* 2025, n° 4, 733-742 ; IDOT (L.), « Première prise de position de la Cour de justice sur la compatibilité avec l'article 101 du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne des clauses de parité » : *Revue des contrats* 2025, n° 1, 84-85 ; RODA (J.-C.), « Un an de droit de la concurrence dans l'univers numérique » : *Communication Commerce Électronique* 2025, n° 1, 29-40 ; BOSCO (D.), « Les clauses de parité tarifaire de Booking.com stigmatisées par la Cour de justice » : *Contrats Concurrence Consommation* 2024, n° 11, 24-25 ; IDOT (L.), « Clauses de parité » : *Europe* 2024, n° 11, 34-35.

Pour répondre à cette question, il convient de confronter l'article 101 TFUE et le règlement (UE) 2022/720 (ex-330/2010) avec les articles 6, 9 et 10 de la loi marocaine n° 104-12 sur la liberté des prix et de la concurrence, complétés par le décret n° 2-14-652 (exemption par catégorie).

Dans la décision du 19 septembre 2024³⁰, la CJUE a appliqué l'article 101, paragraphe 1 du TFUE, qui interdit les ententes pour « *objet ou pour effet (...)* ». Son paragraphe 2 précise que ces ententes sont nulles de plein droit. Toutefois cet article prévoit, à son paragraphe 3, un régime d'exemption permettant que les dispositions du paragraphe 1 soient déclarées inapplicables à un accord précis ou à une catégorie d'accord.

L'article 6 de la loi n° 104-12 marocaine prohibe les actions concertées, conventions, ententes ou coalitions expresses ou tacites lorsqu'elles ont pour objet ou peuvent avoir pour effet d'empêcher, de restreindre ou de fausser le jeu de la concurrence sur le marché, notamment lorsqu'elles tendent à faire obstacle à la formation des prix par le libre jeu du marché en favorisant artificiellement leur hausse ou leur baisse.

Une clause de parité prévue dans un contrat entre une plateforme et des hôteliers peut être vue comme une convention entre entreprises. Elle peut relever de l'article 6 si elle empêche, limite ou fausse la concurrence sur le marché, notamment si elle gêne la formation libre des prix³¹.

Booking.com peut-il essayer de justifier cette clause au regard des autorités de la concurrence marocaine comme l'avait déjà fait dans l'affaire du 19 septembre 2024 ?

L'article 9 de loi marocaine n° 104-12 écarte l'application des articles 6 et 7 lorsque les auteurs d'une pratique peuvent justifier qu'elle contribue au progrès économique et/ou technique, qu'elle réserve aux utilisateurs une partie équitable du profit, qu'elle ne permet pas d'éliminer la concurrence pour une partie substantielle du marché, et que les restrictions à la concurrence restent limitées à ce qui est indispensable pour atteindre cet objectif.

Si Booking.com ne parvient pas à justifier les clauses de parité au regard de l'article 9 de la loi marocaine n° 104-12, celles-ci pourraient relever de la prohibition des ententes prévue à l'article 6, à condition qu'il soit établi qu'elles ont pour objet ou pour effet d'empêcher, de restreindre ou de fausser le jeu de la concurrence sur le marché marocain. Tel pourrait notamment être le cas si ces clauses faisaient obstacle à la formation des prix par le libre jeu du marché.

Une position similaire n'est pas surprenante, car le Conseil de la concurrence marocaine s'appuie sur la jurisprudence européenne pour encadrer l'analyse des ententes. Dans une affaire qui concerne la saisine relative à l'Ordre des experts-comptables, il cite l'arrêt T-Mobile Netherlands du 4 juin 2009, C-8/08. Dans le paragraphe 140, note 46, il utilise cette décision

³⁰ *Ibid.*

³¹ loi n° 104-12, art. 6

de la CJUE, pour préciser les notions d'accord et de pratique concertée. Il rappelle aussi la notion de décision d'association d'entreprises³².

Conclusion générale

La comparaison entre l'Union européenne et le Maroc montre que le droit de la concurrence peut protéger le touriste de manière indirecte. Le touriste n'est pas toujours visé par les décisions rendues. Il n'est pas non plus partie aux pratiques contrôlées. Pourtant, il peut bénéficier d'un marché plus ouvert, d'un choix plus large et d'un meilleur accès aux services utiles à son voyage.

Le droit de l'Union européenne offre deux illustrations importantes. L'arrêt du 25 février 2025³³ montre que le refus d'interopérabilité peut être contrôlé au titre de l'abus de position dominante. Cette solution peut profiter au touriste qui utilise des services numériques pendant ses déplacements. L'arrêt du 19 septembre 2024³⁴, relatif aux clauses de parité tarifaire, montre aussi que certaines pratiques des plateformes de réservation peuvent être soumises au droit des ententes. Ces clauses peuvent limiter la possibilité, pour les hôtels, de proposer de meilleures conditions ailleurs. Elles peuvent donc réduire le choix offert au touriste.

Le droit marocain repose sur une logique proche. La loi n° 104-12 permet de sanctionner l'abus de position dominante et les ententes. La décision de l'ANRT du 17 janvier 2020 montre aussi que l'ouverture d'une infrastructure peut être imposée pour préserver la concurrence. Cette logique peut indirectement profiter aux touristes, notamment lorsqu'ils ont besoin d'une bonne connectivité pendant leur séjour.

La comparaison révèle toutefois une différence importante. Dans l'Union européenne, les décisions récentes de la Cour de justice offrent des repères précis. Au Maroc, les textes existent, mais leur application apparaît moins visible. Aucune décision marocaine publiée comparable à l'arrêt Booking.com sur les clauses de parité tarifaire n'a été identifiée. La protection existe donc dans les textes, mais elle reste plus incertaine dans sa mise en œuvre. Pour un lecteur français, l'étude comparative montre que les solutions européennes peuvent servir de point de référence. Elle montre aussi que leur transposition au Maroc ne peut pas être automatique. Les règles sont proches, mais les pratiques décisionnelles et l'accessibilité des décisions ne sont pas les mêmes.

Ainsi, le droit de la concurrence n'est pas seulement un droit des entreprises. Il peut aussi contribuer à prévenir certains risques pour le touriste. Cette protection reste indirecte, mais elle peut produire des effets concrets sur l'expérience du voyageur.

³² CONSEIL DE LA CONCURRENCE, « Saisine de l'Ordre des experts-comptables relative à des pratiques susceptibles de constituer des ententes anticoncurrentielles » : Conseil de la concurrence, 9 septembre 2022, <https://conseil-concurrence.ma/wp-content/uploads/2023/11/Saisine-Ordre-des-Experts-Comptables-VF-09-09-22.pdf> (consulté le 20 févr. 2026).

³³ CJUE, grande chambre, 25 février 2025, aff. C-233/23 ; *préc.*,

³⁴ CJUE, 2e ch., 19 septembre 2024, aff. C-264/23 ; *préc.*,

Quand le droit pénal aggrave son cas

Réflexion sur le mouvement d'aggravation des peines

Ce texte résulte d'un travail collectif mené lors d'un séminaire de recherche sur la question de la nécessité du droit pénal.

Jenny FRINCHABOY

Maître de conférences à l'Université Paris 1, UR 4150, IRJS

Juliette LELIEUR

Professeure à l'Université de Strasbourg, UMR 7354 DRES, CNRS

Alexandre LUCIDARME

Maître de conférences à l'Université de Strasbourg, UR 1351 CDPF

Silvain VERNAZ

Maître de conférences à l'Université de Haute-Alsace, UR 3992, CERDACC

Résumé : Les peines connaissent un mouvement d'aggravation. Mais ce phénomène est-il toujours justifié par la gravité des comportements réprimés ? Dans de nombreux cas, l'intensification de la répression procède d'un choix de politique criminelle légitime. Elle peut viser à renforcer le reproche social attaché à certaines circonstances de l'infraction, à assurer la cohérence de l'échelle des peines ou à faciliter l'application du droit pénal. Pourtant, l'aggravation des peines n'est pas toujours synonyme d'une meilleure réponse pénale. Certaines aggravations deviennent surabondantes et révèlent une logique inflationniste déconnectée de la gravité réelle des comportements réprimés. L'aggravation peut alors relever d'une facilité législative sans produire les effets escomptés, voire engendrer des effets délétères. Ces aggravations peuvent également être instrumentalisées à des fins procédurales, au risque de détourner le sens même de la répression. L'aggravation des peines pourrait-elle, à son tour, aggraver le sort du droit pénal lui-même ?

Mots-clés : Droit pénal ; aggravation des peines ; nécessité des peines ; politique criminelle ; inflation pénale ; procédure pénale.

Abstract : *Statutory criminal penalties have steadily increased. But is this development always justified by the seriousness of the prohibited conduct? In many cases, the intensification of punishment reflects a legitimate criminal policy choice. It may serve to reinforce the social condemnation attached to particular circumstances of an offence, ensure the coherence of the scale of penalties, or facilitate the application of criminal law. Yet harsher penalties do not necessarily lead to a more effective criminal justice response. Some increases in statutory penalties become excessive, revealing an inflationary legislative trend disconnected from the actual seriousness of the prohibited conduct. Increased penalties may thus amount to little more than legislative expediency, failing to achieve their intended objectives and even producing adverse effects. They may also be instrumentalised for procedural ends, thereby diverting punishment from its very purpose. Could the increasing severity of criminal penalties ultimately weaken criminal law itself?*

Keywords : *Criminal law; sentence enhancement; necessity of punishment; criminal policy; penal inflation; criminal procedure.*

Que serait le droit pénal sans peine ? Sans doute rien de plus qu'un pieux vœu dépourvu d'effets réels. La peine est consubstantielle au droit pénal. Le terme même de droit pénal vient du latin *poena*, la peine. Cette dernière correspond aux « châtiments édictés par la loi »¹ afin de prévenir et de réprimer les comportements antisociaux qui tombent sous le coup d'un

¹ G. Cornu, *Vocabulaire juridique*, PUF, Quadrige, 14^e édition, entrée « Peine ».

texte d'incrimination. Véritable nerf de la matière, la peine donne toute sa force à l'interdit pénal.

C'est la raison pour laquelle la peine fait l'objet d'une attention particulière de la part du législateur. Si l'article 8 de la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen de 1789 impose que ne soient établies que des peines strictement et évidemment nécessaires, force est de constater que le législateur tend à les aggraver. Cette aggravation peut d'une part concerner un comportement déjà incriminé, en créant une nouvelle peine ou en augmentant le *quantum* d'une peine existante. Elle peut d'autre part résulter, et c'est la situation la plus courante, de l'ajout de circonstances aggravantes, qui augmentent le *quantum* de la peine encourue en fonction de circonstances particulières entourant la commission de l'infraction.

Au-delà de la diversité de ses modalités, l'aggravation des peines trouve son unité dans la prise en compte d'une gravité accrue de l'infraction. C'est au nom de cette gravité que le législateur justifie l'intensification des peines à laquelle il procède depuis une trentaine d'années. La portée de la critique adressée à cette évolution dépend dès lors de la validité de ce postulat. Si l'aggravation des peines repose sur la gravité des comportements réprimés, encore faut-il que cette dernière constitue une donnée suffisamment objective pour justifier un renforcement de la répression.

Or les contours de la gravité demeurent particulièrement incertains. Peu étudiée par la doctrine et dépourvue de définition stabilisée, la gravité fait l'objet d'interprétations divergentes². Selon une première approche, dite réaliste, certains comportements seraient intrinsèquement graves³. Selon une seconde approche, plus relativiste et à laquelle se rallient les auteurs de cette contribution, la gravité résulterait d'un jugement social et politique, l'incrimination traduisant alors un choix de valeur opéré par le législateur⁴.

Dans cette dernière perspective, la gravité apparaît moins comme une donnée objective que comme un véritable instrument de politique pénale. Elle permet d'apprécier les risques que certains comportements sont réputés faire peser sur l'ordre social et, corrélativement, de déterminer l'intensité de la réponse répressive qui leur sera apportée. Elle pourrait ainsi être mobilisée pour justifier un durcissement des peines prévues par les textes, sans qu'une aggravation réelle des comportements en cause soit nécessairement démontrée. Dès lors, si l'aggravation des peines repose sur une notion aux contours incertains et largement construits, il se pourrait que certaines évolutions contemporaines traduisent moins une réévaluation de la gravité des comportements incriminés qu'une volonté d'imprégner la protection de l'ordre social d'un recours accru à la réponse pénale.

² À rapprocher de : C. Soulard, « Préface », J. Alix et A. Darsonville (sous. dir.), *Gravité et droit pénal*, Editions mare & martin, 2021, p. 13 ; M. Dos Santos, *La gravité en droit international pénal. Une notion insaisissable et instrumentalisée*, L'Harmattan, 2023, n°6 p. 15 et n°11 p. 22.

³ V. E. Dreyer, « Les valeurs protégées dans le Code pénal : où donc ? », *Dossier spécial « Les 30 ans d'entrée en vigueur du Code pénal, Revue Lexbase pénal*, 2024 et E. Dreyer, « Existerait-il une méta-légalité en droit pénal ? », *Légalité, légitimité, licéité : regards contemporains*, Mélanges en l'honneur du professeur Jean-François Seuvic, Presses Universitaires de Nancy, 2018, pp. 95 et s.

⁴ V. Y. Mayaud, « La loi pénale instrument de valorisation sociale », *Code pénal et code d'instruction criminelle*, Livre du bicentenaire, Paris, Dalloz, 2010, p. 3 et s. ; A. Darsonville, « La pertinence des valeurs sociales protégées », in P. Mistretta, S. Papillon et C. Kurek (dir.), *L'empreinte des valeurs sociales protégées en droit pénal*, Dalloz, 2020, p. 35 et s. ; X. Pin, « L'empreinte des valeurs sociales protégées en droit pénal », in P. Mistretta, S. Papillon et C. Kurek (dir.), *L'empreinte des valeurs sociales protégées en droit pénal*, Dalloz, 2020, p. 111 et s. Pour approfondir ces conceptions, V. également M. Lacaze, *Réflexions sur le concept de bien juridique protégé par le droit pénal*, LGDJ, coll. Fondation Varenne, n°39, 2011, n°5 à 7

En aggravant les peines, le législateur se fait souvent l'écho d'un souhait grandissant au sein de la population⁵. L'accroissement de la sévérité des peines apparaît alors comme un moyen de répondre à ces attentes sécuritaires. Après tout, peu de mesures sont aussi faciles à adopter que l'augmentation des peines prévues par la loi. À coût immédiat limité⁶, une telle évolution permet, en raison de la forte portée symbolique du droit pénal, de renforcer l'image de sévérité de la politique pénale menée.

Il n'est cependant pas certain que cette aggravation soit toujours nécessaire. Il se pourrait qu'elle ne réponde pas systématiquement à un impératif dicté par les finalités du droit pénal. Beccaria insistait d'ailleurs sur le fait que, bien plus que le *quantum* de la peine, c'est sa certitude qui est déterminante pour assurer l'effet dissuasif des sanctions⁷. L'aggravation n'est donc pas toujours synonyme de renforcement de la protection pénale. Elle peut traduire une forme de facilité normative, qui omet d'interroger son effectivité réelle. Pire, elle pourrait même être à l'origine d'effets délétères, en constituant une sorte de réflexe icarien, qui abîmerait la matière pénale dans son ensemble.

Le mouvement général d'aggravation des peines encourues doit-il être dénoncé ? Faut-il même chercher à l'inverser, en prônant un retour vers des peines moins sévères ? Selon les auteurs de cet article, il convient de raison garder et de ne pas jeter l'aggravation avec les flots de la dérive. Parfois, l'aggravation s'avère nécessaire (I), mais elle devient problématique lorsqu'elle est surabondante (II), voire instrumentalisée à des fins procédurales (III).

I) L'aggravation nécessaire

L'aggravation des peines se traduit principalement par l'ajout de circonstances aggravantes par le législateur. Elle s'avère nécessaire dans au moins trois types de situations.

Expression renforcée du reproche social en lien avec les circonstances de l'infraction. Le législateur peut tout d'abord faire le choix de renforcer ponctuellement la répression en raison des circonstances particulières qui entourent la commission de l'infraction et qui justifient une répression plus sévère. Sans prétendre à l'exhaustivité, envisageons quelques circonstances qui justifient, à notre sens, une telle aggravation.

En premier lieu, ces circonstances particulières peuvent avoir trait à la manifestation d'une hostilité à l'encontre de valeurs sociales fondamentales que l'infraction ne prend pas en considération dans sa forme simple. L'aggravation fait alors évoluer la répression pour prendre toute la mesure de la gravité du comportement. Ainsi, le Code pénal prévoit depuis 2017 des circonstances aggravantes générales aux articles 132-76 et 132-77, qui entraînent l'augmentation du *quantum* des peines dans le cas d'infractions commises pour des motifs discriminatoires⁸. Au-delà de la valeur protégée par l'infraction de référence, la coloration

⁵ V. Gautron et C. Vigour, « Les citoyens face à la justice pénale : un sentiment punitif surévalué », *La lettre juridique* n°918 du 29 septembre 2022, Lexbase.

⁶ Le coût d'une année de prison dépasse 47 000 euros par an (<https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/ouverture/PIONANR5L17B2187.html>).

⁷ C. Beccaria, *Des délits et des peines*, trad. par J. Collin de Plancy, Brière, 1822, chap. XX : « Ce n'est pas la rigueur du supplice qui prévient plus sûrement les crimes, c'est la certitude du châtement, c'est le zèle vigilant du magistrat, et cette sévérité inflexible, qui n'est une vertu dans un juge, que lorsque les lois sont douces. La perspective d'un châtement modéré, mais inévitable, fera toujours une impression plus forte que la crainte vague d'un supplice terrible, auprès duquel se présente quelque espoir d'impunité ».

⁸ V. D. Guérin, « Fasc. 20 : circonstances aggravantes définies par le Code pénal », *Juriscasseur Pénal Code*, 2025, n° 226 à 251.

discriminatoire du comportement justifie la plus grande sévérité de la répression, en raison de l'atteinte que le comportement porte à la cohésion de la société. Ici, l'acte infractionnel ne traduit pas seulement une hostilité envers la victime individuelle, mais porte atteinte à l'ensemble du groupe auquel celle-ci appartient et dont elle devient un symbole aux yeux de l'auteur (ex. : antisémitisme)⁹.

En deuxième lieu, ces circonstances peuvent tenir à la persistance de l'infracteur dans le chemin de l'interdit pénal, à l'instar des circonstances aggravantes de récidive des articles 123-8 et suivants du Code pénal. La réitération d'une intoxication volontaire sous l'empire de laquelle l'agent commet un homicide, prévue à l'article 221-5-6 alinéa 2 du Code pénal¹⁰, constitue un exemple plus circonscrit. L'aggravation permet ici de sanctionner plus sévèrement la personne qui n'aura pas tiré les conséquences d'une première condamnation pénale, en lui adressant un message pénal renforcé.

En troisième lieu, ces circonstances peuvent appréhender le comportement des individus particulièrement offensif qui s'en prennent sans scrupule à une victime requérant une protection particulière ou présentant un lien particulier avec l'auteur¹¹. Plusieurs textes aggravent ainsi les peines des infractions commises à l'encontre d'un ascendant, d'un descendant, d'un conjoint ou d'un ex-conjoint¹². Cette proximité relationnelle entre l'auteur et la victime, qui aurait dû constituer un frein, rend l'acte infractionnel plus grave, en traduisant une rupture du lien de confiance et de respect qui doit fonder les relations familiales¹³. Par ailleurs, l'article 311-5, 2° du Code pénal relatif au vol prévoit de manière explicite que la peine est aggravée lorsque le délit « *est facilité par l'état d'une personne dont la particulière vulnérabilité (...) est apparente ou connue de son auteur* ». L'utilisation de l'état de vulnérabilité de la victime pour la dépouiller au lieu de la protéger témoigne de la nocivité de l'agent. Dans le même sens, l'article 221-4, 3° du Code pénal aggrave la peine applicable au meurtre lorsque celui-ci est commis sur une victime « *dont la particulière vulnérabilité (...) est apparente ou connue de son auteur* ». Dans cette disposition en revanche, nulle référence n'est faite à l'exploitation de cette vulnérabilité pour commettre le méfait. Il importe donc peu que l'auteur soit plus facilement parvenu à ôter la vie de sa victime en raison de cette circonstance. La répression est ici simplement aggravée parce que l'auteur a porté atteinte à la vie d'une personne qui n'était pas pleinement en mesure de se défendre contre son assaillant¹⁴.

Cohérence de l'échelle des peines. Ensuite, le législateur peut aggraver les peines encourues pour renforcer la cohérence de la répression, notamment dans des secteurs techniques dans

⁹ V. S. Detraz, « Durcissement des circonstances aggravantes de discrimination », *Gazette du Palais*, Lextenso, n° 16, 2017, p. 68 et s.

¹⁰ Cette disposition peut en réalité être facilement critiquée dans la mesure où elle suppose une double déclaration d'irresponsabilité pour homicide pour que l'aggravation puisse avoir lieu. Cependant, elle illustre notre propos dans la mesure où une personne qui a déjà tué sous l'emprise d'une substance peut voir sa sanction aggravée lorsque, persistant dans son comportement d'intoxication, elle provoque à nouveau un décès. La difficulté réside alors moins dans l'aggravation elle-même que dans la construction de l'infraction qui en constitue le support. Une fois le principe de cette incrimination admis, le renforcement de la répression apparaît en effet relativement cohérent.

¹¹ V. M. Dalloz, « Circonstances aggravantes », *Répertoire de droit pénal et de procédure pénale*, 2017, n° 37 et s.

¹² Ex. : art. 221-4, 2° et 4° ter CP (meurtre), art. 222-3, 3° et 4° ter CP (torture ou actes de barbarie), art. 222-8, 3° et 4° ter CP (violences suivies de mort) et art. 222-24, 4° et 11° CP (viol).

¹³ Si cette aggravation se justifie par la violation particulière du lien de confiance et d'intimité propre à la relation familiale, elle tend néanmoins à faire notamment de la qualité de conjoint un élément déterminant de l'intensification de la répression. Une telle évolution peut alors donner le sentiment que la relation entre l'auteur et la victime occupe une place croissante dans la détermination de la peine encourue, au risque d'atténuer l'importance accordée à l'analyse concrète des faits. Elle est ainsi susceptible de contribuer à un certain décalage entre la gravité du comportement effectivement reproché et l'intensité de la répression prévue par les textes pénaux.

¹⁴ V. H. Angevin, « Fasc. unique : De quelques autres circonstances aggravantes », *Jurisclasseur Pénal Code*, 2016, n° 52 et s.

lesquels coexistent des réponses pénales et administratives. Tel est le cas en matière fiscale où un contribuable peut, pour un même comportement de fraude à l'impôt, faire l'objet d'une double sanction. Il peut être sanctionné à la fois par l'administration fiscale et par l'autorité judiciaire. Or, il faut avoir à l'esprit que, dans les faits, la sanction administrative peut être aussi importante que la sanction pénale, voire plus¹⁵. Cette éventualité est d'autant plus probable lorsque les amendes prévues par les textes pénaux se caractérisent par un montant maximal peu élevé. Ainsi, en 1979, le délit de fraude fiscale était puni d'une amende maximale de 700 000 francs, soit un peu plus de 100 000 euros¹⁶. Dans ces conditions, la répression administrative pouvait, dans certains cas, se révéler plus sévère que la répression pénale. Une telle situation était paradoxale au regard de la place traditionnellement dévolue au droit pénal dans l'ordre répressif¹⁷. Pourtant, il a fallu attendre plus de trente ans pour que le législateur procède à une aggravation significative des sanctions pénales applicables en matière fiscale. Ce n'est qu'au début des années 2010 qu'il a engagé un mouvement d'aggravation des sanctions pénales en matière de fraude fiscale. Ce mouvement s'est concrétisé par plusieurs relèvements successifs du montant maximal de l'amende encourue : porté à un million d'euros en 2012¹⁸, puis à deux millions d'euros en 2013¹⁹, ce plafond atteint désormais trois millions d'euros dans les hypothèses les plus graves depuis une loi du 30 décembre 2017²⁰. Aujourd'hui, en cas de fraude fiscale, l'amende pénale peut même dépasser ce plafond, le législateur ayant prévu que son montant peut être porté au double du produit de l'infraction²¹. L'aggravation peut ainsi permettre au législateur de renforcer la cohérence de la répression par un relèvement progressif des sanctions pénales existantes.

Simplification de l'application de la loi pénale. Le législateur peut enfin faire le choix d'aggraver une infraction afin de simplifier la mise en œuvre de la loi pénale. D'une part, l'aggravation permet de résoudre certains concours idéaux de qualifications. En permettant à l'une des infractions de devenir la circonstance aggravante de l'autre, le droit évite de cumuler artificiellement des qualifications distinctes pour une même action. Par exemple, lorsqu'un vol est commis avec violence, le juge ne retient pas séparément la qualification de violences volontaires, mais se fonde sur l'incrimination de vol prévue à l'article 311-3 du Code pénal, qu'il aggrave du fait de la violence commise en fonction de l'ITT (art. 311-4 4°, 311-5 1°, 311-6 al. 1 et 311-7 al. 1 CP). D'autre part, l'aggravation permet d'éviter la prolifération d'incriminations spécifiques susceptibles de rendre le Code pénal illisible. Il n'existe ainsi qu'une seule infraction de meurtre, dont la peine peut être aggravée lorsque l'homicide est perpétré sur un ex-conjoint²², en raison de l'origine de la victime (homicide raciste) ou du lien

¹⁵ M. Delmas-Marty et C. Teitgen-Colly, *Punir sans juger ? De la répression administrative au droit pénal administratif*, Paris, Economica, 1992, p. 51.

¹⁶ V. Article 1741 du Code général des impôts dans sa version en vigueur du 1er juillet 1979 au 1er janvier 1982.

¹⁷ Le droit pénal occupe traditionnellement une place singulière au sein de l'ordre répressif. Parce qu'il est associé aux comportements les plus gravement attentatoires aux valeurs fondamentales de la société, il est le vecteur de la réprobation sociale la plus forte et l'expression la plus solennelle du pouvoir de punir de l'État. Cette place particulière se traduit par la stigmatisation attachée à la condamnation pénale, par l'importance des garanties procédurales qui entourent sa mise en œuvre ainsi que par l'idée, fréquemment avancée en doctrine, selon laquelle la sanction pénale constitue l'*ultima ratio* de l'ordre juridique. Dans cette perspective, il peut paraître surprenant qu'une sanction administrative soit susceptible de se révéler plus sévère qu'une sanction pénale infligée pour les mêmes faits. Cela étant, le développement progressif du droit administratif répressif a largement contribué à estomper les frontières traditionnellement tracées entre les réseaux de sanctions administratif et pénal. Sur ce dernier sujet, V. en particulier : L. Seurot, *Droit de la répression administrative*, Mare & Martin, 2026, 279p.

¹⁸ V. Article 15 de la loi n° 2012-354 du 14 mars 2012 de finances rectificative pour 2012.

¹⁹ V. Article 9 de la loi n° 2013-1117 du 6 décembre 2013 relative à la lutte contre la fraude fiscale et la grande délinquance économique et financière.

²⁰ V. Article 106 de la loi n° 2017-1837 du 30 décembre 2017 de finances pour 2018.

²¹ V. Article 23 de la loi n° 2018-898 du 23 octobre 2018, relative à la lutte contre la fraude.

²² L'exemple du féminicide est, sur ce point, particulièrement éclairant. Si ce terme fait aujourd'hui l'objet d'un usage croissant dans les débats publics et académiques, aucun consensus doctrinal n'existe quant à sa signification exacte. Il peut néanmoins être entendu comme

de parenté (matricide, parricide). Ces aggravations suffisent, sans qu'il soit nécessaire de créer des infractions autonomes.

Force est cependant de constater que la peine est de plus en plus souvent aggravée sans que rien ne le justifie véritablement. L'aggravation se révèle alors surabondante.

II) L'aggravation surabondante

Est surabondant ce qui est en excès²³. Plusieurs illustrations de cette surabondance transparaissent de la loi pénale.

Augmentation illusoire du quantum maximum. Il arrive, premièrement, que le législateur augmente inutilement le *quantum* de la peine de référence²⁴. Il a notamment aggravé la peine encourue pour l'intrusion dans une centrale nucléaire, prévue à l'article L. 1333-13-2 du Code de la défense. La peine initiale d'un an d'emprisonnement et de 15 000 euros d'amende a ainsi été doublée par la loi de 2023²⁵, passant à deux ans d'emprisonnement et 30 000 euros d'amende. Une auteure s'interroge sur la nécessité d'une telle aggravation de la peine, dans la mesure où les juges ne prononcent déjà que rarement le maximum encouru de la peine prévue initialement²⁶. De plus, la Cour de cassation vérifie désormais la modération de la répression lorsque des infractions sont commises par des militants afin qu'elle ne porte pas une atteinte disproportionnée à la liberté d'expression (art. 10 Conv. EDH)²⁷.

Aggravation détachée de la gravité du comportement. Il arrive, deuxièmement, que le législateur aggrave certaines infractions par des circonstances qui ne disent rien du comportement fautif, mais s'attachent uniquement à ses conséquences, nécessairement aléatoires.

Il en va ainsi de l'abandon moral d'enfant qui est plus sévèrement réprimé depuis la loi du 23 juin 2025²⁸. Le législateur a renforcé la répression en créant une aggravation fondée sur les conséquences du comportement parental sur la délinquance du mineur. Une telle aggravation étonne en ce qu'elle ne repose pas uniquement sur le comportement reproché au parent, mais également sur la délinquance ultérieure de l'enfant. L'alourdissement de la peine dépend ainsi d'un évènement dont la réalisation demeure incertaine et dont le rattachement au comportement parental apparaît particulièrement délicat à établir. L'aggravation se fonde alors moins sur la gravité intrinsèque du comportement de l'auteur que sur les répercussions

désignant le meurtre d'une femme en raison de son sexe. Dans cette hypothèse, l'acte dépasse la personne de la victime pour s'inscrire dans une violence dirigée contre les femmes en tant que groupe. Pour autant, le législateur français n'a pas consacré une incrimination autonome du féminicide. Il a privilégié une approche fondée sur l'aggravation des infractions existantes, notamment à travers la consécration du mobile sexiste comme circonstance aggravante par la loi du 27 janvier 2017, permettant ainsi d'intensifier la répression sans qu'il soit nécessaire de créer une nouvelle incrimination dans le Code pénal. Une telle solution permet de reconnaître la spécificité de ces violences tout en préservant l'architecture universaliste du droit pénal et en évitant la création d'une incrimination potentiellement redondante au regard d'un droit positif déjà complet. Sur cette question, V. en particulier : J. Frinchaboy, « Figures féminines et criminalité : quelle place pour une incrimination autonome du féminicide », in : J. Walther, D. Brodowski et J. Leblois-Happe (sous-dir.), *Criminalités atypiques – 7^{ème} rencontres du droit pénal franco-allemand*, 2025, p. 123 et s.

²³ Dictionnaire Trésor de la langue française (TLFi), entrée « surabondant ».

²⁴ L'augmentation du quantum de la peine de référence sert parfois à satisfaire l'opinion public sans que l'échelle des peines soit toujours respectée. Ce phénomène est particulièrement frappant lorsque l'alourdissement de la peine encourue fait changer de catégorie l'infraction dans la classification tripartite, en transformant la contravention en délit ou le délit en crime.

²⁵ Loi n° 2023-491 du 22 juin 2023 relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes.

²⁶ S. Hildenbrand, « Vous ne passerez pas ! Les réponses du droit pénal face aux intrusions au sein des installations nucléaires », *Riséo*, 2025.

²⁷ S. Vernaz, « Action militante et droit pénal », *Criminalités atypiques*, Société de législation comparée, 2025, p. 51 et s.

²⁸ Loi n° 2025-568 du 23 juin 2025 visant à renforcer l'autorité de la justice à l'égard des mineurs délinquants et de leurs parents.

du comportement d'un tiers, ce qui la situe aux confins de la prohibition de la responsabilité pénale du fait d'autrui. Une telle construction soulève d'importantes difficultés, tenant notamment à l'établissement d'un lien de causalité direct entre le comportement du parent et celui de l'enfant²⁹.

Il en va de même avec le projet de loi dit « *RIPOST* », présenté en mars 2026, qui entend répondre aux troubles à l'ordre public en durcissant les sanctions applicables à des comportements variés, tels que les rodéos urbains, l'usage détourné de protoxyde d'azote ou encore les rassemblements festifs illégaux. Cette démarche traduit une volonté de produire un effet immédiat de fermeté pénale face à des phénomènes médiatisés, en renforçant de manière systématique l'arsenal répressif³⁰. Toutefois, une telle aggravation interroge quant à sa nécessité, dès lors qu'elle semble relever davantage d'une logique d'affichage que d'une réflexion approfondie sur l'effectivité des peines, rejoignant ainsi les critiques relatives à une inflation pénale parfois déconnectée de ses finalités³¹.

Multiplication des circonstances aggravantes. Il arrive, troisièmement, que le législateur sature certaines infractions de circonstances aggravantes au point que la commission de l'infraction dans sa forme simple devient théorique. L'infraction de vol de l'article 311-1 du Code pénal en constitue une illustration frappante. En principe puni de trois ans d'emprisonnement, le vol était initialement aggravé à cinq ans d'emprisonnement par huit différentes circonstances aggravantes à l'article 311-4 du Code pénal. Déjà importante, cette liste a encore été allongée de moitié³². Elle permet surtout une aggravation cumulée lorsque plusieurs circonstances aggravantes sont établies, en portant les peines à sept ans d'emprisonnement lorsque deux d'entre elles sont réunies et à dix ans d'emprisonnement en présence de trois. Cette multitude de circonstances aggravantes a pour effet de renverser l'ordonnement des peines entre le principe et l'exception : le principe devient le vol aggravé et l'exception, le vol simple, qui perdure dans de rares hypothèses pas toujours faciles à identifier. Ainsi, l'aggravation des peines ne correspond plus toujours à une hiérarchie réelle de la gravité des comportements, mais fonctionne de plus en plus comme un instrument autonome de renforcement de la répression. Le caractère dissuasif de la répression du vol était-il si affaibli qu'il fallait presque systématiquement se donner la possibilité de recourir à une forme aggravée ?³³

À force de multiplier les circonstances aggravantes, le législateur va parfois jusqu'à consacrer leur autonomie. C'est ainsi qu'est apparu le délit d'homicide routier. L'article 221-6-1 du Code pénal prévoit que l'homicide par imprudence commis par le conducteur d'un véhicule terrestre à moteur est puni de cinq ans d'emprisonnement et 75 000 euros d'amende. Il portait les peines à sept ans d'emprisonnement et à 100 000 euros d'amende dans certaines circonstances, notamment en cas d'ivresse manifeste ou de faute délibérée. La loi du 9 juillet

²⁹ Sur ce sujet, V. F. Habouzit, « L'aggravation de la répression de l'abandon moral d'enfant - À propos de l'article 1er de la loi n° 2025-568 du 23 juin 2025 », GPL, 2 déc. 2025.

³⁰ À rapprocher de : [https://www.franceinfo.fr/sante/drogue-addictions/protoxyde-d-azote-l-avocat-des-parents-de-mathis-plaide-pour-une-penalisation-tres-importante-de-sa-detention-pour-les-conducteurs_7609223.html#xtor=CS2-765-\[autres\]-](https://www.franceinfo.fr/sante/drogue-addictions/protoxyde-d-azote-l-avocat-des-parents-de-mathis-plaide-pour-une-penalisation-tres-importante-de-sa-detention-pour-les-conducteurs_7609223.html#xtor=CS2-765-[autres]-).

³¹ Pour le dire autrement : selon la logique à l'œuvre, l'aggravation tend à devenir un instrument de réponse aux attentes sociales et médiatiques plutôt qu'à constituer un reflet conforme à la gravité objective des comportements visés.

³² L'art. 311-4 CP prévoyait huit circonstances aggravantes en 1994 contre douze en 2025. Ont été ajoutées les circonstances aggravantes suivantes : 5° lorsqu'il porte sur du matériel médical, 10° lorsqu'il y a dissimulation du visage, 11° lorsqu'il a lieu aux abords d'établissement scolaires et 12° lorsqu'il est destiné à alimenter le commerce illégal d'animaux.

³³ Le problème ne venait-il pas finalement d'un quantum trop faible pour l'infraction de vol simple ? La question mérite d'être posée.

2025³⁴ a transformé l'ensemble de ces circonstances aggravantes en infraction autonome « d'homicide routier » par imprudence à l'article 221-18 du Code pénal. La liste des circonstances aggravantes a été légèrement étoffée, mais ces modifications auraient tout aussi bien pu avoir lieu dans le texte d'origine. Cette nouvelle infraction surprend. Elle est placée dans le Code pénal séparément des atteintes à la vie de la personne, dans un chapitre autonome dédié aux « homicide et blessures routiers ». Elle est donc décorrélée de sa forme simple pour se placer au sein d'un chapitre où elle n'existe plus que de manière aggravée³⁵. D'une autre manière ici, l'aggravation devient le principe.

Conséquences des aggravations surabondantes. Cette surenchère dans l'aggravation des peines semble ne pas connaître de limite, si bien qu'il est difficile d'imaginer que le législateur puisse assumer de revenir en arrière. Pourtant, ces aggravations surabondantes abîment la cohérence, la lisibilité et l'accessibilité du droit pénal. En ce sens, l'autonomisation de l'homicide routier aggravé a surtout entraîné une complexification de l'appréhension des comportements routiers non intentionnels en plaçant les textes dans deux endroits distincts. Cette conséquence est nuisible dans la mesure où le message de la loi pénale ne doit pas s'adresser aux seuls spécialistes, mais à tout un chacun afin qu'elle puisse assurer son office de prévention générale. Le droit pénal en ressort affaibli, rabaissé à une épée de carton.

La surabondance de ces aggravations affecte en outre la procédure ; est-ce jusqu'à faire courir le risque d'une instrumentalisation procédurale de l'aggravation ?

III) L'aggravation instrumentalisée au profit d'enjeux procéduraux

L'aggravation de la peine encourue n'a rien d'anodin sur le plan procédural. La peine détermine la nature contraventionnelle, délictuelle ou criminelle de l'infraction commise et, subséquemment, le régime procédural permettant d'appréhender l'auteur. L'aggravation de la peine de référence ou le recours aux circonstances aggravantes modifie par définition le maximum de la peine encourue. Dès lors, les règles procédurales peuvent varier en fonction de ces aggravations tant au stade de l'enquête que du jugement. Le risque est alors que ces aggravations soient instrumentalisées dans le but de faire opportunément varier le régime procédural. Le législateur peut ainsi être tenté d'augmenter des montants de peines encourues dans le seul but favoriser l'accès des autorités répressives à certaines mesures d'enquête. Plus généralement, ces répercussions peuvent se produire au stade de l'enquête comme du jugement.

Phase préparatoire. Au stade préparatoire du procès, la possibilité de recourir à des actes d'enquête plus coercitifs varie en fonction de la gravité de la peine encourue. Plus la peine est élevée, plus les pouvoirs d'enquête s'intensifient. Prenons quelques exemples.

³⁴ Loi n° 2025-622 du 9 juillet 2025 créant l'homicide routier et visant à lutter contre la violence routière.

³⁵ Ce faisant, le législateur justifie la modification par son souhait d'apaiser les victimes d'accidents de la route qui disaient mal vivre le fait que le conducteur intoxiqué à l'origine d'un accident soit condamné seulement pour homicide « involontaire », alors même qu'il avait commis une faute délibérée (imprudence consciente) en violant une obligation particulière de prudence ou de sécurité. L'expression « homicide routier » permet ainsi de cacher l'adjectif litigieux. Cependant, sur le fond, la nouvelle infraction continue de se fonder sur une imprudence consciente. Sans doute, la difficulté ressortait de la confusion qu'entretient le législateur entre ce qui est « involontaire » et ce qui est « non intentionnel » puisque l'auteur-conducteur, bien qu'adoptant un comportement volontaire d'intoxication (ou autre comportement à risque), n'a pas d'intention homicide. Le remplacement de l'expression homicide involontaire par homicide non intentionnel aurait sans doute été plus pertinent sans devoir en passer par une autonomisation de l'aggravation. Sur la distinction entre volonté et intention, voir S. Vernaz, *Le seuil de la répression pénale du fait non intentionnel, étude sur les atteintes à la personne en droit français à la lumière du droit suisse*, Helbing Lichtenhahn, collection latine, série II, volume 22, p. 77.

Lorsque l'enquête concerne une infraction punie d'au moins trois ans d'emprisonnement, l'article 76 alinéa 4 du Code de procédure pénale autorise, même en enquête préliminaire, les perquisitions sans l'assentiment de la personne chez qui elles ont lieu sur décision du juge des libertés et de la détention. Dans le même sens, l'article 230-32 permet, à partir de ce même seuil, de recourir à tout moyen technique permettant la géolocalisation en temps réel d'une personne, d'un véhicule ou de tout autre objet. De même, dès lors qu'une telle peine est encourue, l'article 100 alinéa 1 prévoit que le juge d'instruction peut ordonner des écoutes téléphoniques.

Lorsque l'infraction est punie d'au moins cinq ans d'emprisonnement, le caractère coercitif de l'enquête s'accroît encore. L'article 53 alinéa 3 permet la prolongation de l'enquête de flagrance au-delà des huit jours de droit commun. L'article 64-4-2 alinéa 3 autorise, sous le contrôle du juge des libertés et de la détention, le report de l'intervention de l'avocat en garde à vue au-delà du délai ordinaire, jusqu'à la vingt-quatrième heure. Les articles 230-34 alinéa 2 et 230-24-1 prévoient, à ce même seuil, que les enquêteurs peuvent entrer dans tous lieux privés, y compris d'habitation, afin d'y installer un dispositif de sonorisation, puis de l'activer à distance, sur autorisation du juge des libertés et de la détention ou du juge d'instruction.

L'aggravation de la répression emporte donc des effets immédiats sur l'enquête. Le simple fait que les enquêteurs envisagent une circonstance aggravante, même incertaine, suffit à ouvrir l'accès à des mesures plus intrusives, alors même qu'il n'est pas certain que la juridiction de jugement retienne ultérieurement ladite cause d'aggravation.

Ce phénomène se rencontre notamment en présence de la circonstance aggravante de bande organisée qui permet, pour certaines infractions, par le biais des articles 706-73 et suivants du Code de procédure pénale, d'avoir recours à une procédure dérogatoire autorisant des mesures particulièrement coercitives et attentatoires aux libertés individuelles³⁶ ; étant précisé que la liste des infractions concernées ne cesse de s'allonger, ce qui conduit à étendre le champ d'application des mesures d'investigation dérogatoires³⁷.

Cette logique dépasse d'ailleurs le seul contexte des circonstances aggravantes. Elle peut également résulter de la requalification par le législateur de certains comportements afin de les réprimer plus sévèrement. Ainsi, le très grand excès de vitesse a été érigé en délit à compter du 29 décembre 2025³⁸, alors qu'il relevait auparavant du régime contraventionnel³⁹. Une telle évolution fait basculer le comportement concerné sous un régime procédural plus coercitif. Un autre exemple concerne l'association de malfaiteurs criminelle introduite par la loi du 13 juin 2025 dite Narcotrafic⁴⁰, créant ainsi pour la première fois un « crime obstacle » avec des peines très lourdes alors que les faits incriminés ne correspondent qu'à des actes préparatoires.

Le risque tient dès lors à l'instrumentalisation stratégique des circonstances aggravantes. L'enquête peut être orientée par la perspective d'accéder à un arsenal procédural élargi plus

³⁶ Sans que cette circonstance soit toutefois requise pour l'ensemble des infractions relevant de ce régime.

³⁷ Par ailleurs, la circonstance aggravante de bande organisée conduit parfois à transformer un délit en crime, de manière quelque peu excessive sans doute : il en va du vol qui est puni de 15 ans de réclusion criminelle lorsqu'il est commis en bande organisée, voire de 30 ans lorsqu'il est en plus commis avec usage ou menace d'une arme (art. 311-9 du Code pénal).

³⁸ Application de la loi du 9 juillet 2025, précitée.

³⁹ V. <https://www.interieur.gouv.fr/actualites/communiqués-de-presse/tres-grand-exces-de-vitesse-devient-delit-a-partir-du-29-decembre-2025>.

⁴⁰ Loi n° 2025-532 du 13 juin 2025 visant à sortir la France du piège du narcotrafic.

que par la vraisemblance juridique de l'aggravation elle-même. L'aggravation tend alors à se transformer en levier procédural, détourné de sa finalité punitive, servant davantage à justifier le recours à des mesures coercitives qu'à qualifier la gravité réelle des faits. Bien évidemment, il ne s'agit pas ici de remettre en cause la nécessité de mesures d'enquête intrusives dans certaines situations. Cependant, dans ces hypothèses, leur mobilisation devrait relever d'une démarche directe et assumée et non résulter du dévoiement de l'aggravation d'une qualification.

Phase de jugement. L'instrumentalisation des circonstances aggravantes peut en outre se retrouver au stade de l'orientation de l'affaire en vue du jugement. La circonstance aggravante est parfois écartée pour forcer la compétence d'une juridiction de jugement. C'est le cas de la correctionnalisation. Elle consiste à ne pas retenir une circonstance aggravante pour s'assurer que l'infraction sera jugée par le tribunal correctionnel alors même que les agissements de l'auteur sont de nature criminelle⁴¹. Ce phénomène peut également se produire au profit des cours criminelles départementales, créées en 2021. Ces juridictions, qui ne sont pas composées de jurés populaires, sont compétentes pour juger les crimes punis jusqu'à vingt ans de réclusion criminelle. Selon les circonstances aggravantes retenues, l'affaire peut ainsi être orientée devant une juridiction avec ou sans jurés. Si ces pratiques bénéficient généralement à la personne poursuivie, elles risquent toutefois de renvoyer à nouveau à la société l'image d'une justice pénale laxiste.

Conclusion

L'aggravation des peines peut parfois s'avérer nécessaire pour renforcer le message de la loi pénale ou la cohérence de la réponse apportée aux comportements antisociaux. Toutefois, le législateur y recourt souvent de manière excessive. L'aggravation court le risque de devenir une solution de facilité, à moindre coût, qui n'améliore pas l'efficacité de la politique pénale et produit des effets en trompe-l'œil. Elle fragilise alors la réponse répressive, en rendant le droit pénal de fond moins lisible, inutilement complexe et en affaiblissant son caractère incisif, tout en exposant le dispositif répressif à une possible instrumentalisation procédurale. Le législateur pourrait devenir paresseux et se contenter d'aggravations symboliques, sans jamais repenser en profondeur le système répressif. Une telle éventualité invite, plus que jamais, à renouer avec le principe de nécessité des peines, fondement cardinal d'un droit pénal rationnel et mesuré.

⁴¹ C'est ainsi que les faits de vols devenus criminels par le jeu des circonstances aggravantes sont finalement souvent correctionnalisés afin d'éviter la lourdeur d'une procédure criminelle, mettant en lumière le caractère excessif de l'aggravation légale.