



riseo

RISQUES ETUDES ET OBSERVATIONS

RISQUES, ÉTUDES ET OBSERVATIONS

2024-2

Dossier :

6^{ème} édition des *Entretiens du Grillenbreit*.....5

Varia :

S. Vernaz, La nécessaire reconnaissance d'un risque autorisé en matière non-intentionnelle.....113

T. S. Raharimalala, Réflexions sur l'appréhension de l'inceste par le droit pénal malgache.....133

Th. de Laroachelambert, Etude des risques de rupture de cuves nucléaires irradiées âgées.....149

J. Malundama Mbongo, La protection de l'environnement auprès de peuples autochtones en RDC.....175

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 :

Responsable scientifique : 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
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

Chers lecteurs,

Après une année très chargée d'événements au sein du CERDACC, j'ai le plaisir de remettre entre vos mains le numéro 2024-2 de notre revue *Riséo*.

Particulièrement fourni et diversifié, ce numéro vous fera d'abord revivre les échanges ayant eu lieu le 24 novembre 2023 à Colmar lors de la sixième édition des *Entretiens du Grillenbreit*. Organisé sous l'égide du CERDACC et du CRESAT, cet événement a pu réunir de nombreux universitaires et de praticiens qui ont pu mettre en relief les implications juridiques et politiques de l'eau en tant qu'élément essentiel du secteur nucléaire dans le contexte de la relance de l'industrie nucléaire, confrontée aux défis du changement climatique.

La rubrique *Varia* est d'abord marquée par des approches comparatistes.

Silvain Vernaz nous éclaire, à travers une analyse du droit pénal franco-suisse, sur les risques autorisés en matière non intentionnelle.

Tanhia Sylvie Raharimalala se livre à une étude portant sur l'appréhension de l'inceste par le droit malgache

Justin Malundama Mbongo nous fournit une étude concernant la protection de l'environnement chez les peuples autochtones de la République démocratique du Congo.

Dans un autre registre, Thierry de Larochelambert aborde une question aussi technique que juridique, celle des risques liés au vieillissement des centrales nucléaires, exposés au danger de rupture des cuves accidentelle.

Bonne lecture !

Dariusz Piatek
Directeur de publication
Maître de conférences à l'Université de Haute-Alsace
CERDACC (UR 3992)



Sommaire

PARTIE I : Les 6^{èmes} Entretiens du Grillenbreit	5
L'eau et le nucléaire. Une approche juridique et sociopolitique Thomas Schellenberger, Teva Meyer.....	6
Construire un laboratoire de suivi de la radioactivité dans l'océan. Le cas polynésien pendant les essais nucléaires dans l'atmosphère (1966-1974) Benjamin Furst	8
Statistiques annuelles des prélèvements et des consommations d'eau des centrales nucléaires en France Ilyas Hanine	19
Les infractions pénales en matière de pollution de l'eau par les activités nucléaires Véronique Jaworski	37
L'eau, talon d'Achille du nucléaire ? Marc Léger	48
L'interdiction de l'immersion en mer des déchets radioactifs Nicolas Pauthe	65
Prélèvements et rejets aqueux des centrales nucléaires Camille Perier	84
L'appréhension de la pollution fluviale transfrontière par le droit international Claire Portier	92
PARTIE II : VARIA	112
La nécessaire reconnaissance d'un risque autorisé en matière non intentionnelle Silvain Vernaz	113
Réflexions sur l'appréhension de l'inceste par le droit pénal malgache Tahina Sylvie Raharimalala	133
Étude des risques de rupture de cuves nucléaires irradiées âgées Thierry de Larochelambert	149
La protection de l'environnement auprès de peuples autochtones en RDC Justin Malundama Mbongo	175

PARTIE I : Les 6^{èmes} *Entretiens du Grillenbreit*

L'eau et le nucléaire

Une approche juridique et sociopolitique

Thomas SCHELLENBERGER

Maître de conférences en droit public

Université de Haute-Alsace

Centre Européen de recherche sur le Risque, le Droit des Accidents Collectifs et des Catastrophes (CERDACC)

Teva MEYER

Maître de conférences en géographie et géopolitique

Université de Haute-Alsace

Centre de recherche sur les économies, les sociétés, les arts et les techniques (CRESAT)

La relance de l'industrie nucléaire civile dans le contexte du changement climatique met en exergue les tensions sur les usages et risques liés à l'eau. L'eau peut être à la fois un objet de conflits d'usages, un vecteur de pollution et un facteur de risque. Le CERDACC et le CRESAT ont proposé, à l'occasion des 6èmes *Entretiens du Grillenbreit*, de comprendre les implications juridiques et politiques de l'eau en tant qu'élément essentiel du secteur nucléaire, et d'esquisser des outils de gouvernance et de gestion des risques associés.

Qu'il s'agisse d'organiser son approvisionnement pour assurer les processus industriels ou de se prémunir de ses infiltrations, l'eau constitue autant un élément stratégique qu'un facteur de risque à toutes les étapes de la filière nucléaire.

L'eau est notamment exposée à des risques de pollution pendant l'exploitation des centrales nucléaires où les rejets de polluants chimiques, d'effluents radioactifs ainsi que d'eau réchauffée par son utilisation pour le refroidissement, sont devenus des enjeux pour lesquels la production de normes fait l'objet de tensions politiques croissantes. L'eau apparaît aussi comme l'ultime ennemi, corrosif, contre lequel se protéger lors des opérations de stockage des déchets radioactifs dans le sol ou le sous-sol.

Des tensions relatives aux usages de l'eau par les acteurs concernés se manifestent de façon accrue en période de sécheresse. Cela peut entraîner d'une part des conflits d'usages entre les besoins en eau pour la production nucléaire (consommation d'eau), l'agriculture et les usages domestiques, et d'autre part des tensions au sein des territoires gestionnaires de la ressource en eau, y compris au-delà des frontières (ex. : négociations avec la Suisse sur la gestion transfrontalière du Rhône qui alimente la centrale nucléaire du Bugey, entre la Belgique et la France sur la Meuse au sujet de la centrale de Chooz etc.). L'eau est enfin un facteur de vulnérabilité des centrales nucléaires (risque d'inondation et de submersion marine, corrosions et fissures dans les systèmes de refroidissement de sécurité).

La production d'énergie nucléaire joue un rôle accru dans la transition écologique en France, en particulier dans le contexte de changement climatique qui accentue parallèlement les risques d'atteinte à l'environnement et à la santé publique. À l'occasion de la sixième édition des *Entretiens du Grillenbreit*, la rencontre organisée le 24 novembre 2023 à Colmar par le CERDACC et le CRESAT, a été l'occasion d'analyser les interactions entre l'eau et le nucléaire dans leurs dimensions juridiques et politiques, en proposant des outils de gouvernance et de gestion des risques associés.

Construire un laboratoire de suivi de la radioactivité dans l’océan Le cas polynésien pendant les essais nucléaires dans l’atmosphère (1966-1974)

Benjamin FURST

Ingénieur de recherche, CRESAT

Résumé : L'article explore la surveillance de la radioactivité dans l'Océan Pacifique durant les essais nucléaires français en Polynésie française (1966-1974), dans le cadre du projet CHLORE. Il analyse la mise en place d'un système de suivi par le CEP (Centre d'Expérimentations du Pacifique), associant militaires, scientifiques et biologistes. Les protocoles incluait le contrôle des milieux aquatiques et de la chaîne alimentaire, mais les rapports officiels minimisaient souvent les risques sanitaires, alimentant un discours rassurant malgré des contaminations avérées. Les recherches, bien qu'encadrées, ont permis d'étudier d'autres impacts environnementaux, tels que les effets physiques des explosions et les transformations anthropiques des lagons. Parallèlement, elles ont contribué à des avancées scientifiques sur les écosystèmes tropicaux, soutenues par les moyens logistiques du CEP. Toutefois, ces travaux s'inscrivent dans un contexte marqué par une culture du secret nucléaire et des difficultés d'accès aux archives, rendant l'évaluation complète des impacts à long terme encore complexe.

Mots-clés : Surveillance radiologique ; essais nucléaires ; environnement océanique ; Polynésie française ; secret

Abstract: *The article explores the monitoring of radioactivity in the Pacific Ocean during nuclear tests in French Polynesia (1966–1974) as part of the CHLORE project. It examines the establishment of a surveillance system by the CEP (Pacific Experimentation Center), involving military personnel, scientists, and biologists. Protocols included monitoring aquatic environments and the food chain, but official reports often downplayed health risks, contributing to a reassuring narrative despite confirmed contamination. The research, though tightly controlled, also investigated other environmental impacts, such as the physical effects of explosions and anthropogenic transformations of lagoons. Simultaneously, it supported scientific advances in the study of tropical ecosystems, backed by the CEP's logistical resources. However, these efforts unfolded in a context of nuclear secrecy, with limited access to archives, making a full assessment of long-term impacts challenging.*

Keywords: *Radiological monitoring ; Nuclear testing ; Oceanic environment ; French Polynesia ; Secrecy*

1) Introduction : le projet CHLORE, cadre de la recherche

Quand un site nucléaire, civil ou militaire, est construit, son impact environnemental est-il pris en compte ? Le cas échéant, comment ? Et quel usage est fait des résultats ?

C'est à ces questions que se propose de répondre, en partie, le projet CHLORE (Construction historique des laboratoires d'observation de la radioactivité dans l'eau), financé par le réseau inter-MSH (RnMSH) pour 2024 et 2025. Les installations nucléaires supposent, de la part des autorités, une surveillance constante à la fois pour en évaluer objectivement les impacts et pour orienter les politiques liées à la prise en charge du risque radioactif. Pour cette raison, qu'il s'agisse d'infrastructures civiles (centrales) ou de dispositifs militaires (sites d'essais nucléaires), la maîtrise du milieu d'exploitation se révèle essentielle, impliquant des contrôles de l'environnement à travers des prélèvements et des analyses réguliers et variés. Or, pour des raisons techniques liées aux nécessités de refroidissement, les centrales nucléaires sont construites à proximité d'un milieu aquatique, tandis que pour des questions politiques, notamment dictées par l'impératif d'isolement, nombre de sites d'essais nucléaires ont été implantés sur des îles de l'Océan Pacifique, postulant qu'un environnement « désert », a

fortiori fermé comme une île, revêt un intérêt scientifique au-delà des seuls enjeux de sécurité¹. Ces environnements océaniques ou fluviaux imposent l'élaboration d'une méthodologie d'analyse et de pratiques spécifiques, adaptées à la fluidité du milieu et à la mobilité des espèces choisies pour assurer le suivi des rejets. En d'autres termes, et dans un cadre de surveillance plus large, l'hydrosphère devient un laboratoire d'analyse.

Le projet s'articule autour de trois objectifs complémentaires. Il s'intéresse d'abord à la manière, à cette période particulière des années 1960-1970 où le nucléaire semble incarner la solution énergétique et stratégique idéale, dont se construisent matériellement et institutionnellement ces laboratoires de contrôle de la radioactivité dans les milieux aquatiques, puis à la façon dont ils opèrent dans la durée. Il vise ensuite à étudier l'utilisation des données objectives qui y sont récoltées dans les politiques nationales et internationales liées au nucléaire, de la construction des discours sur le risque aux coopérations scientifiques en passant par les revendications sanitaires et environnementales des militantismes anti-nucléaires. Il entend enfin mettre en lumière une éventuelle singularité du milieu hydrique, tant sur le plan matériel (en tenant compte de la fluidité d'un milieu qui circule, tout comme les espèces qui y vivent) que sur le plan politique (en étudiant par exemple les tractations diplomatiques résultant du partage d'un environnement nucléarisé entre États souverains).

Le projet entend analyser ces aspects à partir de deux sites, l'un militaire, l'autre civil, dont l'exploitation a cessé, permettant d'éclairer l'intégralité des processus jusqu'au suivi du démantèlement : la centrale électrique de Fessenheim le long du Rhin (inaugurée en 1977, fermée en 2020), et le Centre d'Expérimentations du Pacifique (CEP) en Polynésie française, où ont été menés 193 essais entre 1966 et 1996 avant le démantèlement des sites en 1998. L'objectif général du projet est d'identifier les lieux, les acteurs, les pratiques scientifiques, politiques et techniques de ces laboratoires aquatiques et leur articulation au sein des discours et contre-discours sur l'innocuité du risque nucléaire. À ces enjeux se greffe, pour les deux sites choisis, une dimension internationale renforcée par les activités nucléaires d'autres puissances que la France (essais nucléaires britanniques et étasuniens dans le Pacifique, présence de centrales suisses et allemandes sur le Rhin) qui suppose des pratiques particulières quant au suivi des marqueurs radioactifs.

De premiers résultats, qui s'appuient notamment sur les apports du programme « Histoire et mémoires du Centre d'Expérimentation du Pacifique » (2018-2021) et sur l'ouverture partielle de nouvelles archives depuis 2021, permettent d'éclairer les modalités de construction de la surveillance de la radioactivité dans l'eau au moment des essais nucléaires en Polynésie française, un enjeu particulièrement sensible au moment des essais aériens entre 1966 et 1974. Comment les autorités civiles et militaires ont-elles envisagé la surveillance de l'environnement aquatique avant, pendant et après les détonations ? Sous quelles formes et à quelles conditions ont-elles analysé les effets des essais dans l'océan ? Surtout, quels objectifs ces mesures ont-elles servis ? Cet article reviendra sur le cadre de la surveillance instauré pour les premiers essais en 1966, en identifiant les acteurs concernés par le dispositif. À partir des sources déclassifiées d'une partie de ces acteurs, nous montrerons que l'enjeu principal de la surveillance de la radioactivité dans l'eau était de garantir la sécurité sanitaire des populations, notamment par le contrôle de la chaîne alimentaire, ou en tout cas de

¹ E. DeLoughrey, « The myth of isolates: ecosystem ecologies in the nuclear Pacific », *Cultural Geographies*, 20 (2), p. 167–184.

promouvoir l'innocuité des essais. Cependant, les sources révèlent également qu'au-delà de la dimension radioactive, les autorités s'intéressaient à d'autres aspects de la pollution liée aux essais, voire profitaient du dispositif pour mener d'autres missions que des études sanitaires.

II) Le cadre de la surveillance environnementale au début des essais aériens

Élaboré par la Direction des centres d'expérimentations nucléaires (DirCEN) avant même le premier essai le 2 juillet 1966 (*Aldébaran*), le cadre de surveillance des conséquences des essais rassemble plusieurs acteurs. Au cœur du dispositif, on trouve deux services mixtes CEA-Armées créés en 1964, un an après la fondation du CEP². Le Service mixte de sécurité radiologique (SMSR) est essentiellement responsable de la prévision et de la surveillance des retombées radioactives, et de ce fait de la protection du personnel du CEP comme des populations. Comme son nom l'indique, le Service mixte de contrôle biologique (SMCB) s'intéresse plus largement aux effets des essais sur l'environnement, et notamment sur le vivant non-humain. Le Service de santé des Armées coopère plus particulièrement avec le SMSR pour encadrer le volet sanitaire des essais, et notamment l'exposition humaine, en particulier du personnel du CEP, tandis que SMCB collabore de près avec le Groupe de surveillance radiologique (GSR) qui deviendra Laboratoire de surveillance radiologique (LSR) puis Laboratoire d'Étude et de Surveillance de l'Environnement (LESE), rattaché au CEA. C'est le LESE qui procède à l'essentiel des analyses des échantillons prélevés par le SMCB³.

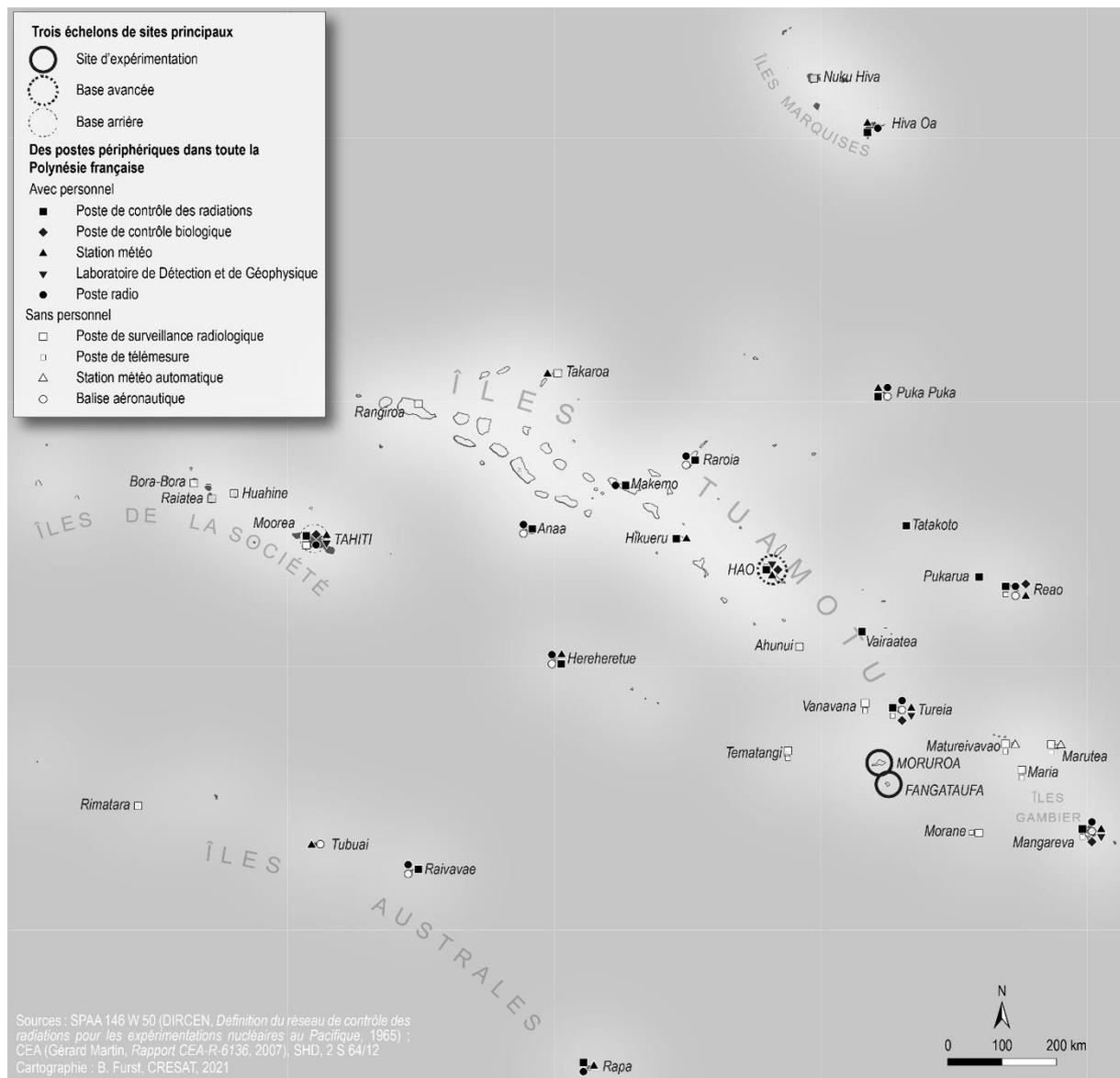
Face à la méconnaissance de l'environnement polynésien au sein de services essentiellement composés de médecins et de techniciens, la DirCEN fait appel en 1965 à des scientifiques, notamment des biologistes, susceptibles de contribuer par leur expertise des milieux tropicaux à l'élaboration des protocoles de suivi (présentation des milieux, choix d'espèces-témoin pour le suivi de la radioactivité, études environnementales générales avant et après les essais). Ces universitaires sont rattachés pour la plupart au Museum d'histoire naturelle, à l'Office de la recherche scientifique et technique outre-mer (ORSTOM) et plus marginalement, parce que la noix de coco fait partie des espèces végétales essentielles au dispositif d'analyse, de l'Institut de recherche des huiles et oléagineux.

En dépit de ces coopérations, le SMSR et le SMCB font face à un défi de taille : la superficie du territoire à contrôler. Composée de 118 îles, dont 76 habitées, réparties en 5 archipels, la Polynésie française, si elle ne compte que quelque 4 000 km² de terres habitées, s'étend sur près de 5 millions de km². La surveillance de la radioactivité, notamment celle de l'environnement, s'envisage dès 1964 à trois échelles : celle de la zone d'essai, allant des sites d'expérimentation eux-mêmes (les atolls de Moruroa et Fangataufa) aux îles et atolls habités les plus proches, notamment Tureia et les Gambier ; celle de la Polynésie française dans son ensemble ; celle du globe enfin, qui ne concerne que les analyses atmosphériques, à partir des prélèvements du réseau mondial, analysés dans l'Hexagone. Pour les deux autres échelles, le SMSR et le SMCB se reposent sur les bases avancées de Hao et arrière de Tahiti et sur une

² R. Coulon *et al.*, « La surveillance de l'environnement associée aux essais nucléaires en Polynésie française », *Radioprotection*, vol. 44, n° 9, 2009, p. 287.

³ Cette configuration évolue lors du passage aux essais souterrains, avec des recompositions et des relocalisations, notamment sur l'atoll de Moruroa désormais capable d'accueillir une présence permanente pendant les campagnes. À cette période d'ailleurs, le CEA reconnaît lui-même que « l'importance numérique des mesures de contrôle systématique de l'air et de l'eau s'estompe ». G. Martin, *Les expérimentations nucléaires. Aspects radiologiques*, 2007, Rapport CEA-R-6136, CEA, p. 450.

série de postes périphériques implantés sur le territoire en fonction de plusieurs critères : la présence humaine, la proximité avec les sites d'essais, la position de l'île ou de l'atoll dans les circulations océaniques ou atmosphériques, et enfin, la nécessité d'avoir une présence sur toute la Polynésie. C'est ainsi qu'on retrouve des stations de prélèvement et d'analyse des radiations dans l'eau et l'atmosphère dans toute la Polynésie, des Marquises aux Australes, de Bora Bora aux Gambier. Cependant, la logique d'implantation des postes de contrôle biologique (PCB), dévolus spécifiquement à la surveillance du milieu biologique et à la surveillance de la chaîne alimentaire, échappe en partie à ces critères. À l'heure des essais aériens, où les PCB sont les plus nombreux, on n'en trouve que cinq, dont quatre sont concentrés sur l'est du territoire, là où les risques d'exposition de la faune et de la flore sont a priori les plus importants. Le cinquième est à Tahiti, où se concentre plus de la moitié des habitants de la Polynésie et où les infrastructures du CEA sont les plus développées.



Carte 1. L'emprise du CEP en Polynésie pendant les essais aériens.

Pour tenir compte de la dimension océanique de l'espace à surveiller, des navires militaires complètent le dispositif. Le bâtiment de soutien logistique *Rance* accueille un laboratoire complet d'analyse radiologique. Il est notamment chargé d'évaluer la situation radiologique à proximité des sites d'essai après une détonation. Le suivi biologique est assuré par le bâtiment de recherche océanographique *La Coquille* à partir de mai 1966. La *Dépêche de Tahiti* annonce son arrivée ainsi : « affecté au CEP comme bâtiment de recherche du SMCB, il est destiné essentiellement à l'étude du thon et de son milieu biologique, de la physicochimie, de l'eau de mer et du plancton, dans la région des Tuamotu-Gambiers [sic] et les zones de pêche du Pacifique. En outre, le bâtiment assurera la surveillance radiologique du milieu biologique en haute mer et dans la zone néritique des atolls et des îles⁴ ». L'article est quelque peu réducteur : *la Coquille* est en fait chargée de tous les prélèvements biologiques en mer, participant de ce fait à une part importante du contrôle biologique. Le navire est remplacé en 1973 par le bâtiment de contrôle biologique *Marara*.

Les archives du SMCB conservées au Département de Suivi des Centres d'Expérimentations Nucléaires (DSCEN), complétées par des entretiens avec des scientifiques éclairent la phase d'établissement d'un protocole, en particulier du choix des espèces témoin. Ces dernières sont sélectionnées sur les recommandations des scientifiques du Museum : en 1965, « le SMSR et le SMCB viennent d'être créés, mais ce sont des médecins, ils ne savaient pas vraiment ce qu'ils cherchaient⁵ » explique l'un d'eux qui, en 1965, réalise pour le compte du CEP les premières analyses environnementales. Trois missions préalables au premier essai visent à étudier « l'ensemble de la faune et de la flore des atolls de Mururoa, Fangataufa et autres îles entrant dans la zone de contrôle des expériences⁶ » pour en déterminer « les espèces représentatives⁷ ». Pour l'environnement aquatique, cette tâche est dévolue à quatre biologistes du Museum sous convention avec la DirCEN qui chacun dans leur domaine (coraux, poissons, algues, mollusques).

Le CEP dicte ses choix : les espèces témoins doivent répondre à certains critères. Les études subséquentes pour le compte du CEA en dressent une liste qui ne recoupe que partiellement celle mentionnée par les chercheurs. Un rapport de 2007 évoque la disponibilité de l'espèce, son intégration dans « la ration alimentaire polynésienne », mais aussi sa propension à concentrer les radionucléides et à ajuster cette concentration à celle du milieu ambiant⁸. À l'origine cependant, aucun critère de radioactivité n'entre en jeu pour des chercheurs qui ignorent tout des enjeux nucléaires, mandatés par des médecins qui, eux, ignorent tout de l'environnement polynésien. Si la nécessité de proposer des espèces témoin nombreuses et si possible consommées par l'homme, les autres consignes sont tout aussi pragmatiques et répondent à un objectif : permettre à des non-spécialistes des milieux tropicaux d'assurer les prélèvements. Doivent donc être retenues des espèces nombreuses, on l'a dit, faciles à identifier, d'assez grosse taille et dont le régime alimentaire est connu, afin de suivre la contamination de la chaîne alimentaire. Les choix des biologistes ne sont pas exactement suivis. Sur les 9 espèces de coraux proposées par Jean-Pierre Chevalier en 1965-1966, le SMCB semble n'en retenir que quatre pour les prélèvements post-détonations⁹.

⁴ *La Dépêche de Tahiti*, 25 mai 1966, p. 144.

⁵ Entretien avec B., biologiste du Museum d'Histoire Naturelle, septembre 2023.

⁶ DGA/DSCEN, J.-P. Chevalier, *Rapport de mission (MUSÉUM III)*, 1966, p. 1

⁷ DGA/DSCEN, N10/58, *Le contrôle biologique en Polynésie. Août 1964 à Mai 1967.*, t. 1, p. 15.

⁸ G. Martin, *Les expérimentations nucléaires*, op. cit., p. 559.

⁹ *Ibid.*, p. 564 ; DGA/DSCEN, N10/58, *Le contrôle biologique en Polynésie*, op. cit., p. 14.

Généralement, les échantillons sont cependant variés. Pour le milieu hydrique, ils incluent dès 1966 des analyses d'eau de mer et de plancton à différentes profondeurs, des poissons de haute mer (sur ce point, l'équipage de la *Coquille* semble prélever des échantillons, quelle que soit l'espèce pêchée) et des animaux et algues de lagon et de récif. L'analyse est doublée par un prélèvement des eaux de lagon et de mer par le SMSR, y compris sur les sites d'essais¹⁰. Le contrôle de l'eau et des espèces aquatiques s'observe sur deux temporalités complémentaires : une analyse poussée après chaque essai, qui conduit par exemple le SMCB à dépêcher la *Coquille* aux Gambier¹¹ touchés par le nuage radioactif après *Aldébaran* (2 juillet 1966) ou à contrôler la zone de retombées marines pendant la seconde moitié de la campagne de 1973¹² ; des contrôles réguliers hors des périodes de campagne, de façon permanente (à Tahiti) ou périodique dans le reste de la Polynésie française.

III) De l'analyse au discours sur la sécurité sanitaire

Pendant la période des essais aériens, au-delà des mesures d'eau de mer et de plancton réalisées pour le SMSR (quand ce service ne s'en charge pas directement), le SMCB s'occupe tout particulièrement de la sécurité de la chaîne alimentaire, poussant ses membres à tenir rapidement compte des pratiques de consommation des Polynésiens pour l'estimation des risques sanitaires. Ainsi, entre octobre et décembre 1966, le SMCB est chargé d'analyser la contamination de la chaîne nutritionnelle des Actéon, un groupe d'atolls à l'est de Moruroa. À cette occasion, il dresse la consommation type des populations polynésiennes qui y vivent (par intermittence, pendant les périodes d'exploitation du coprah) et note « que les Pomotus [Paumotu, habitants de l'archipel des Tuamotu] sont très friants de poissons, et qu'ils mangent à l'occasion, certains viscères comme le foie. Le foie est un organe, qui avec le tube digestif accuse le maximum de la contamination, et il n'est pas rare de trouver un rapport de 10 à 20 entre l'activité du foie et celle de la chair des poissons¹³ ».

Sans surprise, cependant, ces rapports se veulent systématiquement tranquilisants. Faute d'accès à l'ensemble des analyses, seul un aperçu qualitatif des archives à notre disposition est possible. Ce dernier révèle néanmoins la propension des techniciens comme celle des autorités à relativiser le risque sanitaire. Au-delà des mesures elles-mêmes, les conclusions nient ou minimisent tout impact durable sur les populations, y compris quand leur contamination est avérée, comme en juillet 1966, lorsque le nuage d'*Aldébaran* touche les Gambier. Les premières estimations de la *Coquille* en juillet 1966 évaluent la dose absorbée à 1,2 rem sur l'année, soit 12mSv. L'auteur conclut pourtant « à titre d'exemple, cette dose peut être comparée à une radioscopie appuyée pratiquée par un appareil désuet. Par ailleurs, notons que selon toute probabilité, cette charge sera réduite grâce au régime des pluies, propre aux Gambiers [sic]¹⁴ ». De fait, après des analyses subséquentes, la dose estimée sur un an est revue à 600mSv environ, la même ou presque que l'exposition durant le 1er mois : « Les doses réelles reçues sont certainement très inférieures à la dose maximale admissible

¹⁰ DGA/DSCEN, N8/63, *Étude de la contamination des lagons de Moruroa et de Fangataufa après les tirs Aldébaran, Sirius et Rigel*, 1967.

¹¹ DGA/DSCEN, N44/63, *Rapport préliminaire concernant les résultats obtenus par le BRO « La Coquille » pendant la première demi-campagne*, 1966.

¹² DGA/DSCEN, N19/58, *Rapport du SMCB sur la seconde rafale de la campagne 1973*, 1973.

¹³ DGA/DSCEN, N2/63, *Bilan de la contamination radiobiologique des chaînes nutritionnelles. Groupe ACTEONS – Maria*, 1966, p. 7-8.

¹⁴ DGA/DSCEN, N44/63, *Rapport préliminaire concernant les résultats obtenus par le BRO « La Coquille » pendant la première demi-campagne*, p. 12.

définie par la Commission Internationale de Radioprotection et appliquée aux populations¹⁵ ». Pour l'étude des Actéon, la même année : « partant d'hypothèses majorantes, les résultats auxquels nous aboutissons sont favorables à une réoccupation de Tenararo et Vahanga. Maturei Vavao, Tenarunga et Maria présentent un risque faible, à la limite des normes populations ». Pour la seule réoccupation de Marutea, le SMCB conseille la prudence, étant donné « les plongées répétées et la suralimentation des pêcheurs de nacre ». La campagne de 1966 n'est pas un cas isolé. L'année d'après, le même service écrit : « Des cas particuliers de poissons contaminés dans des zones bien circonscrites ont été relevés, mais les niveaux atteints restent en tout état de cause très inférieurs aux normes de consommation »¹⁶. Des rapports de celle de 1973 adoptent un ton analogue : « Pour conclure, nous dirons que le tire « TAMARA » a été très peu contaminant, au moins dans la zone où opérait le BRO « LA COQUILLE »¹⁷ » ou « Les résultats de ces mesures [...] indiquent une fois encore que la contamination des poissons de haute mer n'est actuellement pas reliée à la contamination observée des planctons, consécutive aux essais 1973¹⁸ ».

Cette prédisposition à la banalisation participe d'un système global où le secret structure la communication autour des essais, et dont Renaud Meltz a montré les contours et les rouages dans le contexte polynésien : c'est ainsi que la discrétion jugée nécessaire autour du CEP touche aussi le domaine sanitaire, et que le discours entretenant « la fiction du risque maîtrisé¹⁹ » vise au mensonge assumé dès les ratés d'*Aldébaran*. Ainsi, le rapport final de la mission de la *Coquille* aux Gambier inclut-il de nombreuses considérations d'ordre sociopolitique, incluant un « climat psychologique de l'île », véritable inventaire des comportements des habitants après les retombées d'*Aldébaran*, et des recommandations pour les campagnes suivantes. Au milieu de suggestions logistiques ou politiques, son auteur, le Dr Millon, médecin de bord du navire, suggère notamment de fausser la communication sur les mesures : « le bilan de la dose totale intégrée par la population est à faire en août et à remettre uniquement au Cdt GOEN [groupe opérationnel des expérimentations nucléaires]. Il sera peut-être nécessaire de minimiser les chiffres réels de façon à ne pas perdre la confiance de la population qui se rendrait compte que quelque chose lui a été caché dès le premier tir²⁰ ».

Dès lors, les structures de prévision et de surveillance de la radioactivité participent activement au discours sur l'innocuité des essais. Renaud Meltz a d'ailleurs révélé le cynisme des autorités quant aux contrôles sanitaires de la chaîne alimentaire dès avant le premier tir. Alors que les discours publics insistent tous sur l'absolue nécessité de maîtriser la radioactivité des espèces consommées en Polynésie, en 1964, le président Pompidou déclarait ainsi « Pour la protection du poisson, c'est affaire de propagande plus que de réalités. Il faut que les gens soient persuadés qu'on fait tout le nécessaire pour éviter la contamination²¹ ». Après les premiers essais, face au décalage entre les mesures effectives et les enjeux politiques, ce sont

¹⁵ DGA/DSCEN, N3/58, Fiche sur la synthèse des rapports SMSR/SMCB/Santé relatifs à la retombée d'*Aldébaran*. Gambier – 2 juillet 1966, 1966, p. 3.

¹⁶ DGA/DSCEN, N10/58, *Le contrôle biologique en Polynésie. Août 1964 à Mai 1967.*, t. 1, 1967, p. 63.

¹⁷ DGA/DSCEN N19/58, *Rapport du SMCB sur la seconde rafale de la campagne 1973 1973*, p. 53.

¹⁸ *Ibid.*, p. 89.

¹⁹ R. Meltz, « Nucléaire, le secret et le mensonge », dans Y. Denoël et R. Meltz (dir.), *Mensonges d'Etat. Une autre histoire de la Ve République*, Paris, Nouveau Monde, 2023, p. 279. Voir aussi T. Fraise, « Comment cacher un nuage ? L'organisation du secret des essais atmosphériques français (1957-1974) », *Relations internationales*, 2023, 194 (2), p. 11-26.

²⁰ DGA/DSCEN N61/63 Mission de la *Coquille* aux Gambier du 2 au 10/07/1966, 1966, p. 2.

²¹ SGDSN, Conseil de Défense du 16 juillet 1964, PV, Pompidou, p. 8, cité par Renaud Meltz, « Associer et dissimuler. Les essais nucléaires en Polynésie française, un "deuxième contact" entre secret et mensonge ». *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, n° 70-3(3), p. 103.

ces derniers qui prévalent. Il s'agit alors pour le système de surveillance d'encadrer au mieux les mesures et leur communication, participant au processus de dissimulation. Les agents du SMBC en ont conscience : son chef, le Médecin colonel Aeberhardt, qui a d'ailleurs contribué à fixer les seuils d'exposition pour les campagnes du CEP²², conclut quant à la réoccupation des atolls du groupe Acteon : « Le Directeur des Centres d'Expérimentations Nucléaires a conseillé au Gouverneur de la Polynésie Française d'interdire l'accès du groupe des Actéons aux Populations jusqu'à la fin août 1967. Cette sécurité inspirée des premières conclusions SMSR et SMCB pourrait éventuellement être levée si, mettant en "balance" le coût du contentieux et le risque de contamination, le premier facteur prévalait²³ ».

IV) Une surveillance qui dépasse les enjeux sanitaires

Cet objectif de contrôle de la radioactivité dans l'eau, qui est au cœur du dispositif de surveillance et qui contribue rapidement aux discours politiques sur les risques sanitaires, n'est cependant pas le seul qui sous-tende les activités de surveillance. Les archives de la DSCEN montrent ainsi que l'appareil d'observation a d'autres finalités.

La première concerne le suivi environnemental des essais au sens large. Comme pour l'élaboration du protocole de suivi de la radioactivité, les médecins et les physiciens du CEA et des armées ne disposent guère des compétences nécessaires. Ils se reposent donc sur l'expertise des biologistes civils de l'ORSTOM et du Museum d'histoire naturelle, bientôt rejoints par d'autres institutions au gré des mobilités académiques et de la création de nouvelles structures, comme le CRIOBE (EPHE/Université de Perpignan) en 1971. La réalisation d'un point 0 environnemental (les trois missions préalables au premier essai) confronté à des analyses avant et après les campagnes subséquentes, permet ainsi aux chercheurs d'évaluer l'impact des essais sur d'autres plans que celui des seuls radionucléides, notamment sur l'état des milieux et des populations. C'est donc surtout l'effet physique des détonations (chaleur et effet de souffle) sur le peuplement des îles et atolls qui font l'objet de travaux, au cours desquels des plongeurs démineurs les accompagnent pour garantir leur sécurité et assurer de leur côté le prélèvement d'échantillons destinés au SMCB et au SMSR. Une partie des rapports, accessibles sur le site *Mémoire des Hommes*²⁴, révèlent le contenu de ces missions, qui se concentrent effectivement sur les dynamiques des organismes. Ainsi en 1967 : « À 400 mètres [...] du point zéro, la destruction est presque totale. Les colonies d'*Acropora* ont été entièrement détruites et ne repoussent même pas. Les *Pinctada maculata* sont détruites à 100%. Les *Halodeima atra* ont disparu à 100% également. *Chama imbricata* et *Arca ventricosa*, espèces plus résistantes, comptent quelques rares survivants²⁵ ».

Sous contrat individuel signé avec leur institut de tutelle, les scientifiques profitent de cette collaboration pour mener leurs propres recherches. Les publications académiques qui en découlent sont nombreuses, notamment sur les environnements avant détonation. Après les campagnes, au sujet d'environnements ayant été endommagés par les essais, les possibilités de publication sont plus réduites, mais demeurent possibles pour peu qu'elles ne contiennent pas de données confidentielles²⁶. Les avantages matériels sont nombreux, et offrent des

²² *Ibid.*, p. 106.

²³ DGA/DSCEN, N2/63, *Bilan de la contamination radiobiologique des chaînes nutritionnelles. Groupe ACTEONS – Maria*, 1966, p. 14

²⁴ <https://www.memoiredeshommes.sga.defense.gouv.fr>

²⁵ DGA/DSCEN, NC, B. Salvat, *Malacologie. Étude biologique du site de Fangataufa, Museum IV*, 1967, p. 10.

²⁶ Entretien avec B., biologiste du Museum d'Histoire Naturelle, septembre 2023.

perspectives scientifiques et de carrière non négligeables. Bernard Salvat entend ainsi devancer un collègue américain spécialiste de la faune malacologique pour publier des travaux sur les environnements lagunaires polynésiens²⁷. Réservées au SMCB ou diffusées dans les milieux académiques, les analyses environnementales contribuent ainsi à la connaissance et à la surveillance du milieu hydrique.

À ce titre, ces études peuvent révéler d'autres formes d'impacts de la nucléarisation du territoire, compris comme l'influence du nucléaire sur un espace, sur des politiques, sur des représentations au-delà de la seule présence effective de radionucléides²⁸. C'est ce que révèle notamment un rapport de Michel Denizot, maître de conférences à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier) après une mission d'un mois et demi en 1971. À Moruroa, le biologiste relève ainsi plusieurs formes de transformations de l'environnement lagunaire liées, non à l'explosion d'engins nucléaires, mais à l'anthropisation des milieux qu'a générée l'installation du CEP. À Moruroa, ainsi, le chercheur note l'abondance d'épaves qui peut limiter le recouvrement des algues ou encore phénomène de blanchiment de corail attribué à la présence de fils de cuivre (dissolution de sels de cuivre toxiques)²⁹. Par ailleurs, des scientifiques de l'Armée, mais plus encore du CEA, participent ou lancent des études sur des milieux aquatiques qui n'ont rien à voir avec la radioactivité. Cette activité prend de l'importance après la période des essais aériens, si bien que ce constat dépasse le cadre chronologique de cette étude, mais il mérite d'être évoqué. En 1981, ainsi, le LESE contribue à une étude sur la pollution des milieux lagunaires en métaux lourds, précisant que « les recherches présentées s'intègrent dans le cadre des activités [du SMCB et du Département de Protection du CEA] en ce qui concerne la connaissance et le contrôle de l'environnement liés aux programmes de collaboration avec le Territoire de la Polynésie française³⁰ ». En 1985, le CEA participe ou dirige 14 projets sur les milieux aquatiques dépourvus de considération radiologique³¹.

À l'autre bout du spectre, et sans que des archives officielles le confirment, le contrôle des milieux aquatiques sert également de prétexte à une autre forme de surveillance : des échanges d'anciens marins sur un forum dédié évoquent le fait que la *Coquille* servait également à des actions de contrôle des activités humaines de nations étrangères, notamment de navires de pêche qui opéraient à proximité relative des sites d'essais.

V) Conclusion

Les premiers résultats de cette recherche éclairent ainsi partiellement les questionnements à l'origine du projet CHLORE. Ils révèlent les modalités de création et de fonctionnement du système de surveillance des radiations dans le milieu aquatique en montrant que dès 1964, cet aspect avait été pensé par la DirCEN. Cette dernière a pu mobiliser les compétences techniques et médicales en interne (en créant notamment le SMSR et le SMCB) et s'est ajointe le concours de spécialistes civiles, académiques, des milieux tropicaux. En dépit des tâtonnements et des dysfonctionnements, la structure s'est pérennisée sans changements

²⁷ DGA/DSCEN, NC, B. Salvat, *Rapport et compte-rendu de mission*, 1967, p. 4.

²⁸ G. Hecht, *Being nuclear. Africans and the Global Uranium Trade*, MIT Press, Cambridge, 2012, p. 15-16.

²⁹ DGA/DSCEN, M. Denizot, *Compte-rendu de mission en Polynésie pour le compte du SMCB*, 1971, p. 4.

³⁰ DGA/DSCEN, N51/53, F. Secchi, A. Fraissier, *Teneurs en métaux lourds (Fe, Cu, Cd, Pb) d'environnements lagunaires en Polynésie Française*, CEA, 1981.

³¹ CEA, rapport BCA6SAA-40 (10), E. Feinermann, *Les activités non-nucléaires du CEA en Polynésie française, dans le Pacifique sud et nord-est*, 1985.

majeurs jusqu'à la fin des essais aériens, voire au-delà, dans une moindre ampleur. L'étude de ces modalités de suivi révèlent aussi la rapidité avec laquelle les objectifs scientifiques ont été mêlés aux enjeux politiques et comment les travaux du SMSR et du SMBC ont été mobilisés pour appuyer le discours officiel sur l'innocuité des essais, en particulier après le raté du premier tir en juillet 1966. Les sources révèlent enfin que le réseau technique et scientifique permet aussi d'autres formes de suivi que celui de la radioactivité, qu'ils soient directement liés aux conséquences environnementales des essais (effets physiques de la détonation) ou qu'il dépasse ce cadre en s'intéressant aux effets de l'anthropisation des milieux. Les scientifiques de l'ORSTOM et surtout du Museum mobilisés pour ces recherches en profitent parallèlement pour faire progresser la connaissance générale sur les écosystèmes du Pacifique sud et, de manière générale, bénéficient du soutien logistique des Armées pour mener des travaux sur d'autres terrains. Au-delà de cet aperçu, les perspectives de recherche restent nombreuses pour parvenir à une vue synoptique du système de surveillance des essais et de l'articulation entre les travaux scientifiques et techniques d'une part, les discours et contre-discours sur la sécurité nucléaire d'autre part.

Deux difficultés qui, conjuguées, représentent un écueil majeur de cette recherche, restent à résoudre. Le premier concerne l'évolution du schéma d'acteurs impliqués dans ce contrôle sur la longue durée : nous l'avons dit, l'analyse des retombées et plus généralement, le suivi environnemental est marqué par des collaborations multiples au sein du CEP et avec des acteurs tiers, contractualisés pour l'occasion. Cependant, la structure complexe du CEP conjuguée au secret qui entoure les essais génère aussi des cloisonnements et une dispersion des sources, notamment entre le CEA et la DirCEN, d'autant que les structures elles-mêmes évoluent au gré des reconfigurations internes aux Armées ou au CEA, ou entre les différentes étapes de ces trente ans d'essais. La dimension diachronique est aussi sensible dans les éléments mesurés eux-mêmes, générant une tension entre une analyse des risques qui se doit d'être rapide et des substances radioactives dont l'impact environnemental et sanitaire ne peut s'observer que sur le temps long. Cette longévité semble incompatible avec la temporalité des évaluations post-détonations, en dépit d'indices qui montrent que l'enjeu est bien dans les esprits du SMCB : « l'étude de la métabolisation de ces radioéléments par la flore et la faune terrestre et marine sera poursuivie et la recherche des produits à vie longue (Sr 90, Cs 137) se fera sur les années à venir³² ». Enfin, il reste à évaluer la perméabilité entre ces analyses encadrées par le CEP et d'autres sources d'expertises, comme les missions indépendantes Tazieff (juin 1982) puis Cousteau (juin 1987) et leur diffusion dans les discours et contre-discours sur le risque nucléaire.

Conjuguée à cette complexité et cette fluidité du schéma d'acteurs, l'accès aux archives constitue un enjeu essentiel à la poursuite de l'étude. Outre la dispersion des sources, leur caractère confidentiel empêche un accès aisé et automatique. Les processus de déclassification après 2021 ont contribué à ouvrir beaucoup plus largement les archives des Archives diplomatiques du Ministère des affaires étrangères, ainsi que celles du Service historique de la Défense (pour lequel le processus de dérogation demeure toutefois très lent), mais les lieux de conservation des documents des services mixtes, du Service de Santé des Armées et du LESE, essentiels pour cette étude, demeurent relativement fermés : sans refuser la communication la DGA/DSCEN argue d'une infrastructure mal adaptée à l'accueil des

³² DGA/DSCEN, N44/63, *Rapport préliminaire concernant les résultats obtenus par le BRO « La Coquille » pendant la première demi-campagne, 1966*, p. 13.

chercheurs, quand le CEA fait montre d'une obstruction parfois flagrante, distillant quelques dizaines de rapports sans d'ailleurs mettre d'instrument de recherche à disposition. Un exemple illustre ces difficultés : la trajectoire des archives du LESE à Tahiti, dépendant de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) du CEA est inconnue. Il est impossible de savoir si le successeur de l'IPSN (l'IRSN, créé en 2001), a pu les conserver, en totalité ou en partie, ou si, plus vraisemblablement, elles ont été rapatriées dans l'Hexagone au moment du changement de tutelle du laboratoire. La culture du secret nucléaire demeure intacte.

Statistiques annuelles des prélèvements et des consommations d'eau des centrales nucléaires en France

Ilyas HANINE

ex-Responsable des études de la Société française d'énergie nucléaire

Résumé : Cet article est issu de travaux menés au sein de la Société française d'énergie nucléaire sur la base des déclarations de prélèvements et de consommations d'eau mensuelles des centrales nucléaires au pas annuel. Ces données sont croisées avec celles de débit des stations hydrométriques les plus proches afin de calculer un indicateur d'empreinte des installations, c'est-à-dire le pourcentage que représente leur consommation d'eau par rapport au débit du cours d'eau. Les résultats présentés ici portent sur les années 2022 et 2023 (et pour partie 2021). Au niveau national, 30 réacteurs sur 54 fonctionnent avec des aéroréfrigérants (circuit fermé) et consomment ainsi de l'eau douce par évaporation, de l'ordre de 1 m³/s par CNPE en moyenne annuelle tous paliers confondus. Les variations de consommation suivent les variations de production d'électricité des réacteurs, avec une nette corrélation de l'ordre de 2 m³ d'eau consommée/MWh d'électricité produite. En termes d'empreintes, à l'échelle annuelle, sur l'ensemble des bassins versants, la moyenne du débit de consommation de l'eau représente 1 % du débit du milieu duquel est prélevé cette eau consommée. La consommation des autres réacteurs (circuit ouvert) est nulle au premier ordre, hors phénomène d'évaporation forcée sur lequel nous revenons. Au total, 97 % de l'eau douce prélevée par les CNPE a été restituée au milieu d'origine. La part de l'eau consommée, évaporée par les tours de refroidissement, est de l'ordre de 300 à 400 millions de m³ d'eau, soit entre 7 et 12 % des consommations totales françaises d'eau douce.

Mots-clés : prélèvements d'eau ; consommation d'eau ; nucléaire ; environnement ; évaporation ; analyses statistiques

Abstract: This article is the result of work conducted by the Société française d'énergie nucléaire (French Nuclear Energy Society), based on declarations of monthly water withdrawals and consumptions by nuclear power plants on an annual basis. These data are cross-referenced with flow data from the nearest hydrometric stations to calculate a plant footprint indicator, i.e. the percentage of water consumption in relation to river flow. The results presented here cover the years 2022 and 2023 (and, partly, 2021). At national level, 30 of the 54 reactors operate with closed-circuit air coolers, consuming freshwater through evaporation - an annual average of around 1 m³/s per plant. Variations in consumption follow variations in reactor electricity production, with a clear correlation of around 2 m³ of water consumed/MWh of electricity produced. In terms of footprints, on an annual scale, over all the catchment areas, the average water consumption flow represents around 1% of the flow of the medium from which the water consumed is taken. Consumption by other reactors (open circuit) is zero to first order, excluding the phenomenon of forced evaporation which is subject of discussion in the article. In all, 97% of the fresh water withdrawn by the nuclear power plants was returned to the original environment. The proportion of water consumed that is evaporated by cooling towers is in the order of 300 to 400 million m³ of water, or between 7 and 12% of total French freshwater consumption.

Keywords: water consumption; water withdrawal; nuclear; environment; evaporation; statistical analysis

1) Introduction

Pour produire de l'électricité, les réacteurs nucléaires nécessitent d'être refroidis via des prélèvements d'eau assurés depuis l'environnement voisin de la centrale (mer, cours d'eau : fleuves et rivières). Ces prélèvements sont encadrés par des textes juridiques et font l'objet de contrôles stricts, notamment pour les centrales situées en bord de cours d'eau. L'eau douce prélevée est globalement restituée en quasi-totalité (97 % pour la moyenne de l'ensemble du parc électronucléaire français) à l'environnement. La différence, ou prélèvement net, ou

encore consommation, concerne la portion d'eau évaporée dans les aéroréfrigérants, qui équipent certains réacteurs en bord de cours d'eau. Elle est comptabilisée dans les consommations d'eau douce nationales.

D'emblée, nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que cette synthèse se base sur des données brutes de prélèvements et de consommations d'eau des centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) ne pouvant être directement comparées entre elles sans une analyse approfondie des conditions d'exploitation des sites. En effet, les volumes mensuels comme annuels peuvent varier en fonction de la production réelle d'un site, des événements d'exploitation, des maintenances ou travaux programmés ou encore des conditions environnementales, lesquelles varient entre les bassins versants et au sein même de ceux-là. La bonne compréhension des données nécessite une analyse multifactorielle de l'ensemble de ces paramètres pour les 18 CNPE du parc EDF. Par ailleurs, les prélèvements pour le refroidissement des CNPE sont suivis depuis leur mise en service et permettent de détecter toute anomalie. Ces précautions prises, nous pouvons maintenant exposer les éléments qui motivent ce travail.

L'eau est un élément essentiel à l'équilibre des écosystèmes. Son utilisation est aussi indispensable à la pérennité des sociétés humaines que ce soit pour la consommation directe d'eau potable, l'agriculture, les activités manufacturières et la production d'électricité. Quand on en vient à parler d'eau consommée à des fins de production d'énergie, électrique en l'espèce, il vaut mieux éviter de raisonner *in abstracto* et bien se rapporter aux services rendus par l'électricité, éventuellement pondérés de leur distribution d'accès plus ou moins équitable dans la population. Cette mise en balance se réduit difficilement à une pratique économiciste qui réduirait la décision à un calcul formel mené à son terme final. Bien plutôt, ce qu'il faut en la matière, c'est la constitution d'un Public au sens plein que lui donne J. Dewey dans *Le public et ses problèmes*, un ensemble d'individus affectés ensemble par un certain nombre d'effets générés par une activité tierce – les économistes parleront d'externalités donnant par là la prime aux phénomènes des phénomènes sanctionnés par les institutions économiques. C'est à la constitution d'un Public sur ce qu'il faut bien reconnaître pragmatiquement¹ comme « un problème » – à savoir l'usage de l'eau par les centrales nucléaires – mais aussi, là encore il faut le reconnaître, à une mise en sens² de ce matériau brut que sont les données de prélèvements et consommations d'eau des centrales, que ce travail de synthèse entend apporter une modeste contribution. En bref, afin de nourrir et éclairer les questions en jeu sous un certain jour, afin aussi d'ouvrir la discussion à des approches critiques, plus fines dans l'analyse.

L'objet officiel de la Société française d'énergie nucléaire (Sfen) est de « permettre aux esprits curieux de partager de nouvelles idées sur l'énergie nucléaire » en partageant un contenu reconnu solide techniquement et scientifiquement dans la perspective de porter sous un jour favorable l'énergie nucléaire dans l'espace public. L'été particulièrement chaud et sec de l'été 2022³, ayant conduit à des modulations de puissance exceptionnelles sur le parc français, était pour la Sfen une invitation quasi-obligatoire à s'exprimer sur le sujet en versant à un débat déjà très agité des éléments factuels, nus, permettant au moins d'ancrer la discussion sur une terre commune. 2022 a notamment été marquée par la publication en avril d'un « Plan

¹Simplement en constatant que le sujet existe de façon récurrente et est porté par de multiples acteurs.

²Via la notion d'empreinte notamment.

³Météo France « Changement climatique : l'été 2022 et ses extrêmes météorologiques pourraient être la norme après 2050 » 30/08/2022.

d'action pour une gestion résiliente et concertée de l'eau », baptisé « Plan Eau ». Ce plan engage l'ensemble des acteurs privés et publics concernés pour organiser une sobriété d'usage, optimiser la disponibilité de la ressource, et préserver la qualité de l'eau et les écosystèmes associés⁴.

La question de la consommation d'eau des réacteurs nucléaires a pris au printemps 2023 une place particulièrement importante dans le débat public avec deux angles distincts : l'enjeu national de l'adaptation et de la résilience de notre système électrique au changement climatique, et celui, local, de la répartition de l'eau entre les différents usagers. Or, de vives discussions ont jalonné la mise à jour de la série de données sur l'estimation de la consommation d'eau douce en France en mars 2023. Au-delà des sphères expertes, un accès facile et rapide à une base de données fine et construite sur des sources consolidées et publiques n'était clairement pas assuré. Ici réside donc le premier objectif pratique de ce travail. Il s'agit en outre de clarifier les différentes notions qui peuvent prêter à confusion, comme la distinction entre prélèvement et consommation ou celle entre circuit ouvert et circuit fermé. Cette étude permet aussi de visualiser la consommation d'eau des centrales nucléaires, à la bonne maille, qui est la maille locale. C'est en effet au niveau des bassins versants que se posent les questions d'impact sur les écosystèmes ainsi que celles de la répartition de l'eau entre les différents usages.

L'année écoulée marque un contexte où les conditions d'exploitation des centrales en France ont été beaucoup moins contraintes que lors de la période 2021-2023. Les conditions hydrologiques en débit ont été majoritairement supérieures à la normale cet été, à l'exception du pourtour méditerranéen et de la Bretagne. Elles ont permis un fonctionnement des réacteurs⁵ dans le cadre de leur réglementation, le CNPE de Golfech ayant dû toutefois fonctionner les 2 et 3 août dans le cadre des prescriptions en conditions climatiques dites « exceptionnelles » (avec requis RTE) de son arrêté réglementaire. La Loire, le Rhône et leurs affluents ont présenté des débits proches des normales de saison⁶ (DREAL).

Une vision des faits plus globale nous rappelle qu'aussi bien au temps court, qu'au temps long, l'eau est un sujet majeur. Au temps court, une hausse des températures mondiales à +1,5 °C par rapport à l'ère préindustrielle (1850-1900) est d'ores et déjà une réalité comme l'illustrent les moyennes sur la période juillet 2023-juin 2024. Au niveau national, l'été 2024 est à +1,8°C par rapport aux étés des années 70. Comme l'établit le 6^{ème} rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le réchauffement de l'atmosphère impacte négativement aussi bien la thermie que le débit des cours d'eau. Au temps long, selon le BRGM⁷, en France, un été sur trois entre 2020 et 2050 connaîtra une sécheresse comparable à celle de 2003, la plus forte jamais enregistrée, puis un été sur deux entre 2050 et 2080, et deux années sur trois entre 2080 et 2100⁸.

Nous l'avons évoqué plus haut, les enjeux afférents au fonctionnement des centrales nucléaires en France sous changement climatique sont de deux ordres, national et local. Au

⁴www.ecologie.gouv.fr/plan-action-gestion-resiliente-etconcertee-eau.

⁵EauFrance, bulletins nationaux de situation hydrologique de mai-août 2024.

⁶DREAL Pays de la Loire et Auvergne-Rhône-Alpes : bulletins de situation hydrologique.

⁷BRGM, Étude de la CCR et de Météo France 2018 citée par Cour des comptes « Sols argileux et catastrophes naturelles » (février 2022).

⁸Sénat, « Pour une approche systémique de l'adaptation des centrales nucléaires au changement climatique » (Rapport d'information du 21 mars 2023).

niveau national, ils portent sur l'adaptation et la résilience de ces infrastructures essentielles pour la sécurité d'approvisionnement du réseau électrique. EDF mène depuis plusieurs années déjà un plan d'adaptation de son parc afin d'anticiper les effets du changement climatique sur la sécurité des installations et la production d'électricité. Le sujet est d'autant plus complexe que les projections d'hydrologie pour la plaque d'Europe centrale et de l'Ouest recensées dans la littérature académique par le GIEC présentent un niveau de confiance moyen⁹. L'ASN a confirmé en audition qu'il existe « peu d'études fiables sur l'évolution du débit des cours d'eau sur plusieurs décennies ».

Au niveau local, les enjeux portent sur la répartition de l'eau entre les différents usages. Au niveau prospectif, des études existent ou sont à venir. Citons par exemple une étude diagnostique des prélèvements nets pour l'ensemble des activités anthropiques sur le bassin du Rhône, commanditée par l'Agence de l'eau du bassin. L'étude mettait notamment en perspective les besoins des CNPE du Rhône relativement aux autres activités : de l'ordre de 2,5 % de la consommation d'eau à l'échelle annuelle. En termes de gouvernance, chaque bassin dispose d'une agence de l'eau, établissement public qui agit pour concilier dans le bassin la gestion de l'eau avec le développement économique et le respect de l'environnement, et qui est le principal organe de financement de la politique de l'eau. Il existe un comité par bassin, assimilable à un parlement local de l'eau. Ce comité arrête les grandes orientations dans le cadre des politiques nationales et européennes de l'eau. Il est composé d'une représentation large de toutes les catégories d'acteurs de l'eau : élus des collectivités, représentants de l'État et bien sûr des représentants des usagers de l'eau (industriels, agriculteurs, associations de défense de l'environnement, de pêche, de consommateurs...). Les producteurs d'électricité hydraulique et nucléaire sont représentés en comité de bassin dans le collège des usagers économiques via l'Union française de l'électricité. Des procédures de consultation du public sont aussi organisées.

Du point de vue de l'industriel, s'ajoute la variable économique en lien avec le futur mix énergétique (dont la croissance des ENR, des interconnexions transfrontalières et des moyens de stockage d'électricité). En tout état de cause, les solutions adoptées pour le nucléaire seront le résultat d'arbitrages locaux concertés avec les parties prenantes et tenant compte des trajectoires hydrologiques « site par site ». En ce qui concerne le « nouveau nucléaire », la question de l'adaptation est prise en compte dès la phase de conception. On notera que les deux premières paires d'EPR2 doivent être construites en bord de mer, et n'auront donc pas d'impact sur la consommation d'eau douce.

Toutes choses égales par ailleurs, un circuit ouvert consomme bien moins d'eau qu'un circuit fermé (même en tenant compte du phénomène d'évaporation forcée sur lequel nous reviendrons plus avant infra). Il prélève beaucoup plus d'eau dans l'environnement et engendre une élévation de température plus importante entre l'amont et l'aval. A contrario, il ne rejette pas de produits chimiques pour lutter contre l'entartrage et le développement bactériologique dans les tours aéroréfrigérantes des circuits fermés. Ces seuls éléments suffisent pour conclure que la décision du mode refroidissement n'est pas systématique : cette décision est multifactorielle et en particulier propre à chaque installation et au bassin versant attenant.

⁹IPCC, sixth assessment report, Working Group I – The Physical Science Basis, Regional fact sheet – Europe.

II) Remarques méthodologiques

Deux sources d'information ont servi à établir les résultats présentés dans cet article : d'une part des données exploitant ; d'autre part des données hydrométriques issues du service public de l'eau en France.

Tableau récapitulatif des sources de données des indicateurs présents dans le rapport	
Prélèvement mensuel	Volumes issus des rapports environnementaux. Source : EDF
Consommation mensuelle	Volumes issus des rapports environnementaux ou, à défaut, par soustraction des données de prélèvements avec les données de restitution. Source : EDF
Débit cours d'eau	Moyenne mensuelle des débits instantanés mesurés à la station hydrométrique la plus proche du CNPE. Les stations sont figurées sur la carte. Source : Eaufrance
Production d'électricité	Source : EDF ou base de données AIEA (PRIS)
Par CNPE, débit fictif de prélèvement, de consommation, et de restitution	Prélèvement, consommation, et restitution mensuels rapportés aux nombres de secondes dans le mois.
Empreinte	Débit de consommation du CNPE rapporté au débit du cours d'eau
Coefficient de consommation	Rapport entre la consommation mensuelle d'eau du CNPE et ses prélèvements mensuels

Les données CNPE (prélèvements, production d'électricité, etc.) proviennent essentiellement des rapports environnementaux annuels relatifs aux installations nucléaires (au titre de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012). Ces rapports sont fournis sur les sites internet des centrales hébergés sur le site institutionnel d'EDF. Les données de production proviennent d'EDF. La base de données PRIS de l'AIEA sert à compléter les données manquantes le cas échéant.

Les données de débit des cours d'eau sont tirées de la base de données hydrométriques¹⁰. Les stations sont précisées pour chaque CNPE. Les stations hydrométriques ont été choisies en accord avec la réglementation¹¹ ou à défaut de données (par exemple sur Ternay pour Saint Alban), la station en amont la plus proche.

Les débits des cours d'eau sont moyennés au pas mensuel, avec toutes les limites que cela pose, notamment pour les études des écosystèmes pour lesquelles on utilise des débits journaliers. En outre, pour certains CNPE, la station peut se trouver très en amont ou en aval du lieu de prélèvement. La résolution spatiale est également un facteur limitant dans ce cas. La Sfen s'est assurée de disposer de la meilleure mesure possible et de se conformer, le cas échéant, à la réglementation pour la définition des stations hydrométriques.

¹⁰www.hydro.eaufrance.fr/rechercher/entites-hydrometriques.

¹¹(BRLi, 2023c) mission 3, p. 67, note de bas de page n°3.

On ne tient compte que des restitutions liées aux eaux de refroidissement (>99 % des restitutions). Pour l'eau consommée, on néglige les consommations des postes d'eau à usage industriel et à usage domestique (< 1 % des consommations). Les prélèvements en nappe, liés à l'approvisionnement en eau potable ou les puits d'appoint ultime, ne représentent qu'une part infime du bilan en eau¹². Pour cette raison, et parce que le périmètre retenu reste celui des prélèvements et consommations liés au refroidissement des CNPE, les bilans des prélèvements en nappe ne sont pas restitués ici. Les données sont consultables dans les rapports environnementaux des CNPE.

L'eau consommée correspond à la différence entre eau prélevée et eau restituée. Par « restituée », il faut comprendre une proximité spatiale et temporelle entre le lieu et l'instant de prélèvement de l'eau depuis le milieu, et le lieu et l'instant de restitution de l'eau à son milieu d'origine. Autrement dit, on prélève et on restitue au même milieu, immédiatement après que l'eau est passée dans le circuit de refroidissement. L'eau consommée est extraite définitivement du milieu vers l'atmosphère via les tours aéroréfrigérantes. On peut parler aussi de prélèvements nets à la place de consommation. En particulier, l'eau consommée à l'aval des CNPE en circuit ouvert liée au phénomène d'évaporation forcée n'est pas prise en compte dans les statistiques officielles et, à ce titre, les données disponibles dans la littérature ne sont pas retenues ici.

Pour la définition de l'empreinte de chaque CNPE, nous nous basons sur la définition donnée dans l'« étude Rhône »¹³ soit le rapport en pourcentage « *de l'ensemble des influences anthropiques situées en amont du point considéré sur le débit naturel moyen sur une période donnée au droit du point considéré. Cette empreinte représente la part de la ressource mobilisée et traduit le niveau de pression qu'ils exercent sur le fleuve* ». Ici l'influence anthropique étudiée est bien sûr pour l'essentiel le prélèvement et la restitution d'eau par l'installation. Le débit de référence correspond à la moyenne mensuelle.

Enfin, il faut remarquer qu'en France, il est inexact de parler de « débit naturel », en ne tenant pas compte de l'action de l'homme sur le milieu. En effet, les grands cours d'eau du territoire présentent des aménagements, qui visent par exemple pour les grands ouvrages, à lisser les effets des crues ou à assurer du soutien d'étiage (grands réservoirs comme Villerest sur la Loire). Les usages sur l'ensemble des cours d'eau sont soumis au code de l'environnement, et dans le respect du cadre imposé par cette réglementation des mesures de gestion sont prises au cas par cas en concertation entre les différents usagers, en fonction de leurs enjeux (alimentation en eau potable, etc...). En bref, le « grand cycle de l'eau » est modifié par les actions humaines pour limiter l'impact des crues et des étiages. Autant ces actions humaines ont un impact très limité sur les débits en période de crue, autant ils permettent le maintien d'un soutien d'étiage pour l'ensemble des usages de l'eau dont la production électronucléaire.

¹²Par exemple en 2023, le CNPE du Cruas a prélevé 161 milliers de m³ d'eau dans la nappe, à comparer au 425 Mm³ d'eau prélevés dans le Rhône pour le refroidissement.

¹³Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse « Etude de l'hydrologie du fleuve Rhône sous changement climatique », Mars 2023.

III) Synthèse des résultats

A) Bilan national

Le parc nucléaire actuellement en exploitation en France compte 56 réacteurs à eau sous pression (REP) sur 18 sites de centrales nucléaires aussi CNPE. Chaque site compte de 2 à 6 réacteurs, ou « tranche ». Les prélèvements d'eau sont réalisés en majeure partie pour assurer le refroidissement de l'eau du circuit secondaire. Par conception, ce refroidissement fonctionne soit en circuit ouvert, soit en circuit fermé.

En circuit ouvert, le système prélève l'eau dans l'environnement et lui fait parcourir l'intérieur des tubes d'un condenseur. L'eau s'échauffe au contact des tubes puis retourne en totalité directement au milieu aquatique, à une température plus élevée (passage unique). Un tel système a une consommation d'eau quasiment négligeable, mais l'énergie thermique extraite du condenseur est intégralement transférée au milieu aquatique, avec une augmentation de température de quelques degrés entre la prise d'eau et l'eau restituée. Cette élévation est à l'origine du phénomène d'évaporation forcée en aval du CNPE, générateur de consommations non comptabilisées dans les statistiques officielles (cf. encadré afférent ci-dessous). En France, 26 réacteurs fonctionnent en circuit ouvert : les 18 réacteurs construits en bord de mer¹⁴, et 8 des 14 réacteurs construits sur le Rhône (le fleuve français qui a le débit le plus élevé). Le tableau ci-dessous, tiré du rapport EDF « Centrales Nucléaires et Environnement » (2020), fournit les ordres de grandeur des débits de fonctionnement pour le refroidissement des différents réacteurs.

En circuit fermé¹⁵, l'eau prélevée dans un fleuve à débit plus faible ou dans une rivière, se réchauffe dans le condenseur puis est refroidie par un courant d'air dans une tour de refroidissement (dite aéroréfrigérante). Une partie de l'eau s'évapore dans l'atmosphère (panache de vapeur d'eau) et l'énergie thermique est cédée en quasi-totalité à l'atmosphère. L'autre partie retourne au condenseur, avec un appoint d'eau prélevée dans le milieu¹⁶. Les tours aéroréfrigérantes permettent à la fois de réduire la quantité d'eau prélevée et la température de l'eau restituée. Suivant le même intérêt didactique, on reprend ci-dessous le même tableau pour les circuits fermés.

Le choix entre circuit ouvert et circuit fermé est décidé lors de la construction sur la base de facteurs économiques (CAPEX d'un aéroréfrigérant par exemple), techniques et des facteurs hydroécologiques du milieu. Toutes choses égales par ailleurs, un circuit ouvert consomme bien moins d'eau qu'un circuit fermé, mais ses prélèvements sont plus importants et l'élévation de température entre l'amont et l'aval l'est également.

¹⁴Le CNPE du Bugey est inclus dans les centrales en bord de mer, même si sa réglementation thermique est alignée sur celle des fleuves.

¹⁵Certains experts préfèrent parler de circuit semi-fermé, appellation plus exacte.

¹⁶Le circuit fait aussi l'objet d'une purge continue par laquelle une faible partie de l'énergie thermique est transférée au cours d'eau.



Figure 1 : Carte géographique des réacteurs nucléaires en exploitation en France et des stations hydrométriques utilisées dans l'analyse (Sfen)

Les figures 2 et 3 dressent le bilan pour l'ensemble des CNPE en France en 2022 et 2023. Pour les prélèvements d'eau douce, le bilan pour 2021 se monte à 13 milliards de m³ d'eau prélevée dont 97 % sont restitués au cours d'eau – ce bilan inclut, rappelons-le, les réacteurs fonctionnant en circuit ouvert et ceux en circuit fermé. Environ 3% de l'eau prélevée a été consommée, soit 410 millions de m³ d'eau. Le ministère de l'Écologie a remis à jour en avril 2023¹⁷, à l'occasion de la publication du « Plan Eau », l'ensemble des données métropolitaines sur la disponibilité de la ressource en eau, les prélèvements et les consommations. Nous rappelons dans le paragraphe ci-dessous ces données les plus à jour disponibles.

La « ressource » en eau douce se trouve dans les eaux de surface (cours d'eau, lacs) et dans les nappes d'eau souterraines et représente un volume moyen de près de 208 milliards de m³, lequel se renouvelle année après année, grâce aux ressources apportées à la fois par les précipitations et par les fleuves et rivières arrivant des territoires voisins (moyenne 1990-2019). En moyenne, entre 2010 et 2019, l'eau prélevée en France métropolitaine est estimée

¹⁷www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lesprelevements-deau-douce-principaux-usages-en-2020-etevolution-depuis-25-ans-en-france.

à 27,6 milliards de m³, et le volume annuel d'eau consommée est estimé à 4,1 milliards de m³ (soit environ 15 % des 27,6 milliards de m³ d'eau prélevée, hors alimentation des canaux) qui représente 64 m³/habitant. L'agriculture est la première activité consommatrice d'eau avec 58 % du total, devant l'eau potable (26 %), le refroidissement des centrales électriques (12 %), et les usages industriels (4 %). Cette répartition est variable selon les bassins.

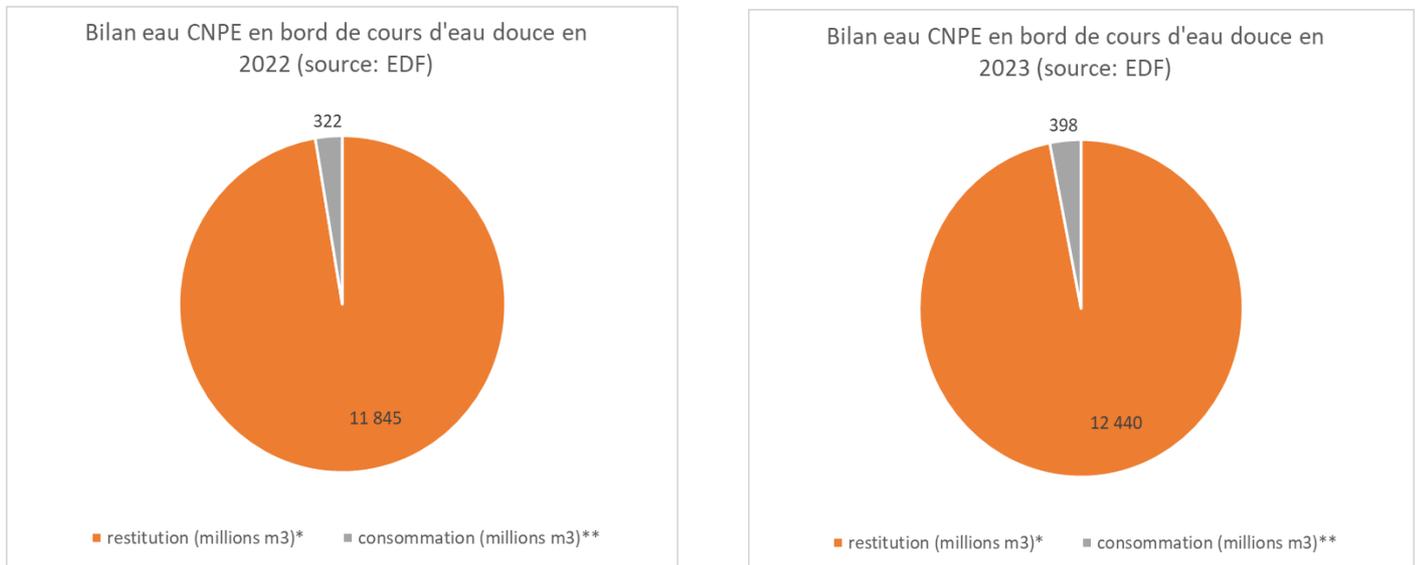


Figure 2 (à gauche) / Figure 3 (à droite) : Bilans annuels

En termes de bilan annuel, les volumes consommés et prélevés sont inférieurs aux normales pour l'année 2022, dû à une production électrique historiquement basse, et dans une moindre mesure pour l'année 2023 (figure 2 et 3 ci-dessus). Entre 12 et 13 milliards de m³ d'eau sont prélevés par les CNPE chaque année, dont environ 400 millions sont consommés. Les bilans relatifs donc restent identiques et cohérents avec les années précédentes : environ 3 % de l'eau douce prélevée est consommée par les CNPE en France.

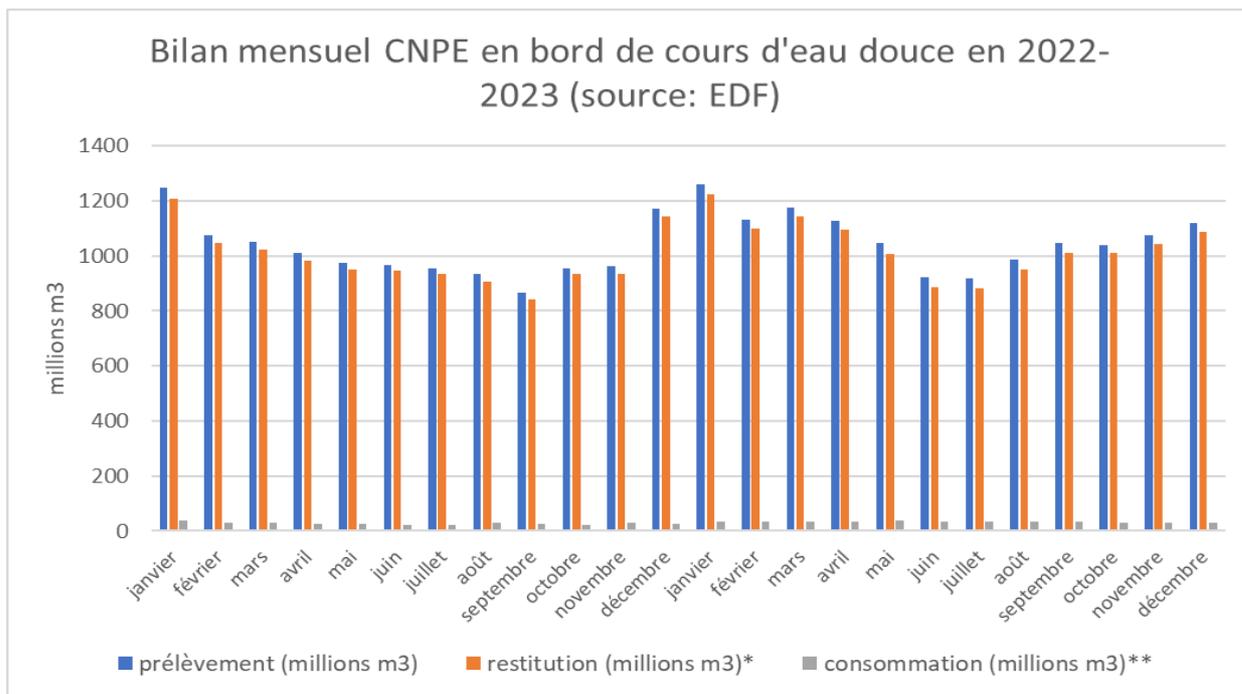


Figure 4 : Bilan mensuel 2022-2023

Au pas mensuel (figure 4), on observe bien une saisonnalité spécifique, là où le profil mensuel de l'année 2021 ne présentait pas de saisonnalité particulière¹⁸. Nous expliquons ceci par le profil de production singulier de cette année pour le parc français (cf. figure 5 ci-dessous) : un profil plat. Or, la modulation estivale du parc (période de moindre consommation qui est donc privilégiée pour les arrêts pour rechargement et maintenance) se matérialise par un creux de production en été – période durant laquelle la disponibilité de l'eau peut devenir critique – avec des baisses pouvant atteindre jusqu'à 40 % en 2022 entre hiver et été¹⁹. L'été 2022 a en effet été marqué par le cumul d'une modulation de charge prévue - maintenance estivale, Grand Carénage, et fortuite - incident générique de corrosions sous contraintes, et la situation caniculaire ayant conduit à des limitations de puissance de réacteurs.

¹⁸Sfen, « Combien d'eau consomment les centrales nucléaires ? – Observatoire par site », édition 2023 (p.19).

¹⁹EDF, Bilan du fonctionnement des centrales nucléaires du Blayais, de Saint Alban-Saint-Maurice, de Golfech, du Tricastin et du Bugey pendant la période estivale 2022.

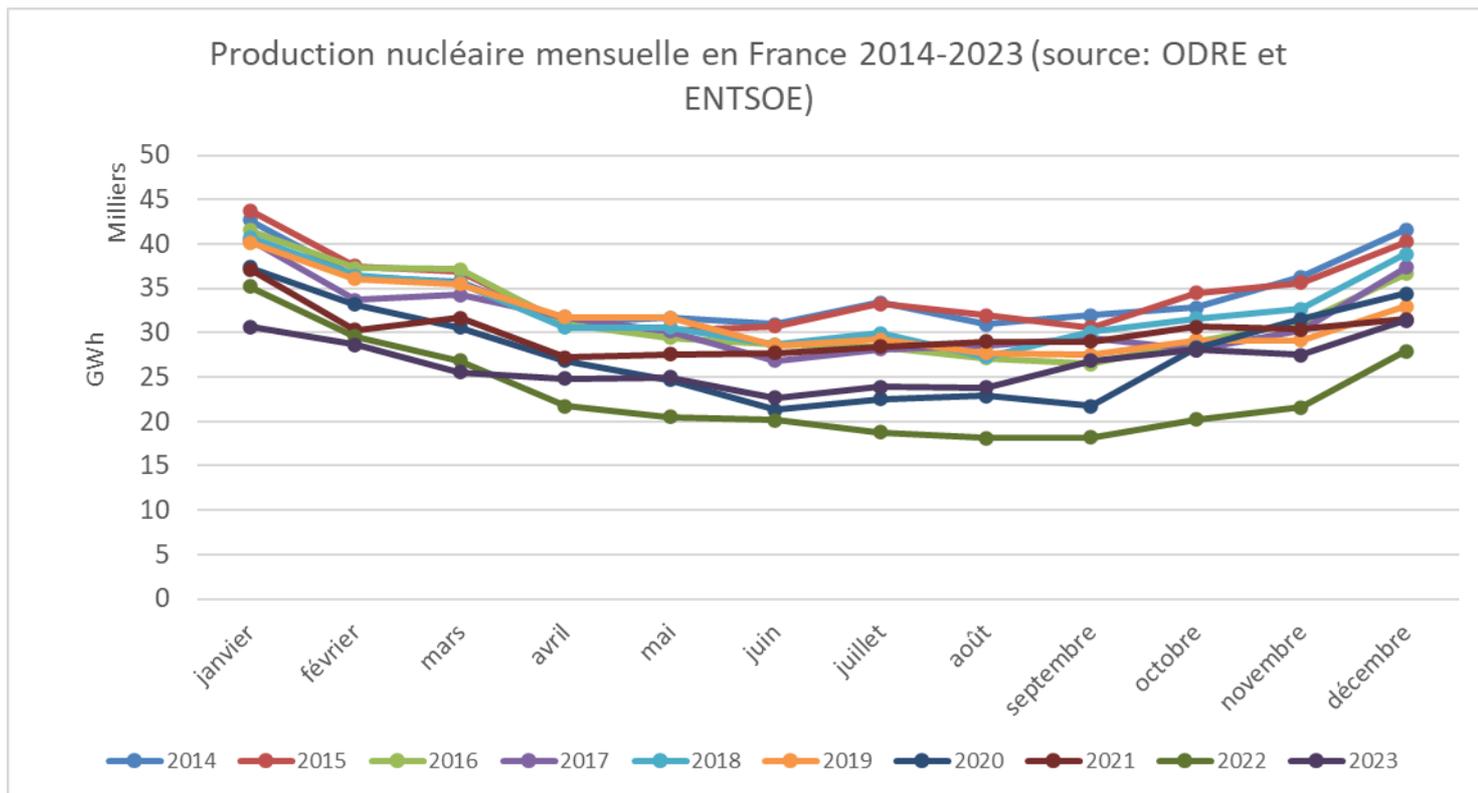


Figure 5 : production nucléaire mensuelle

B) Les installations du cycle

L'eau est également nécessaire pour les procédés des différentes usines Orano du cycle du combustible : la Hague, Tricastin et Malvési.

Le site Orano de La Hague est une installation industrielle dédiée au traitement et au recyclage des combustibles nucléaires usés provenant de réacteurs nucléaires. L'eau dite « brute » nécessaire à l'alimentation du site est principalement prélevée depuis le barrage des Moulinets. Les volumes prélevés dans le barrage sont soumis à des valeurs limites (comme pour les CNPE) au pas journalier (2000 m³) et annuel (650 000 m³). En 2022, les consommations liées à ces prélèvements étaient de 461 249 m³ d'eau ; en 2023, le bilan était de 307 109 m³.

Le site Tricastin d'Orano regroupe l'ensemble des activités de chimie, de conversion et d'enrichissement de l'uranium. La consommation en eau industrielle du site est de l'ordre de 1,2 Mm³ d'eau en 2022 (identique en 2023), prélevée depuis le canal de Donzère - Mondragon (comme le CNPE qui jouxte le site). Cette consommation représente un débit fictif annuel de 0,4 m³/s, à comparer aux débits de prélèvement du CNPE et du canal respectivement de 150 m³/s et de 1000 m³/s en moyenne annuelle. Il est à noter qu'en 8 ans, la consommation du site a baissé de 65 %, au crédit d'un suivi mensuel des flux et d'interventions réalisées sur les réseaux d'eaux au plus tôt (chasse aux fuites, réparations ...).

Située proche de Narbonne, l'usine de Malvési assure la conversion d'uranium naturel en

tétrafluorure d'uranium (UF4). Les procédés industriels mis en œuvre nécessitent notamment de l'eau pour le refroidissement des installations. L'essentiel de l'eau est prélevé depuis la nappe souterraine du jurassique. Depuis 2008, huit tours aéroréfrigérantes assurent le refroidissement en circuit fermé, ce qui réduit les consommations d'eau industrielle. En 2022, ces consommations se montent à 285 798 m³ d'eau, et 262 292 en 2023. À noter que cette baisse de la consommation est concomitante à une hausse de la production UF4 en 2023 : les économies sont le résultat de diverses actions, dont des actions fortes de réutilisation des eaux pluviales sur le site (45 000 m³ en 2023).

C) Circuits fermés

Pour l'ensemble des réacteurs fonctionnant en circuit fermé hors Bugey²⁰ (situés de fait en bord de cours d'eau en France), le bilan de l'eau prélevée se monte à 1,4 milliard de m³ sur l'année 2022, et 1,5 milliard sur l'année 2023 ; respectivement 82 % et 80 % de ces prélèvements sont restitués au milieu d'origine. La consommation des CNPE en circuit fermé est nettement corrélée à leur production. Dans la précédente édition, on faisait apparaître au pas mensuel cette corrélation (p. 21). Faute de données pour les années 2022-2023, on se contentera d'un bilan annuel (figure 6). Les résultats restent identiques, de l'ordre de 2 m³ d'eau sont consommés par MWh d'électricité produite. On notera en outre les moindres prélèvements rapportés au MWh sur l'année 2023 par rapport à l'année 2022, sans que l'on sache s'il s'agit d'une réalité du fonctionnement des réacteurs ou d'un artefact dans les données.

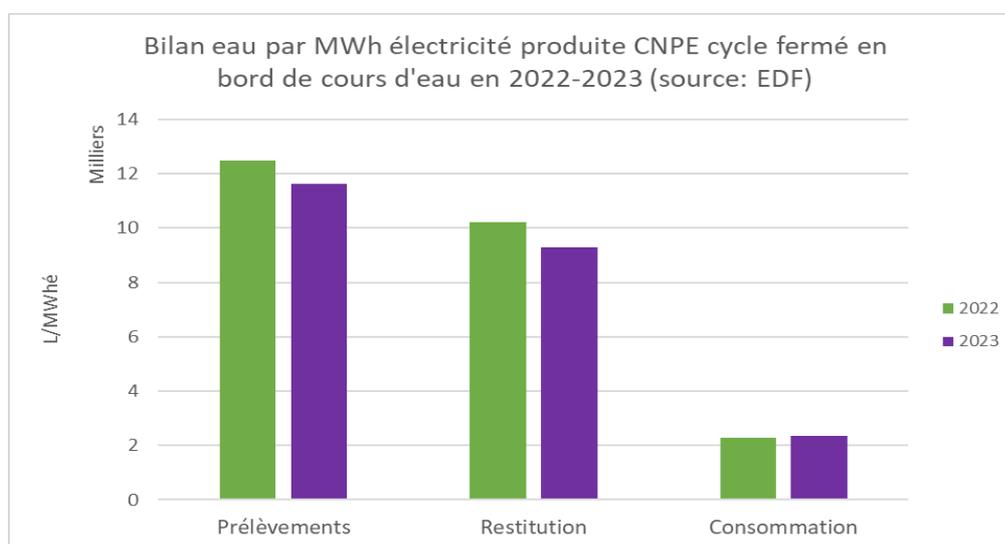


Figure 6 : Bilan par unité d'électricité produite

La consommation des CNPE en circuit fermé est nettement corrélée à leur production. Chaque point de la figure 7 ci-dessous correspond à un CNPE sur un mois de l'année 2021 (par exemple Nogent en 2021)²¹. Chaque point est situé sur le graphique suivant la production mensuelle

²⁰Le CNPE du Bugey compte deux réacteurs refroidis en circuit fermé, et deux réacteurs refroidis en circuit ouvert. Les bilans prélèvements et consommations pour certaines années ne permettent pas de distinguer entre les bilans en eau des différents réacteurs. Pour éviter une minoration de la consommation relative des CNPE du groupe « circuit fermé », la Sfen fait le choix de faire figurer le CNPE du Bugey dans la catégorie des circuits ouverts.

²¹Nous aurions pu faire le même exercice avec les données 2022 ou 2023, le résultat aurait été inchangé.

du CNPE (axe des abscisses) et la consommation d'eau mensuelle (axe des ordonnées). Visuellement, la corrélation est quasi-linéaire. Statistiquement, ce résultat est vérifié : le R2 de la simple régression linéaire, tracée en vert pointillé, est de 0,899. Un gradient de couleur dénote le pourcentage du débit du cours d'eau consommé. Le gradient de couleur est dominé par le bleu. Une deuxième représentation des données, centrée sur l'empreinte des CNPE, est donnée plus loin.

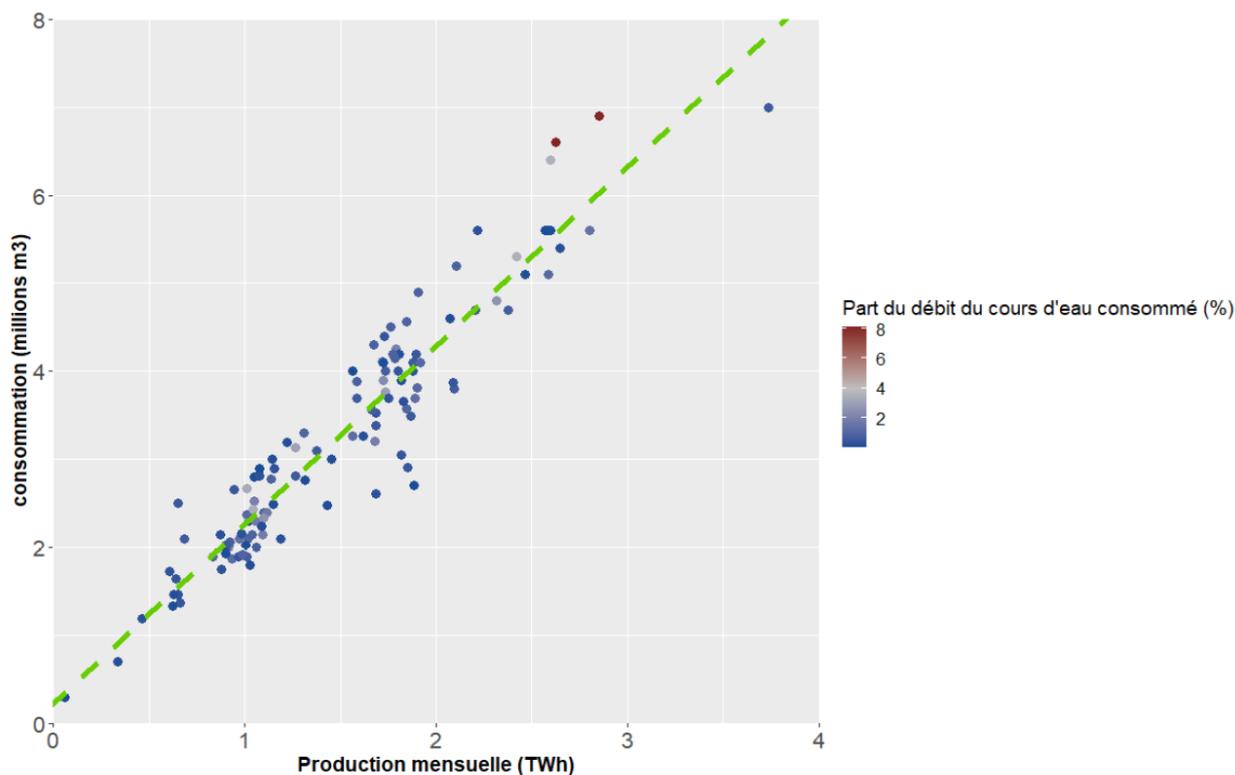


Figure 7 : consommation des CNPE en circuit fermé en fonction de la production mensuelle en 2021

Comme rappelé plus haut, l'indicateur issu de la littérature qui nous a semblé pertinent vis-à-vis de l'aspect local du sujet est celui d'empreinte au sens précis donné supra. Sur la figure 8, nous représentons l'empreinte mensuelle sur la période 2022-2023, par CNPE, par mois et par bassin versant. La figure a été construite en reportant pour un mois donné, l'empreinte d'un CNPE situé sur un des 5 bassins versants (Rhin-Meuse, Seine-Normandie, Loire-Bretagne, Adour-Garonne, Rhône-Méditerranée). A partir de ces données peut être construite une représentation statistique de type « boîtes à moustaches » (voir ci-dessous pour une indication de lecture). Ainsi, en avril l'empreinte moyenne du CNPE de Nogent sur la Seine (unique centrale du bassin Seine-Normandie) est d'environ 3 %, là où les empreintes moyenne et médiane pour l'ensemble des CNPE situés sur le bassin Loire-Bretagne (Civaux, Chinon, Dampierre, Belleville, Saint Laurent) ne dépassent pas 1 %.

Empreinte mensuelle des CNPE en circuit fermé en France sur la période 2022-2023 par bassin versant (sources: EDF, EauFrance)

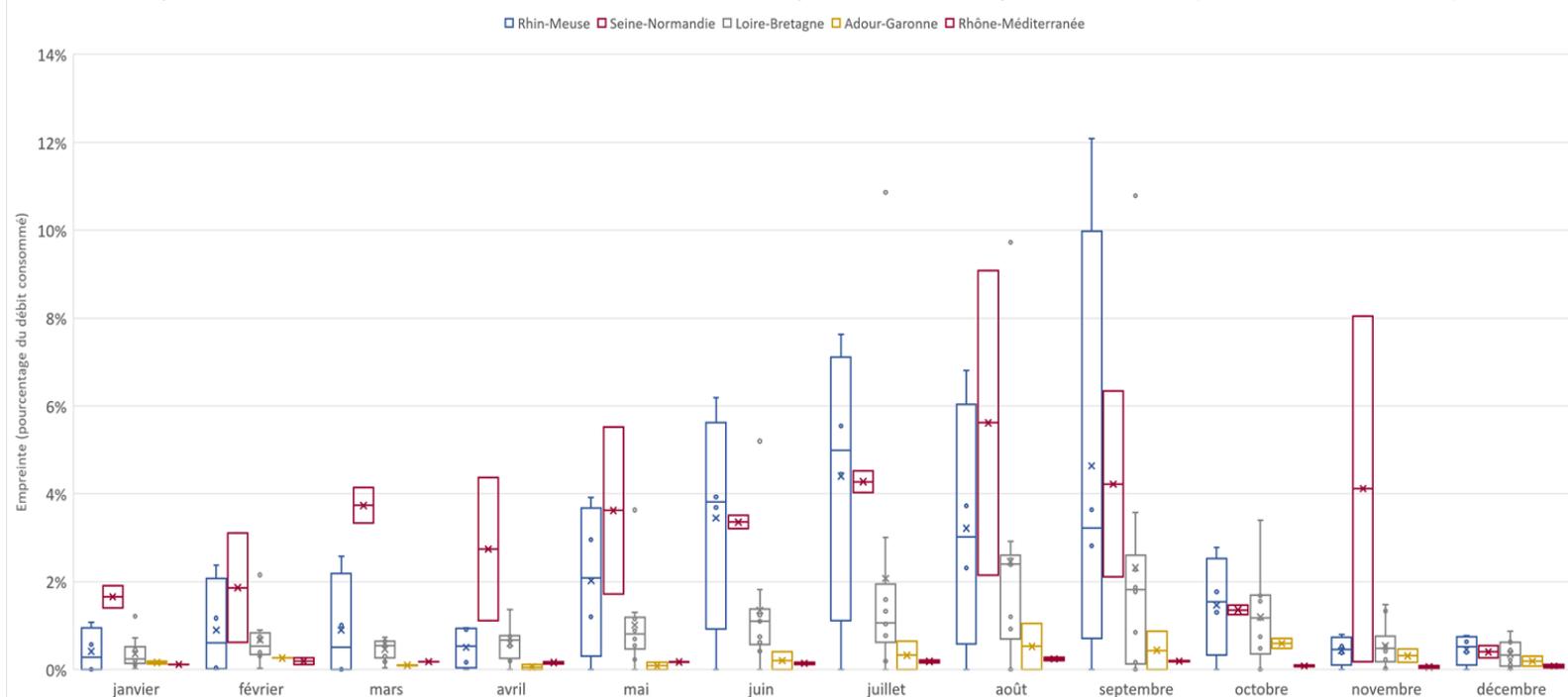


Figure 8 : Empreinte mensuelle ventilée par bassin versant. Indication de lecture : Les « boîtes à moustaches » permettent une représentation de la distribution des valeurs mensuelles par CNPE. Le trait au milieu de chaque boîte donne la médiane. Chaque boîte contient 50 % des valeurs. Les moustaches représentent le 1er et dernier quartile : elles situent les 25 % des valeurs les plus faibles et les 25 % les plus élevées. On fait figurer également les points extrêmes ainsi que la moyenne (par une croix).

À l'échelle annuelle, sur l'ensemble des bassins versants, la moyenne du débit de consommation de l'eau représente 1,3 % du débit du milieu duquel est prélevée cette eau consommée ; la médiane se situe à 0,6 %. Ces chiffres sont cohérents avec ceux présentés dans la précédente édition de ce document. À noter que la pondération ne tient pas compte de la production. En particulier un poids équivalent est attribué au CNPE i et au CNPE j quelque soit leur production d'électricité ou, c'est équivalent comme évoqué supra, leur consommation d'eau. On donne dans le tableau 3 l'empreinte moyenne et médiane par bassin versant suivant le même procédé de pondération. On notera que l'empreinte sur le bassin du Rhône ne tient ni compte de Bugey 4 et 5, ni du phénomène d'évaporation forcée en aval des circuits ouverts évoqué dans l'encart plus loin dans le document.

	Rhin-Meuse	Seine-Normandie	Loire-Bretagne	Adour-Garonne	Rhône-Méditerranée
Empreinte médiane annuelle	0,93%	2,63%	0,67%	0,16%	0,15%
Empreinte moyenne annuelle	1,90%	3,08%	1,11%	0,27%	0,15%

Tableau 1 : indicateur d’empreinte annuelle par bassin versant en 2022-2023

Dans le cadre de la gouvernance de l’eau en France, ces empreintes n’ont de sens opérationnel que lorsqu’elles sont rapportées à celles des autres usagers de l’eau sur le bassin (agriculture, industrie, etc.). Le « rapport Rhône » donne de telles comparaisons : l’empreinte de l’ensemble des CNPE du Rhône représente de l’ordre de 2,5 % de l’empreinte totale à l’échelle annuelle. La gouvernance de l’eau en France²² repose sur le principe d’une gestion de l’eau par grands « bassins versants » qui sont les bassins hydrographiques rattachés aux principaux fleuves français (7 bassins en France métropolitaine).

Chaque bassin dispose d’une agence de l’eau, établissement public qui agit pour concilier dans le bassin la gestion de l’eau avec le développement économique et le respect de l’environnement, et qui est le principal organe de financement de la politique de l’eau.

Pour chaque bassin, il existe un comité de bassin, véritable parlement local de l’eau. Ce comité arrête les grandes orientations dans le cadre des politiques nationales et européennes de l’eau. Il est composé d’une représentation large de toutes les catégories d’acteurs de l’eau : élus des collectivités, représentants de l’État et bien sûr des représentants des usagers de l’eau (industriels, agriculteurs, associations de défense de l’environnement, de pêche, de consommateurs...). Les producteurs d’électricité hydraulique et nucléaire sont représentés en comité de bassin dans le collège des usagers économiques via l’Union française de l’électricité. Des procédures de consultation du public sont aussi organisées.

D) Circuits ouverts au bord du Rhône

En incluant les réacteurs fonctionnant en circuit ouvert, à savoir Tricastin, Bugey (dont on a déjà évoqué ci-dessus les raisons de figurer ici malgré les deux réacteurs en circuits fermés), et Saint-Alban, on obtient le bilan des prélèvements de consommations d’eau douce des CNPE en France. Ainsi, sur l’année 2022²³, le bilan de l’eau douce prélevée se monte à 12,2 milliards de m³ ; 11,8 milliards sont restitués, plus de 97 %. En 2023, ce bilan se porte à 12,8 milliards de m³, dont 12,4 restitués. Spécifiquement sur les circuits ouverts, les prélèvements se

²²www.ecologie.gouv.fr/gestion-leau-en-france.

²³Le retour d’expérience sur le fonctionnement des centrales du Rhône notamment, durant l’été 2022 particulièrement sec et chaud, ont largement été traités par la Sfen dans plusieurs publications : <https://www.sfen.org/rgn/canicule-et-secheresse-2022-pas-dimpacts-environnementaux-lies-aux-derogations-sur-les-rejets-thermiques-selon-lasn/> <https://www.sfen.org/rgn/bilan-sur-le-fonctionnement-du-parc-nucleaire-lors-de-la-canicule-2022/> <https://www.sfen.org/rgn/canicule-et-secheresse-2022-pas-dimpacts-environnementaux-lies-aux-derogations-sur-les-rejets-thermiques-selon-lasn/>, ainsi que dans la précédente édition de ce rapport.

montent à environ 11 milliards de m³ d'eau. Les réacteurs 4 et 5 du Bugey ont consommé de l'ordre de 16 millions de m³ d'eau en 2022, et 30 millions en 2023.

France Stratégie a récemment publié une note d'analyse sur les prélèvements et consommations d'eau²⁴. À périmètre équivalent, les chiffres sont, sans surprise, identiques à ceux présentés par la Sfen puisque les auteurs s'appuient sur les mêmes sources de données, à savoir les rapports environnementaux d'EDF. La différence essentielle est que l'étude inclue dans le périmètre d'eau consommée les volumes évaporés en aval lors de la décharge de l'eau chaude depuis les circuits ouverts des centrales, effet effectivement « actuellement négligé dans les statistiques officielles ». Cette évaporation correspond à des volumes d'eau (chaude) en surface. On parle d'évaporation forcée²⁵. Les volumes évaporés varient suivant les conditions du milieu²¹. En suivant la littérature académique, deux paramètres sont déterminants au premier ordre (la modélisation retenue ici est beaucoup plus complexe, mais les auteurs retiennent deux paramètres structurants). Premièrement, la durée de rétention (combien de temps reste en moyenne une molécule d'eau sur le Rhône depuis les glaciers suisse jusqu'à son déversage dans la Méditerranée) : plus la durée est courte, plus la probabilité d'évaporation est faible. Deuxièmement, la vitesse de décharge de l'eau chaude dans le milieu d'origine : plus celle-ci est lente, plus la probabilité d'évaporation est faible.

Le figure 9 illustre, à partir de simulations de la R&D d'EDF sur le cas spécifique du Rhône l'évaporation dans le cas actuel (avec 4 CNPE sur le Rhône, courbe bleue²⁶) comparé à un contre factuel sans CNPE (courbe orange). L'écart entre les deux scénarios va croissant à mesure qu'on se déplace vers l'aval du Rhône, atteignant de l'ordre de 0,5 m³/s au niveau du Tricastin.

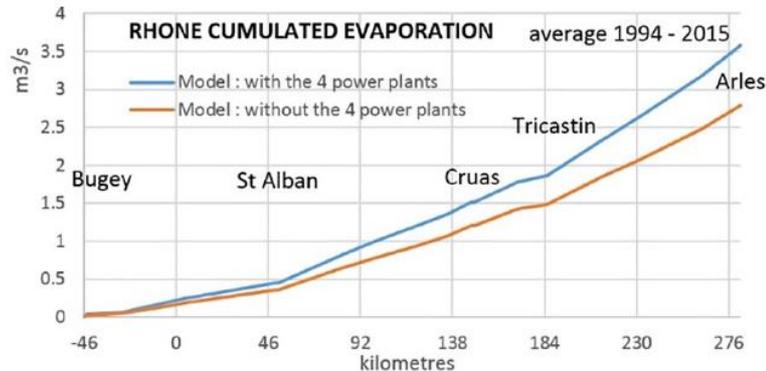


Fig. 13. Average longitudinal profile of the cumulative evaporation along the Rhône stretch Bugey - Arles obtained with the model for the period 1994–2015 with the four power plants in operation (calibrated actual scenario) or without their presence (hypothetical scenario).

Figure 9 : Profil longitudinal d'évaporation forcée le long du Rhône d'après (P. Gosse P. et R. Samie , « Water evaporation at wet-cooled nuclear power plants on river banks : Application to the French Rhône river », Water-Energy Nexus, vol. 3, juillet, p. 155-169, 2020.)

France Stratégie de son côté retient le chiffre de 1,9 m³/MWh pour l'ensemble des circuits ouverts (tableau 2). Ces chiffres présentent un écart significatif par rapport à la modélisation précédente. Le chiffre de France Stratégie semble provenir d'une étude d'un institut américain

²⁴France Stratégie, Prélèvements et consommations d'eau : quels enjeux et usages ? (Avril 2024).

²⁵P. Gosse et R. Samie, « Water evaporation at wet-cooled nuclear power plants on river banks: Application to the French Rhône river », Water-Energy Nexus, vol. 3, juillet, p. 155-169, 2020.

²⁶À noter que la courbe bleue agrège l'évaporation forcée après les circuits ouverts et l'évaporation par aéroréfrigérants des circuits fermés du Cruas et Bugey 4&5.

de recherche indépendant²⁷ (1,5 m³/MWh) et y agrège la consommation de Bugey dont 4 et 5 sont en circuit fermé (comme ce qui est réalisé par la Sfen). L'étude en question est moins précise au sens où la modélisation n'est pas locale, propre aux conditions climatiques et hydrologiques du bassin versant. Pour ce phénomène d'évaporation forcée, la Sfen retient les chiffres issus de l'étude (scientifique, revue par des pairs) de la R&D d'EDF : pour Bugey (2&3) : 0,7 m³/MWh ; pour Saint-Alban: 0,5 m³/MWh ; pour Tricastin : 0,3 m³/MWh.

Tableau 5 – Ratios de prélèvements et de consommations du nucléaire (m³/MWh)

Type de circuit	Prélèvements (m ³ /MWh)	Consommations (m ³ /MWh)	Facteur de consommation
Ouvert	233	1,9	0,8 %
Fermé	11	2,4	22 %

Note : les données présentées ci-dessus sont des moyennes, des écarts importants pouvant être observés selon les réacteurs, notamment en raison des différences de puissance.

Tableau 2 : Ration prélèvements/consommations dans la note France Stratégie (m³/MWh)

Ainsi, en 2022, les bilans de consommation liés au phénomène d'évaporation se montent alors à 6,5 millions de m³ d'eau douce pour Bugey 2 et 3 ; 8,0 millions de m³ pour Saint Alban ; 6,7 millions de m³ pour Tricastin. Soit un total de 21 millions de m³ d'eau douce, à comparer aux volumes consommés par les circuits fermés. En 2023, ce total se monte à 23 millions de m³ d'eau douce. L'augmentation est due à une croissance de la production électrique du Bugey. L'empreinte par bassin versant (ici Rhône-Méditerranée) telle que présentée supra n'est pas affectée au premier ordre par la prise en compte du phénomène d'évaporation forcée.

L'Agence de l'eau du bassin du Rhône a publié en mars 2023 une étude de l'hydrologie du Rhône sous changement climatique très complète. (BRLi, 2023²⁸). L'étude actualise et approfondit une précédente publication datant de 2014. L'étude comprend trois volets : faire un diagnostic des « besoins (actuels et projetés) et de la ressource en eau et son évolution possible sous l'effet du changement climatique »²⁹ (mission 1), « évaluer la vulnérabilité au changement climatique vis-à-vis d'enjeux clés et évaluer les risques pour ces enjeux » (mission 2), enfin « tester et évaluer une capacité de prélèvements supplémentaires par tronçons, de façon durable » (mission 3).

L'étude diagnostique les prélèvements nets (consommation) pour l'ensemble des activités anthropiques sur le bassin du Rhône (agriculture, alimentation en eau potable, industrie, énergie). Ce diagnostic confirme d'abord les chiffres auxquels aboutit la Sfen. En outre, ils mettent en perspective la pression exercée par l'ensemble des CNPE sur le Rhône relativement à ces autres activités en termes d'empreintes. Celle-ci (calculée pour les quatre CNPE situés sur le Rhône) représente de l'ordre de 2,5 % du total à l'échelle annuelle. Les besoins de l'agriculture plus importants à l'entrée du printemps et jusqu'à la sortie de l'été font chuter ce chiffre sur la période (figure 10). L'étude rappelle enfin que deux paramètres dessinent les plages limites de fonctionnement pour la réglementation environnementale. À l'échelle annuelle, sous l'effet du réchauffement climatique²⁸, les diminutions de puissances liées à la réglementation à horizon 2050 se montent entre 2 et 4 % (médiane) suivant le réacteur. La

²⁷ EPRI, Technical report: Water & Sustainability (Volume 3): U.S. Water Consumption for Power Production - The Next Half Century.

²⁸BRLi, 2023, Étude de l'hydrologie du fleuve Rhône sous changement climatique – Mission 1, 2 et 3.

²⁹Sauf mention contraire toutes les citations de l'encart proviennent de l'étude.

période de juillet à septembre est la plus impactée par la baisse de puissance. À l'échelle de l'ensemble des centrales situées sur le Rhône, la baisse s'élève à moins de 2% pour l'année et à 10 % pour le mois d'août.

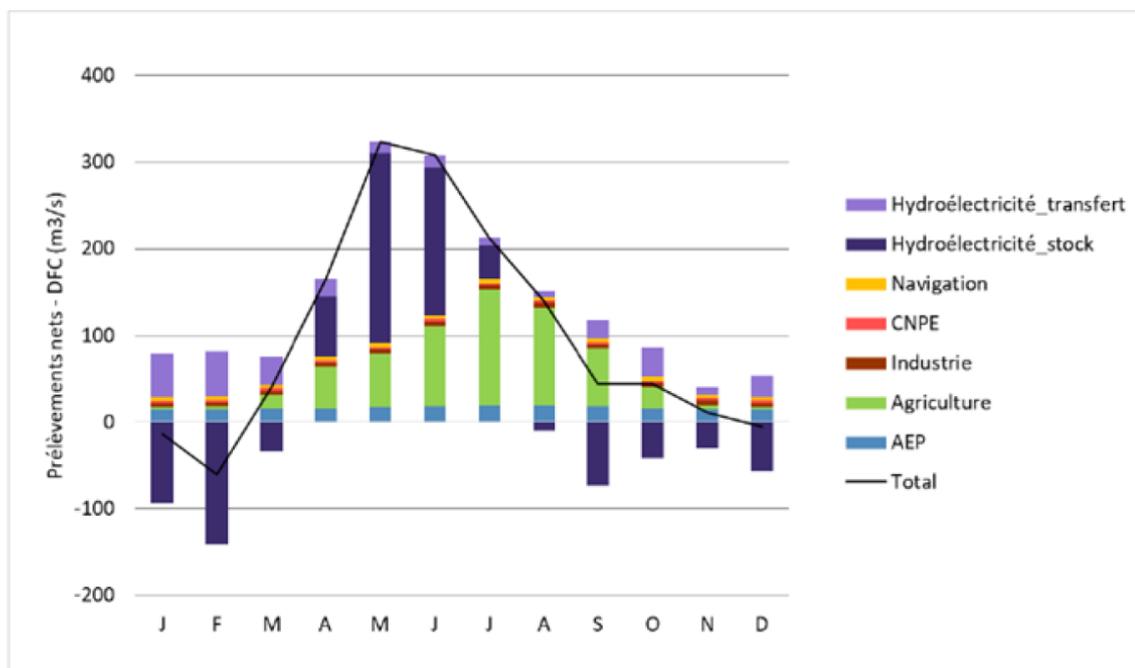


Figure 10 : Consommations mensuelles des différentes activités sur le Rhône rapportées à un débit fictif de consommation (issue du rapport de mission 1, p. 122)

Au registre des exercices prospectifs, il nous faut aussi mentionner le projet collectif « Explore2 » porté par l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) et l'Office international de l'Eau (OiEau). Son objet est « d'actualiser les connaissances sur l'impact du changement climatique sur l'hydrologie à partir des publications du GIEC (CMIP5), mais aussi d'accompagner les acteurs des territoires dans la compréhension et l'utilisation de ces résultats pour adapter leurs stratégies de gestion de la ressource en eau ». Le travail est inédit au niveau européen « en termes de richesse de modèles appliqués, de résolution spatiale et temporelle ». Du même coup, n'intégrant pas les actions anthropiques pour la gestion et l'usage de l'eau, il invite à la modestie et donc à la précaution dans le maniement des données chiffrées des modèles. C'est ce sur quoi nous souhaiterions clore cet article. L'eau est primordiale pour le fonctionnement des réacteurs et a un rôle vital pour une multitude d'autres êtres. Si c'est qui est objectivable par la mesure doit servir de base au débat pourvu qu'on s'entende sur la méthode, cela ne saurait et ne pourrait suffire. Le sujet doit faire l'objet d'une discussion approfondie engageant l'ensemble des parties prenantes – profanes, experts - et qui s'ancrent dans une perspective où il faudra composer avec enjeux industriels, croissance de la consommation d'électricité, nouveaux besoins en eau et changement climatique.

Les infractions pénales en matière de pollution de l'eau par les activités nucléaires

Véronique JAWORSKI

Maître de conférences HDR en droit privé et sciences criminelles
Université de Strasbourg - UMR SAGE

Résumé : Parce qu'elle est à la fois une ressource essentielle et un milieu à l'usage de tous, l'eau doit être protégée juridiquement des menaces qui se multiplient et l'affectent directement. Parmi celles-ci, celles provenant du secteur nucléaire semblent particulièrement complexes à appréhender. Une protection renforcée, à la hauteur du risque environnemental et sanitaire produit par les activités nucléaires, ne peut dès lors être assurée que par des sanctions effectives et suffisamment dissuasives, donc obligatoirement pénales. L'analyse de l'arsenal répressif français conduit à les rechercher à la fois dans le dispositif juridique spécial portant sur la matière du nucléaire, cause des infractions, et dans les législations relatives à l'eau et aux milieux aquatiques, vecteurs des actes infractionnels. Mais le constat final est que, si des textes répressifs existent et peuvent être mobilisés dans les cas de pollution de l'eau par les activités nucléaires, la pratique judiciaire en fait très peu usage. Les nouveaux délits introduits par la loi Climat et Résilience du 22 août 2021 ne semblent pas remédier à cet état de fait, ajoutant confusion et complication à l'état du droit pénal de l'environnement. Or l'exigence d'un arsenal pénal adapté, spécialisé et suffisamment dissuasif se fait d'autant plus urgente et impérative dans le contexte actuel de relance de la filière nucléaire.

Mots-clés : eau ; activités nucléaires ; infractions pénales ; rejet de substances ; abandon de déchets radioactifs ; jurisprudence pénale

Abstract: *Because it is both an essential resource and an environment for everyone's use, water needs to be legally protected from the growing number of threats that directly affect it. Among these threats, those from the nuclear sector seem particularly complex to deal with. Greater protection, commensurate with the environmental and health risks posed by nuclear activities, can only be provided by effective and sufficiently dissuasive penalties, which must therefore be criminal. An analysis of the French repressive arsenal leads us to seek them both in the special legal provisions relating to nuclear matters, the cause of the offences, and in the legislation relating to water and aquatic environments, the vectors of the offending acts. But the final conclusion is that, while there are repressive texts that can be used in cases of water pollution by nuclear activities, judicial practice makes very little use of them. The new offences introduced by the Climate and Resilience Act of 22 August 2021 do not seem to remedy this state of affairs, adding confusion and complication to the state of environmental criminal law. Yet the need for an appropriate, specialized and sufficiently dissuasive criminal arsenal is all the more urgent and imperative in the current context of a revival of the nuclear industry.¹*

Keywords: *water ; nuclear activities ; criminal offences ; release of substances; abandonment of radioactive waste; criminal case law*

L'eau est une richesse nationale essentielle². Elle répond à des besoins quotidiens pour diverses utilisations (usages domestiques, agriculture, industrie, énergie, pêche, loisirs, etc.). Mais surtout et avant tout, elle est la condition à toute vie sur Terre aussi bien humaine qu'animale ou végétale. Or cette ressource indispensable figure aussi parmi les plus menacées dans le contexte actuel de crise écologique et climatique. Alors que les besoins en eau douce sont en croissance constante, la ressource voit sa quantité dangereusement diminuer et sa qualité se dégrader inexorablement.

¹ Traduit avec www.deepl.com.

² M. Prieur, *Droit de l'environnement*, Précis Dalloz, 9^e édition, 2023, p. 928, §1155.

Élément vital et stratégique, l'eau en ce qu'elle est à la fois ressource et milieu à l'usage de tous se doit d'être protégée juridiquement, et ce, à tous les niveaux, supranational comme national. En droit interne, nombreux sont les outils à avoir été mis en place depuis plusieurs années. En tant que ressource qualifiée de « patrimoine commun de la Nation », sa protection est proclamée d'intérêt général depuis la loi du 3 janvier 1992³ (art. L. 210-1 C. env.), tout comme la préservation des milieux aquatiques par la loi Pêche de 1984⁴ (art. L. 430-1 C. env.). Dans le cadre de son régime général, l'article L. 211-1 du Code de l'environnement pose le principe d'une gestion « équilibrée et durable », devant prendre en compte « *les adaptations nécessaires au changement climatique* ». L'énumération qui s'en suit des objectifs à remplir pour y répondre fait office « *d'auberge espagnole* »⁵ tant ils sont divers et variés !

Ce principe de protection consacre ainsi l'unité de l'écosystème qui recouvre le biotope aquatique et tous les organismes vivants qui s'y trouvent. Il est d'autant plus important que se multiplient les menaces directes de détériorations de ce milieu. Parmi ces menaces, celles provenant du secteur nucléaire ne sont pas négligeables en termes d'impact négatif, c'est-à-dire de dommage effectif causé à l'environnement, même si, disons-le d'emblée, elles sont largement négligées sur le plan de la répression. Les poursuites pénales et les condamnations sont en effet extrêmement rares en la matière et l'on peut affirmer que le rapport de force existant jusqu'à présent entre les différents intérêts en jeu se fait souvent au profit de l'exploitant nucléaire et donc au détriment de la cause écologique.

La question des interactions entre l'eau et le nucléaire apparaît particulièrement complexe et sensible, se situant à la croisée d'intérêts économiques, politiques et sociétaux. Elle amène à s'interroger très concrètement sur les enjeux et défis à relever, c'est-à-dire à identifier les facteurs de risques, à déterminer les politiques à engager et à préciser les implications juridiques pouvant en résulter. C'est que l'eau est sans conteste un élément incontournable du secteur nucléaire, omniprésent à toutes les étapes de la filière, ceci à un double titre : à la fois en tant que vecteur de pollution et élément pollué. Les contextes et sources de pollution sont alors pluriels en pratique. L'exploitation des centrales nucléaires peut entraîner des rejets nuisibles pour les milieux aquatiques, aussi bien de polluants chimiques (cyanures, aluminium, métaux lourds...), que d'effluents radioactifs (radionucléides artificiels, notamment le tritium), ou encore d'eau réchauffée par son utilisation pour le refroidissement des réacteurs nucléaires. Dans les mines à ciel ouvert ou les exploitations par lixiviation *in situ*, les cours d'eau à proximité se trouvent exposés à des risques de pollution lors de la phase d'extraction de l'uranium. Enfin, on ne saurait oublier les hypothèses d'abandons de déchets radioactifs en milieu aquatique.

Or la reconnaissance législative de la préservation de ces milieux comme étant d'intérêt général signifie que l'eau, les milieux aquatiques et tout ce qui s'y trouve, sont considérés comme des valeurs sociales essentielles qu'il faut par conséquent préserver énergiquement en faisant intervenir des dispositions répressives. Une protection renforcée ne peut en effet être assurée que par des sanctions effectives et suffisamment dissuasives, autrement dit obligatoirement pénales. La sanction émanant du droit criminel se doit alors de remplir trois fonctions essentielles et complémentaires : une fonction expressive en ce qu'elle révèle et

³ Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.

⁴ Loi n° 84-512 du 29 juin 1984 relative à la pêche en eau douce et à la gestion des ressources piscicoles.

⁵ M. Prieur, *Droit de l'environnement*, op. cit., p. 929, §1158.

porte les valeurs clés de la société ; une fonction répressive en ce qu'elle punit à leur juste hauteur les responsables des comportements infractionnels ; et une fonction préventive – particulièrement importante en matière environnementale lorsque des dommages peuvent être irréversibles- en ce qu'elle instille la crainte d'une répression en cas de transgression des normes de protection, qui se doit d'être suffisamment dissuasive pour les inciter à adopter un comportement respectueux de la légalité et de l'écologie.

La protection pénale de l'eau requiert donc un dispositif normatif répressif suffisamment solide et adapté à la spécificité de la problématique posée. Le droit pénal étant régi par le principe cardinal de la légalité criminelle qui exige l'existence d'un texte légal pour pouvoir réprimer les comportements infractionnels⁶, la question première est naturellement celle des infractions, condition *sine qua non* à toute responsabilité pénale. Or le droit de l'environnement dispose-t-il à l'heure actuelle d'incriminations pénales suffisantes, en quantité et en qualité, afin de réprimer de manière efficace la pollution de l'eau par les activités nucléaires ? Quelles ont été les intentions ou, au contraire, les omissions du législateur dans ce domaine particulièrement sensible, sachant par ailleurs que le droit pénal de l'environnement s'est globalement construit à la marge des grands principes généraux du droit pénal, tant dans sa phase initiale de rédaction que dans son interprétation jurisprudentielle modelant notre droit positif⁷.

L'analyse juridique de l'arsenal répressif français nous conduit à investiguer deux principaux axes de recherche complémentaires, l'un partant de la *cause* des infractions, l'autre se concentrant sur le *vecteur* des actes infractionnels. Il convient ainsi de se pencher, tout d'abord et en toute logique, sur les textes pénaux régissant le risque nucléaire, *source* des infractions **(I)**, puis de recourir aux outils répressifs contenus dans les législations relatives à l'eau et aux milieux aquatiques, *objets* des infractions **(II)**. En dernier lieu, certains des nouveaux délits environnementaux introduits par la loi Climat et Résilience du 22 août 2021⁸ mériteront une première, mais brève confrontation, encore théorique compte tenu de leur création récente, avec la problématique des activités nucléaires polluant l'eau.

I) Le dispositif juridique spécial portant sur le risque nucléaire, source des infractions

Selon l'article L. 1333-1, 1° du Code de la santé publique, les activités nucléaires sont des « *activités comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants lié à la mise en œuvre soit d'une source artificielle, qu'il s'agisse de substances ou de dispositifs, soit d'une source naturelle, qu'il s'agisse de substances radioactives naturelles ou de matériaux contenant des radionucléides naturels* ». Cette définition amène à deux remarques préalables permettant, d'une part, de délimiter le champ d'application du dispositif légal mis en place et, d'autre part, de préciser le domaine spécifique de notre étude.

Toute d'abord, le fait même qu'elle se trouve placée dans le Code de la santé publique, complétée à l'article suivant de principes de protection, pourrait laisser penser que la

⁶ Selon le célèbre adage : *nullum crimen nulla poena sine lege*.

⁷ V. Jaworski, « Le droit pénal de l'environnement entre légitimité et légalité : regard contemporain sur les enjeux présents et à venir », in Mélanges J.-F. Seuvcic, *Légalité, légitimité, licéité : regards contemporains*, Presses universitaires de Nancy, Éditions universitaires de Lorraine, 2018, pp. 109 à 142.

⁸ Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, JORF n° 0196 du 24 août 2021.

protection juridique prévue par le législateur bénéficie uniquement aux personnes, les humains, et non à l'environnement *per se*. Il s'agit alors d'un problème de santé publique entendue au sens restrictif de la santé humaine et non s'inscrivant dans la dynamique actuelle du mouvement « One Health »⁹. L'article L. 1333-3 2° du Code de la santé publique vise d'ailleurs spécifiquement les actions destinées à « *protéger les personnes vis-à-vis d'un risque consécutif à une contamination radioactive de l'environnement ou de produits provenant de zones contaminées ou fabriqués à partir de matériaux contaminés* ». Toutefois, un peu plus loin, à l'article L. 1333-7 du même code, la protection de l'environnement apparaît (enfin !) aux côtés de celle de la santé publique, de la salubrité et de la sécurité publiques, insérant la préoccupation environnementale en tant que telle dans le champ très anthropocentré de la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement.

Ensuite, si la définition mentionne deux sources à l'origine du risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, une analyse des incriminations pénales s'inscrivant dans l'objectif de protection à la fois des personnes et de l'environnement conduit à écarter en toute logique le source naturelle visée par le texte pour se concentrer uniquement sur la source artificielle. Cette dernière est en effet la seule susceptible de produire des comportements infractionnels qui sont nécessairement humains et donc « artificiels », qu'il s'agisse de substances rejetées ou abandonnées suite à des manipulations humaines ou de dispositifs, tels que les installations nucléaires de base¹⁰ (INB), actionnés par l'homme.

S'agissant de ces dernières, les activités nucléaires qui y sont exercées relèvent aujourd'hui du régime légal prévu aux articles L. 593-1 et suivants du Code de l'environnement, « *en raison des risques ou inconvénients qu'elles peuvent présenter pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement* ». Un tel dispositif législatif encadrant de manière spécifique la gestion des déchets et des effluents en provenance des INB ne constituait cependant pas une évidence en droit français, lequel connut pendant de longues années une absence de fondement démocratique à la prise en compte des activités nucléaires exercées sur le territoire national. Paradoxalement, alors que l'on se trouve face au risque environnemental et sanitaire potentiellement le plus grave qui soit en termes d'étendue et de durabilité des dommages causés lorsqu'il se réalise, la matière a été pendant longtemps uniquement réglementée par des décrets : celui du 11 décembre 1963 modifié à plusieurs reprises pour opérer les mises à jour nécessaires¹¹. Tout débat parlementaire sur une question aussi sensible à différents points de vue était proscrit. Tout comme, malheureusement et par voie de conséquence, étaient écartées les multiples vertus d'une répression pénale à la hauteur du risque encouru, le niveau réglementaire de légifération ne pouvant produire que des sanctions contraventionnelles, c'est-à-dire des peines d'amende ne dépassant pas 1 500 euros dans les cas les plus graves¹², voire le double en cas de récidive, mais encore fallait-il que celle-ci soit prévue par les textes.

⁹ É. Gennet, « Du droit à la protection de la santé à celle d'«une seule santé» ? Les leviers de l'approche One Health en droit du Conseil de l'Europe », *Droits Fondamentaux*, n° 21, janvier – décembre 2023, 24 p.

¹⁰ Selon l'article L. 593-2 du Code de l'environnement, les INB sont les réacteurs nucléaires, certaines installations de préparation, d'enrichissement, de fabrication, de traitement ou d'entreposage de combustibles nucléaires ou de traitement, d'entreposage ou de stockage de déchets radioactifs, certaines installations contenant des substances radioactives ou fissiles, certains accélérateurs de particules et enfin certains centres de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs.

¹¹ Décret n° 63-1228 du 11 décembre 1963 relatif aux installations nucléaires, modifié en dernier lieu par le décret du 22 février 2002 puis abrogé le 4 novembre 2007 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.

¹² S'il s'agit de contraventions de la 5^e classe (article 131-13 du Code pénal).

Une telle situation d'incohérence juridique dans la hiérarchie des sanctions ne pouvait perdurer en dépit de la difficulté à trouver un terrain d'entente au sein des assemblées parlementaires. Difficulté ne signifie pas impossibilité, comme le prouve la loi finalement votée le 13 juin 2006¹³ venant doter (enfin !) la France d'une législation en matière nucléaire codifiée aux articles L. 591-1 et suivants du Code de l'environnement, lesquels furent remaniés quelques années plus tard par l'ordonnance du 5 janvier 2012¹⁴ prise en application de l'article 256 de la loi Grenelle II et créant un Titre IX sur « *La sécurité nucléaire et les installations nucléaires de base* » au sein du Livre V du code. Le degré élevé de spécificité de la matière explique que le dispositif pénal de cette loi ait été maintenu dans cette partie du code dédiée au nucléaire, l'ensemble figurant toujours aux articles L. 596-10 à L. 596-12, avec une liste exhaustive d'infractions spéciales établie à l'article L. 596-11.

Mais si les sanctions pénales ont été renforcées à la faveur du rehaussement législatif que le remplacement du décret d'origine par une loi a opéré, ces dernières pouvant atteindre désormais 150 000 euros d'amende dans certains cas ainsi que des privations de liberté allant jusqu'à 3 ans d'emprisonnement, les incriminations demeurent toutefois limitées de par leur nature. Toutes constituent des infractions administratives qui viennent uniquement sanctionner les manquements aux procédures ou prescriptions administratives auxquelles sont soumises les installations nucléaires de base et les activités s'y rapportant. Elles ne permettent dès lors pas de protéger *directement* l'eau et les milieux aquatiques, car elles ne prennent pas en compte de manière spécifique la problématique de cette ressource et ne visent pas les hypothèses d'atteintes à la qualité de l'eau et des milieux aquatiques.

Le dispositif répressif attaché aux activités nucléaires révèle ainsi l'une des principales faiblesses du droit de l'environnement dans son ensemble : celle de ne prévoir qu'un droit pénal de nature administrative, dénué d'autonomie et faisant essentiellement office de gendarme d'une administration impuissante à faire respecter ses propres prescriptions. Dans ce rôle tout à fait réducteur et purement accessoire assigné au droit criminel, les possibilités de poursuites pénales et donc de condamnations s'en trouvent considérablement réduites puisque subordonnées aux seuls manquements administratifs sans aucun égard pour les atteintes portées aux milieux naturels. Une protection pénale efficace de ces derniers suppose donc de sortir de cette typologie réductrice des infractions administratives et de placer au cœur même des incriminations les milieux à protéger parce qu'ils sont à la fois les vecteurs des pollutions produites par les activités nucléaires et les victimes premières de ce secteur à haut risque.

II) Les textes répressifs relatifs à l'eau et aux milieux aquatiques, objets des infractions

Le Code de l'environnement contient plusieurs textes pour lutter contre la pollution des eaux, notamment trois délits incriminant les rejets de substances ou l'abandon de déchets. L'intérêt de ces infractions environnementales réside dans le fait qu'elles incriminent la pollution d'un certain type de milieu naturel, en l'occurrence l'eau, sans se soucier du type de polluant utilisé, qui peut donc provenir d'activités nucléaires. Si l'on suit la chronologie des textes et

¹³ Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire et son décret d'application du 10 mai 2007, complétée de la loi du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs (codifiée dans le chapitre II du titre IV du Livre V du Code de l'environnement : « Dispositions particulières à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs »).

¹⁴ Ordonnance n° 2012-6 du 5 janvier 2012 modifiant les livres Ier et V du code de l'environnement.

l'importance du contentieux pénal qu'ils produisent, le délit de pollution des eaux douces de surface, réprimé par l'article L. 432-2 du Code de l'environnement, offre en premier lieu des opportunités intéressantes de répression **(A)**. Il se trouve complété, en second lieu, d'un texte plus récent puisqu'émanant de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992¹⁵ venue créer deux délits supplémentaires, l'un offrant une protection générale de tous les milieux aquatiques **(B)**, l'autre s'attachant à sanctionner de manière plus spécifique l'abandon de déchets en milieu aquatique **(C)**.

A) Le délit de pollution des eaux douces de surface

L'article L. 432-2 du Code de l'environnement, réceptacle légal de cette infraction, est le texte plus connu de l'administration et des magistrats, et donc le plus utilisé en matière de pollution des eaux. Il prévoit que « *le fait de jeter, déverser ou laisser écouler dans les eaux mentionnées à l'article L. 431-3, directement ou indirectement, des substances quelconques dont l'action ou les réactions ont détruit le poisson ou nuit à sa nutrition, à sa reproduction ou à sa valeur alimentaire, est puni de deux ans d'emprisonnement et de 18 000 euros d'amende* ».

Présenté par le professeur Despax comme « *l'arme la plus redoutée* »¹⁶ par les pollueurs de nos cours d'eau ou encore comme « *l'une des dispositions phares du droit de l'environnement au niveau national, de renommée internationale* »¹⁷ lors de la discussion du projet de loi relative à la pêche en eau douce, ce délit continue d'alimenter la jurisprudence pénale environnementale dont il est la principale source légale. En effet, comparé au maigre contentieux lié aux infractions relatives à l'environnement¹⁸, les décisions de justice fondées sur l'article L. 432-2 du Code de l'environnement semblent relativement abondantes. Le recours prépondérant à ce texte s'explique à la fois par l'autonomie du délit qu'il incrimine et par la souplesse des éléments constitutifs le réalisant soutenue par une jurisprudence très extensive rendue au mépris du principe général de l'interprétation stricte de la loi pénale normalement de rigueur.

Textuellement, le délit ne vise à protéger que le poisson, mais la chambre criminelle de la Cour de cassation a encouragé très tôt une interprétation laxiste du texte qui est devenu un délit de pollution des eaux douces de surface au champ d'application plus large que la seule prise en compte du patrimoine piscicole. En effet, les juges n'exigent pas toujours la constatation d'un dommage effectivement causé au poisson pour retenir l'infraction, se contentant dans certains cas d'un dommage potentiel, voire hypothétique. Fréquemment, le réalisme répressif l'emporte sur le légalisme et au dommage piscicole, élément constitutif de l'infraction, se substitue, plus large, celui de la pollution de l'eau.

S'agissant de la matérialité de l'acte, le comportement répréhensible peut se réaliser soit par une action, le jet ou le déversement, soit par une abstention consistant dans le fait de laisser écouler des substances polluantes. En visant ce comportement d'omission, le législateur permet une large extension du domaine d'application de l'article L. 432-2 du Code de l'environnement. Il assure ainsi la répression de pollution résultant du ruissellement des eaux

¹⁵ Article 22 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.

¹⁶ *Droit de l'environnement*, Litec, 1980, p. 369, n° 306.

¹⁷ G. Colin, Doc. AN 1983-84, n° 1868, p. 68.

¹⁸ « *Le traitement pénal du contentieux de l'environnement* », Rapport du groupe de travail relatif au droit pénal de l'environnement, présidé par F. Molins, Procureur général près la Cour de cassation, remis le 7 décembre 2022, p. 7.

utilisées par des pompiers pour maîtriser un incendie lorsqu'il entraîne des substances toxiques. Les débordements polluants de bassins de rétention seront aussi des écoulements au sens de l'article L. 432-2, de même que les infiltrations de produits nocifs par perméabilité des réceptacles ou du sol.

Enfin, les substances déversées sont, selon les termes du texte, « *des substances quelconques* », mais qui ont nui d'une façon ou d'une autre au poisson. Il s'agit donc nécessairement de substances toxiques pour le poisson. Cette exigence n'ayant pas été définie précisément par la loi, c'est la jurisprudence qui, au gré des affaires dont elle a été saisie, s'est employée à déterminer ce qui entre concrètement dans cette expression « *comprehensive qui a donné un nouvel élan à l'interprétation extensive du texte* »¹⁹. Les pollutions visées par l'article L. 432-2 du Code de l'environnement peuvent par conséquent être extrêmement variées. Au premier chef l'on peut trouver les produits chimiques ou effluents radioactifs rejetés dans l'eau lors de l'exploitation des centrales nucléaires ou des mines à ciel ouvert. Il a été également admis qu'un déversement d'eau artificiellement réchauffée était une substance au sens de ce texte dès lors que cette élévation de la température de l'eau a nui au poisson²⁰. Cette condamnation d'une pollution dite « thermique » pourrait ainsi s'appliquer lorsque, provenant des installations nucléaires de base, l'eau réchauffée par son utilisation pour le refroidissement des réacteurs nucléaires est déversée dans le milieu naturel et a nui aux poissons.

Tel qu'il est interprété, l'article L. 432-2 du Code de l'environnement semble l'arme juridique la plus efficace qui soit à l'heure actuelle pour assurer la répression des atteintes portées à la qualité des eaux. À la faveur d'une jurisprudence témoignant d'une conscience écologique particulièrement aiguisée, le délit d'atteinte à la faune piscicole est devenu le délit de pollution de cours d'eau. Cet intitulé adopté par la Cour de cassation²¹ illustre, tout en la résumant, l'interprétation extensive des exigences textuelles, notamment en ce qui concerne la nature du dommage. La plus importante limitation consentie à l'application du texte réside finalement dans le lieu du déversement polluant, la notion de cours d'eau devant s'entendre comme une eau douce de surface libre, par opposition aux eaux closes dont le poisson ne peut s'échapper²². Il en résulte que les eaux closes, les eaux souterraines ou encore les nappes phréatiques échappent toujours à la protection de l'article L. 432-2 du Code de l'environnement. L'article 22 de la loi du 3 janvier 1992, devenu l'article L. 216-6 du Code de l'environnement, apparaît alors comme le mieux adapté pour lutter contre la pollution de ces milieux.

B) Le délit général de pollution des eaux

L'alinéa 1^{er} de l'article L. 216-6 du Code de l'environnement est rédigé en des termes identiques à ceux du délit de pollution des eaux douces de surface quant à la matérialité du déversement polluant. On y trouve la même expression de « *substances quelconques* » qui ouvre de larges possibilités de répression de ce point de vue. Mais surtout, le délit de pollution

¹⁹ A. Vitu, *Droit pénal spécial*, in *Traité de droit criminel* par R. Merle et A. Vitu : Cujas, 1982, t. 1, n° 1355, p. 1070.

²⁰ C. cass., crim., 11 avril 1970, D. 1972, jurispr. P. 113, note M. Despax.

²¹ Par exemple : Cass. crim., 28 avril 1977, *Ferrier* : JCP G 1978, II, 18931, note M. Delmas-Marty ; Cass. crim., 15 mars 1988, *Mercier* : Rev. jur. env. 1988, p. 479.

²² L'article L. 432-2 renvoie en effet à l'article L. 431-3 pour la détermination des lieux pollués. Il s'agit « *des cours d'eau, canaux, ruisseaux, ainsi que les plans d'eau (...)* » à l'exception, pour ces derniers, de ceux « *dans lesquels le poisson ne peut passer naturellement* » (article L. 431-4 du Code de l'environnement).

des eaux créé en 1992 est dit « général » en ce qu'il vient utilement compléter le délit de L.432-2, étendant la protection pénale à tous les milieux aquatiques sans distinction, y compris dorénavant les eaux souterraines, les nappes phréatiques et les eaux de mer dans la limite des eaux territoriales, et réprimant d'autres dommages que ceux portés au poisson. Sont ainsi visés par le texte les dommages causés à toutes les autres espèces de faune ainsi qu'à la flore ou encore les effets nuisibles sur la santé (de l'homme), les modifications significatives du régime normal d'alimentation en eau ou les limitations d'usage des zones de baignade. Désormais la santé de l'homme est protégée et plus généralement tout l'écosystème aquatique.

C'est ainsi que dans un arrêt rendu le 26 novembre 2013²³, la chambre criminelle de la Cour de cassation a confirmé la condamnation, prononcée en appel sur le fondement de l'article L. 216-6 alinéa 1^{er} du Code de l'environnement, de la Société Auxiliaire du Tricastin (SOCATRI)²⁴, filiale du groupe AREVA, pour déversement en grande quantité d'effluents uranifères dans les eaux ayant entraîné des modifications significatives du régime normal d'alimentation en eau et des limitations des zones de baignades²⁵. Le préfet avait dû prendre en effet une série d'arrêtés interdisant la pêche, la consommation de poissons, les activités nautiques et la baignade, l'utilisation des captages privés, et la consommation d'eau de certains captages. En sus d'une amende d'un montant de 300 000 euros, proche du maximum encouru par une personne morale pour ce délit, la Cour d'appel a ordonné la peine complémentaire d'affichage en mairie de la décision de condamnation, pour une durée de deux mois, ainsi que sa diffusion aux frais de la condamnée dans deux quotidiens régionaux et dans le journal national Le Monde. Aussi rare que soit une condamnation pénale intervenant dans des affaires mettant en cause des activités nucléaires, les peines prononcées en l'espèce ont été à la hauteur du risque environnemental et sanitaire encouru, dans le cadre fixé par la loi.

L'avantage de ce délit général de pollution des eaux réside sans conteste dans son champ d'application très large puisqu'il protège tous les milieux aquatiques alors que l'article L. 432-2 du Code de l'environnement ne concerne que les eaux douces de surface non closes. En outre, si les peines d'emprisonnement apparaissent harmonisées dans les deux cas, l'amende encourue est portée à 75 000 euros pour le délit général contre seulement 18 000 euros lorsque le dommage touche la population piscicole²⁶. En revanche, l'inconvénient majeur figure dans la dernière phrase rajoutée au texte d'incrimination qui précise que le délit général ne pourra pas être retenu, et donc fonder une condamnation pénale, si les rejets dans l'eau ont été autorisés et que les prescriptions contenues dans l'arrêté d'autorisation ont été respectées²⁷ (arrêté fixant les limites des rejets d'effluents radioactifs par exemple). Cette exonération retenue après un amendement parlementaire fait ainsi d'une autorisation de déversement une autorisation de polluer, excepté toutefois si les prescriptions de l'arrêté d'autorisation n'ont pas été respectées. On ne peut que regretter une telle mesure dans ses

²³ Cass. crim., 26 novembre 2013, 12-80.906, Inédit. V. : J.-H. Robert, « Influence de la peur du nucléaire sur la présomption d'innocence », DP, janvier 2014, n° 1.

²⁴ La société est une installation d'assainissement et de récupération d'uranium et a pour vocation la décontamination, le démantèlement, le traitement, le conditionnement et l'entreposage de déchets et effluents, ainsi que la maintenance de matériels nucléaires.

²⁵ P. Steichen, « Marche forcée vers la transparence pour le nucléaire », Rev. Jur. Envir., 1/2014, pp. 8-11.

²⁶ Ce qui, soit dit en passant, ne semble guère rationnel s'agissant de deux incriminations pénales réprimant le même type de comportement.

²⁷ Après avoir défini le délit général de pollution des eaux, l'alinéa 1^{er} de l'article L. 216-6 du Code de l'environnement précise que « Lorsque l'opération de rejet est autorisée par arrêté, les dispositions de cet alinéa ne s'appliquent que si les prescriptions de cet arrêté ne sont pas respectées. ».

conséquences faisant obstacle à la répression pénale de ce chef, mais également dans son principe, un tel fait justificatif étant tout à fait inhabituel.

C) Le délit d'abandon de déchets en milieu aquatique

L'article L. 216-6 du Code de l'environnement, dans son alinéa 3, punit des mêmes peines que celles encourues pour le délit général de pollution des eaux, soit deux ans d'emprisonnement et 75 000 euros d'amende, le fait de « *jeter ou abandonner des déchets en quantité importante dans les eaux superficielles ou souterraines ou dans les eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales, sur les plages ou sur les rivages de la mer* », précision faite que « *ces dispositions ne s'appliquent pas aux rejets en mer effectués à partir des navires* », ces derniers relevant de conventions internationales.

Curieusement ce texte n'a donné lieu à aucun débat parlementaire alors même que les termes de l'incrimination sont d'une grande imprécision, ce qui certes permet d'envisager une telle qualification pénale dans des situations relevant d'activités nucléaires, mais interroge dans le même temps le domaine d'application réel de l'infraction. Celle-ci semble ainsi pouvoir être retenue en cas d'abandon de déchets radioactifs « *dans les eaux superficielles ou souterraines ou dans les eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales, sur les plages ou sur les rivages de la mer* ». En revanche, les berges des cours d'eau n'étant pas visées par le texte -seuls les plages et les rivages de la mer le sont-, il ne sera pas possible, conformément au principe de l'interprétation stricte, de retenir l'infraction lorsque l'abandon des déchets se fera en ce lieu. A cette omission malheureuse du législateur, s'ajoute l'absence de définition des notions clés caractérisant le comportement délictueux. Les déchets abandonnés doivent l'être « *en quantité importante* », sans aucun chiffrage ou critère légal d'appréciation, laissant les juges, techniquement incompetents, face à eux-mêmes. La notion même de « *déchet* » est problématique. Par exemple, la question de savoir si l'uranium appauvri est ou non un déchet a fait l'objet de décisions contradictoires au sein des juridictions administratives, le Conseil d'État ayant finalement considéré qu'il n'en est pas un²⁸!

Pareilles incertitudes créent des situations d'insécurité juridique inacceptable en droit pénal, d'autant que ces incertitudes tendent à effacer le principal aspect positif de ce délit préventif à la pollution puisque constitué indépendamment de tout dommage. La doctrine parle bien à propos de « *délit-obstacle* » dans la mesure où l'infraction ne nécessite pas de constater une pollution. Le processus pénal peut ainsi être déclenché très en amont, avant qu'un dommage grave, voire irréversible, ne se produise, ce qui est particulièrement adapté à la matière environnementale. La poursuite et la répression du délit empêchent alors la commission d'une infraction plus grave, parce que de résultat, si une pollution venait à se produire.

En définitive, si des textes répressifs existent, la pratique judiciaire en fait très peu usage. L'affaire « Cogema » est emblématique de ce blocage face aux risques et pollutions provenant des activités nucléaires. En 1999, une association locale « Sources et rivières du Limousin » avait porté plainte avec constitution de partie civile pour les pollutions radioactives émanant de l'exploitation durant 50 ans des anciens sites miniers Cogema, comprenant des gisements d'uranium et le stockage de résidus radioactifs. Compte tenu de l'exemplarité de cette affaire au plan national, la FNE (France Nature Environnement) s'était associée à cette action en se

²⁸ CE, 23 mai 2001, ADEPAL, n° 201938.

constituant également partie civile en mars 2002. Lors de l'instruction, des expertises avaient mis en évidence la contamination chimique et radioactive des sédiments prélevés dans plusieurs ruisseaux et les atteintes à la nutrition du poisson, ce qui aboutit au renvoi de la Cogema, le 25 mars 2005, devant le tribunal correctionnel de Limoges du chef de délit de pollution des eaux douces de surface réprimé par l'article L. 432-2 du Code de l'environnement. C'était la première fois que la Cogema comparait devant un tribunal correctionnel par rapport à ses activités. Mais cette première juridique s'est néanmoins soldée par un jugement de relaxe rendu le 14 octobre 2005, le tribunal ayant retenu que la preuve n'avait pas été apportée de l'abandon ou du dépôt par la Cogema des quantités d'uranium retrouvées dans le lac et les rivières en question et que la Cogema ne saurait donc se voir imputer la quantité d'uranium retrouvée dans les poissons de ce lac. La Cour d'appel de Limoges, par arrêt du 28 juin 2006, a confirmé ce jugement de relaxe, décision qui ne fit pas l'objet d'un pourvoi en cassation, venant ainsi clôturer l'affaire.

L'on constatera que très souvent les principaux obstacles à la répression pénale résident dans la question de l'imputabilité de l'infraction et la difficulté à rapporter la preuve du lien de causalité entre l'acte matériel et la pollution constatée. Les nouveaux délits introduits par la loi Climat et résilience ne semblent pas remédier à cet état de fait, ajoutant confusion et complication à l'état du droit pénal de l'environnement actuel. Si le délit général de pollution des milieux incriminé par l'article L. 231-1 du Code de l'environnement²⁹, devenant un « délit d'écocide » lorsqu'il est commis intentionnellement (art. L. 231-3), pourrait en théorie trouver application dans des cas de pollution de l'eau par des activités nucléaires, aussi bien les exigences textuelles à la constitution de l'infraction que les limitations expresses apportées à la qualification pénale sont telles qu'elles rendent quasiment impossible l'application de ce texte en pratique. La pollution devant résulter de la « *violation manifestement délibérée d'une obligation particulière de prudence ou de sécurité prévue par la loi ou le règlement* », le délit n'est donc pas autonome, mais subordonné à une règle textuelle préexistante qui plus est doit être précise et non générale, ce qui en restreint considérablement le champ d'application. Que dire en outre de la très délicate preuve en pratique du caractère « *manifestement délibéré* » de la violation. Enfin, à la gravité des effets nuisibles, soumise à l'interprétation du juge en l'absence de précision légale, est adjoint son caractère « *durable* », chiffré par le législateur à une période d'au moins 7 ans. Or une telle exigence temporelle risque de rendre vaine l'incrimination, tant la durée potentielle des atteintes est susceptible de faire naître des débats sans fin car elle est difficilement mesurable.

Si après les accidents de Tchernobyl et de Fukushima, le nucléaire a montré au grand public ses défaillances, le dispositif répressif français n'est toujours pas à la hauteur des risques

²⁹ « Le fait, en violation manifestement délibérée d'une obligation particulière de prudence ou de sécurité prévue par la loi ou le règlement, d'émettre dans l'air, de jeter, de déverser ou de laisser s'écouler dans les eaux superficielles ou souterraines ou dans les eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales, directement ou indirectement, une ou plusieurs substances dont l'action ou les réactions entraînent des effets nuisibles graves et durables sur la santé, la flore, la faune, à l'exception des dommages mentionnés aux articles L. 432-2 ou des modifications graves du régime normal d'alimentation en eau est puni de cinq ans d'emprisonnement et d'un million d'euros d'amende, ce montant pouvant être porté jusqu'au quintuple de l'avantage tiré de la commission de l'infraction.

Le premier alinéa du présent article ne s'applique :

1° S'agissant des émissions dans l'air, qu'en cas de dépassement des valeurs limites d'émission fixées par décision de l'autorité administrative compétente ;

2° S'agissant des opérations de rejet autorisées et de l'utilisation de substances autorisées, qu'en cas de non-respect des prescriptions fixées par l'autorité administrative compétente.

Sont considérés comme durables les effets nuisibles sur la santé ou les dommages à la flore ou à la faune qui sont susceptibles de durer au moins sept ans.

Le délai de prescription de l'action publique du délit mentionné au premier alinéa court à compter de la découverte du dommage. ».

environnementaux et sanitaires issus des activités nucléaires et des pollutions qu'elles induisent. Dans un contexte de relance de la filière nucléaire³⁰, l'exigence d'un arsenal pénal adapté, spécialisé et suffisamment dissuasif se fait d'autant plus urgente et impérative.

³⁰ Loi n° 2023-941 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, qui supprime l'objectif de limitation à 50% de la part du nucléaire dans la production énergétique d'ici 2035 et loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire.

L'eau, talon d'Achille du nucléaire ?

Aspects juridiques d'une problématique environnementale

Marc LEGER¹

Professeur émérite de l'Institut national des sciences et techniques nucléaires
Chercheur associé au laboratoire CHROME (Université de Nîmes)

Résumé : L'eau et le nucléaire, au sens large, sont étroitement associés, pour le meilleur et pour le pire. Parmi les installations nucléaires, ce sont les centrales qui sont le plus concernées. Elles ont besoin de prélever de l'eau pour leur refroidissement, d'en rejeter une grande partie, mais à une température plus élevée, et d'effectuer des rejets d'effluents, radioactifs et chimiques, dans les cours d'eau et la mer. Le nucléaire peut donc constituer une menace pour la ressource en eau et les milieux aquatiques. Inversement, la pénurie d'eau peut affecter le fonctionnement des installations, tout comme les risques d'inondation ou de submersion. Cette double menace, du nucléaire pour l'eau et de l'eau pour le nucléaire, a conduit à mettre en place une réglementation très contraignante, associant prévention et répression, destinée à minimiser, d'une part, les atteintes à la disponibilité de cette ressource vitale, les impacts environnementaux liés à son utilisation intensive ainsi que les contaminations potentielles en cas d'incident et, d'autre part, les risques d'atteinte à la sûreté des installations en cas de catastrophe naturelle. La problématique soulevée par ces liens très étroits entre le nucléaire et l'eau, qui conditionne en partie l'acceptabilité sociale du nucléaire, se trouve accentuée par le réchauffement climatique et appelle, dès lors, une réponse appropriée tant des exploitants que des autorités publiques sur la nécessaire conciliation entre les besoins énergétiques et la préservation des ressources en eau.

Mots-clés : nucléaire ; eau ; centrale nucléaire ; prélèvement ; rejet ; rejet thermique ; rejet d'effluent ; effluent radioactif ; réchauffement climatique

Abstract²: *Water and nuclear power, in the broad sense, are closely associated, for better or for worse. Among nuclear installations, it is the power plants that are most affected. They need to take water for cooling, to discharge a large part of it, but at a higher temperature, and to discharge radioactive and chemical effluents into rivers and the sea. Nuclear power can therefore pose a threat to water resources and aquatic environments. Inversely, water scarcity can affect the operation of facilities, as can the risk of flooding or submersion. This double threat, nuclear power for water and water for nuclear power, has led to the implementation of very restrictive regulations, combining prevention and repression, intended to minimize, on the one hand, the damage to the availability of this vital resource, the environmental impacts linked to its intensive use as well as potential contamination in the event of an incident and, on the other hand, the risks of undermining the safety of installations in the event of a natural disaster. The problem raised by these very close links between nuclear power and water, which partly conditions the social acceptability of nuclear power, is accentuated by global warming and therefore calls for an appropriate response from both operators and public authorities on the necessary reconciliation between energy needs and the preservation of water resources.*

Keywords: *nuclear; water; nuclear power plant; water use; release; heat discharge; discharge of effluent; radioactive release; global warming.*

Introduction

L'eau et le nucléaire³ entretiennent des relations complexes, caractérisées par de multiples interactions, qui peuvent générer des menaces réciproques et constituer, de ce fait, des enjeux pour la santé et l'environnement, la gestion des ressources naturelles et le climat aussi

¹ La présente étude n'engage que son auteur.

² Traduit en partie avec www.deepl.com.

³ Le mot « nucléaire » doit être ici entendu comme s'appliquant aux installations et aux activités nucléaires directement concernées dans leurs rapports avec l'eau (recherche, production d'électricité et cycle du combustible) et non à l'ensemble du secteur nucléaire, qui est beaucoup plus vaste et inclut des activités médicales, spatiales, de défense ou en lien avec la gestion du patrimoine ou les sciences de la terre.

bien que pour le fonctionnement sûr des installations et, plus largement, l'acceptabilité du nucléaire.

Si toutes les installations nucléaires ne sont pas concernées de la même façon par cette problématique⁴, les centrales nucléaires (c'est-à-dire les réacteurs de production d'électricité) le sont particulièrement. Elles ont besoin d'eau (froide) à la fois pour leur fonctionnement interne, afin de produire de la vapeur d'eau qui sera ensuite transformée en électricité au moyen d'une turbine⁵, et pour le refroidissement⁶ de leurs circuits ainsi que celui des combustibles irradiés entreposés en piscine⁷. Elles doivent donc effectuer des prélèvements d'eau, qu'elles restituent en grande partie au milieu naturel, mais à une température plus élevée (rejets thermiques). Pour cette double raison, elles sont installées à proximité de cours d'eau⁸ ou au bord de la mer⁹. Le manque d'eau (en été particulièrement) crée en conséquence un risque pour leur fonctionnement et leur sûreté ; inversement, les rejets thermiques en créent pour la faune et la flore.

Ces centrales, comme les autres installations nucléaires, ont aussi besoin d'effectuer des rejets d'effluents dans l'environnement : rejets radioactifs liquides et gazeux¹⁰, rejets chimiques liquides ou gazeux, et de produire des déchets radioactifs solides, qu'il faut entreposer à titre temporaire ou stocker à titre définitif. Ces rejets ne peuvent être réalisés que dans des limites strictement réglementées, du fait de leur nuisance potentielle ; mais certains peuvent aussi advenir au-delà de ces limites. Autorisés ou incidentels, la ressource en eau et les milieux aquatiques s'en trouvent affectés.

L'eau est donc à la fois une ressource indispensable et un exutoire, non moins nécessaire. Cette double caractéristique est d'ailleurs l'objet de vives critiques de la part des opposants au nucléaire qui mettent en relief l'excès de prélèvements d'eau, spécialement en période d'étiage des cours d'eau, et l'augmentation de la chaleur due aux rejets thermiques en périodes de canicule, ainsi que la pollution que les rejets d'effluents, qui n'ont rien de « naturel », sont susceptibles de provoquer.

Ce que contestent les partisans du nucléaire, qui mettent en avant les contraintes de limites imposées aux prélèvements et aux rejets thermiques et d'effluents, l'absence de nocivité de ces derniers, qu'ils estiment scientifiquement attestée (les autorisations accordées par les autorités publiques respectant nécessairement les limites sanitaires et environnementales

⁴ Rappelons que constituent des « installations nucléaires de base (INB) » (exclusivement à caractère civil), au sens de l'article L. 593-2 du code de l'environnement, non seulement les réacteurs nucléaires (de puissance, c'est-à-dire producteurs d'électricité, ou de recherche), mais aussi les installations du cycle du combustible (amont, d'une part : conversion, enrichissement, fabrication du combustible, et aval, d'autre part : retraitement du combustible, traitement, entreposage et stockage de déchets radioactifs), les installations contenant des substances radioactives ou fissiles ainsi que les accélérateurs de particules, dès lors qu'ils répondent à certaines caractéristiques, et enfin le centre de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs (tel qu'envisagé à Bure).

⁵ Réacteurs à eau pressurisée (REP) ou à eau bouillante (REB) ; le parc d'EDF est exclusivement composé de REP.

⁶ Pour être plus précis, deux systèmes de refroidissement (à circuit ouvert ou à circuit fermé) sont utilisés en France : les réacteurs en circuit ouvert (14 en bord de mer et 12 en bord de fleuve) pompent l'eau et la rejettent (les prélèvements sont importants, mais la consommation nette d'eau est très faible) ; les réacteurs en circuit fermé (30 en bord de fleuve) prélèvent moins d'eau grâce aux aéroréfrigérants, mais ils restituent moins d'eau à cause de l'évaporation (de l'ordre de 24 %), ce qui nécessite des opérations de prélèvement-rejet permanentes.

⁷ À noter qu'aux États-Unis, la centrale de Palo Verde dans l'Arizona n'est située ni à proximité d'un fleuve ni sur un littoral : elle est la seule au monde à utiliser exclusivement des eaux usées (en provenance de la ville de Phoenix) pour le refroidissement de ses circuits.

⁸ En France, près du Rhône ou de la Loire.

⁹ En France, centrale du Blayais au bord de l'estuaire de la Gironde et centrale de Gravelines, implantée sur un polder sur le littoral de la mer du Nord.

¹⁰ Les centrales rejettent principalement du tritium (sous les deux formes). Mais les autres installations nucléaires peuvent, selon leur nature, rejeter des éléments radioactifs d'une grande diversité.

fixées aux niveaux national, européen et international), leur surveillance et leur contrôle permanents ainsi que les mesures techniques prises pour en diminuer régulièrement les effets. Ils soulignent également que les centrales rejettent la majeure partie de l'eau prélevée (cf. la note 6) et que le nucléaire n'est pas le principal consommateur d'eau en France¹¹.

Par ailleurs, les installations nucléaires implantées près de cours d'eau ou de la mer sont, de ce fait, exposées au risque d'inondation, dont la menace peut se trouver augmentée avec l'effet du réchauffement climatique et des événements exceptionnels qui en résultent de plus en plus fréquemment.

Inversement, les réacteurs nucléaires peuvent aussi servir à la désalinisation de l'eau de mer et à fournir de l'eau douce dans des régions ou des pays qui en manquent cruellement¹².

La présente étude n'a pas pour objet de prendre position sur les bienfaits ou les méfaits des installations ou des activités nucléaires dans leurs rapports avec l'eau ; laissons ce débat aux scientifiques, en souhaitant qu'ils y consacrent la rigueur et l'objectivité nécessaires¹³. Elle a seulement pour objet d'étudier les aspects juridiques des relations nucléaire/eau dans leur complexité, tant en ce qui concerne la menace que le nucléaire fait ou est susceptible de faire peser sur l'eau **(I)** que celle que l'eau fait ou est susceptible de faire peser sur le nucléaire **(II)**.

I) Le nucléaire, menace pour l'eau ?

L'appréhension du risque que le nucléaire peut constituer pour l'eau comporte deux aspects : celui de la prévention afin d'en limiter les effets potentiels **(A)** et celui de la répression en cas d'atteinte avérée à cet élément **(B)**.

A) Prévention

La prévention du risque se présente sous deux formes : l'encadrement des prélèvements d'eau et des rejets thermique ou d'effluents par des mesures d'autorisation **(1)** et la surveillance de ces opérations tant par les exploitants des installations que par les autorités publiques **(2)**. Pour autant, les mesures prises n'empêchent pas les contestations que des tiers peuvent porter en justice (ou au travers des médias) à l'encontre de ces autorisations ou en cas de non-respect des autorisations ou d'incidents **(3)**.

1) Autorisations de prélèvements et de rejets¹⁴

Les prélèvements d'eau comme les rejets thermiques ou d'effluents par les installations nucléaires sont soumis à une autorisation préalable, dont le principe est accordé, depuis la loi

¹¹ Selon la Sfen, les 56 réacteurs français (en dehors de l'EPR de Flamanville) prélèvent 26 milliards de mètres cubes d'eau par an et en restituent 98 %, le principal consommateur d'eau étant l'irrigation pour les productions agricoles.

¹² Une usine de dessalement de l'eau de mer a été installée sur le site de Flamanville, sur l'emprise des unités 1 et 2, afin d'alimenter l'EPR (Flamanville 3) pendant la phase de chantier en complément du prélèvement dans la rivière voisine et pendant la phase d'exploitation pour assurer la production d'eau déminéralisée.

¹³ Voir en particulier, d'un côté, le dossier établi par la Sfen (Société française de l'énergie nucléaire) intitulé « Le nucléaire et l'eau », RGN, 12 mai 2022 ; de l'autre, la brochure publiée par Réseau Sortir du Nucléaire, intitulé « Le nucléaire met notre eau en danger », 14 octobre 2022. Voir aussi les articles de Reporterre sur le même sujet.

¹⁴ Sur l'ensemble de la réglementation applicable, voir la synthèse publiée par EDF : « Centrales nucléaires et environnement - Prélèvements d'eau et rejets », Édition 2020.

du 13 juin 2006¹⁵, par le décret d'autorisation de création de l'INB (prévu à l'article L. 593-7 du code de l'environnement). Ce décret est pris par le Premier ministre après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), au terme d'une procédure d'instruction de trois ans et après enquête publique. Le cas échéant, l'installation peut faire l'objet d'une procédure de consultation du public, voire d'un débat public au niveau local ou national¹⁶.

S'agissant plus précisément des projets de rejets d'effluents, l'autorisation de création d'une INB doit être précédée d'un avis de la Commission européenne, conformément à l'article 37 du Traité Euratom¹⁷, portant sur une éventuelle contamination radioactive des eaux d'un autre État membre.

Il convient de rappeler qu'en amont de cette autorisation par décret, l'exploitant doit présenter un dossier de demande d'autorisation de création, dont le contenu est détaillé à l'article R. 593-16 du code de l'environnement, et qui doit inclure notamment, outre le « rapport de sûreté » qui en constitue le cœur :

- Une « étude d'impact », qui vise à évaluer *a priori* les effets potentiels de l'installation sur l'environnement, la santé publique et la société dans son ensemble. Cette étude doit présenter¹⁸ « les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides ou gazeux envisagés », préciser « les différents types d'effluents à traiter et leur origine respective, leur quantité, leurs caractéristiques physiques, leur composition, tant radioactive que chimique, le procédé de traitement utilisé, les conditions dans lesquelles sont opérés les rejets dans le milieu récepteur ainsi que la composition des effluents à rejeter ». Elle doit aussi décrire les incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement, notamment « sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris le ruissellement ». Elle doit également justifier « l'optimisation de la gestion des rejets des effluents liquides et gazeux et des déchets, notamment au regard de l'impact global de l'ensemble de ces émissions pour l'environnement et la santé humaine ».

Cette étude d'impact doit être soumise pour avis à l'Autorité environnementale, qui est pour les INB la « Formation d'autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) » (C. env. R. 122-6). Cet avis peut aussi être sollicité avant la mise en service de l'installation¹⁹. L'avis porte sur la qualité de l'étude d'impact présentée par le maître d'ouvrage et sur la prise en compte de l'environnement par le projet.

¹⁵ Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, qui a modifié le régime des INB, fixé précédemment par le décret n° 63-1228 du 11 décembre 1963, modifié, relatif aux installations nucléaires. Auparavant, les autorisations de prélèvement et de rejets étaient accordées séparément de l'autorisation de création de l'installation, en application du décret n° 95-540 du 4 mai 1995 relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des installations nucléaires de base. Elles faisaient l'objet d'un arrêté unique couvrant les prélèvements d'eau ainsi que les rejets, qu'ils aient été radioactifs ou non, délivré sans limitation de durée, mais révisable à tout moment.

¹⁶ Ce fut le cas pour le réacteur EPR de Flamanville, la Commission Nationale du Débat Public (CNDP) ayant considéré que les enjeux socio-économiques, le coût estimatif ainsi que l'impact sur l'environnement et l'aménagement du territoire du projet EPR « tête de série », tant au niveau local que national, justifiaient l'organisation d'un débat public et l'a confié à une Commission Particulière de Débat Public.

¹⁷ Traité instituant la Communauté européenne de l'énergie atomique. Voir la Recommandation de la Commission européenne du 11 octobre 2010 sur l'application de l'article 37 du traité Euratom (2010/635/Euratom).

¹⁸ C. env., art. R. 593-17.

¹⁹ Voir par exemple l'avis délibéré de l'Autorité environnementale sur l'installation nucléaire de base n°167 - Flamanville 3 (réacteur EPR) – EDF (50) adopté lors de la séance du 22 décembre 2021 (n° 2021-106).

- Une « *étude de maîtrise des risques* », comprenant notamment un « *inventaire des risques que présente l'installation, d'origine tant interne qu'externe* », une présentation des dispositions envisagées pour la maîtrise de ces risques et une présentation synthétique des systèmes de surveillance. L'étude doit justifier que le projet d'installation « *permet d'atteindre, compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement, un niveau de risque aussi bas que raisonnablement possible dans des conditions économiques acceptables* ». On retrouve ici la même formulation que celle utilisée en matière de radioprotection et connue sous le nom de « *principe ALARA* »²⁰.

L'arrêté du 12 février 2012, dit arrêté INB²¹, est venu compléter ces dispositions, notamment en posant comme principes que les exploitants doivent, d'une part, limiter la consommation d'eau, en privilégier le recyclage, éviter et réduire toute pollution de la ressource en eau (art. 4.1.6) et, d'autre part, prendre toutes dispositions, dès la conception, pour limiter les rejets d'effluents de l'installation et éviter les écoulements et rejets dans l'environnement non prévus (art. 4.1.1). En outre, l'arrêté précise que les rejets d'effluents ne peuvent dépasser les limites fixées à plusieurs articles²² de l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE²³ soumises à autorisation, dans sa version mentionnée en annexe I de l'arrêté INB, sauf disposition contraire fixée par décision de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Cet arrêté est lui-même complété par des dispositions à caractère réglementaire prises par l'ASN pour l'ensemble des installations, en matière de maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement²⁴ et pour les centrales, concernant les modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement²⁵.

Comme indiqué *supra*, le décret d'autorisation de création de l'installation ne fait qu'accorder une autorisation de principe en matière de prélèvement d'eau et de rejets, sous forme d'une disposition très générale²⁶. Cette autorisation est complétée par des « prescriptions » de l'ASN, dont les modalités d'édition et le contenu sont précisés à l'article R. 593-38 du code de l'environnement. Le projet de prescription, assorti d'un rapport de présentation, est transmis préalablement au préfet qui peut solliciter pour avis le conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques ; il est également transmis à la « commission locale d'information » (dont la création est obligatoire auprès de chaque installation nucléaire de base) qui peut adresser ses observations.

²⁰ Acronyme de « *As low as reasonably achievable* ».

²¹ Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (non encore codifié).

²² Articles 27, 31, 32, 34, et au 14° de l'article 33.

²³ Installations classées pour la protection de l'environnement. Étrangement, l'arrêté INB déclare applicables aux INB un grand nombre d'arrêtés concernant les ICPE, mais précise que la version pertinente de ces textes est celle en vigueur à la date de l'arrêté.

²⁴ Voir la Décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 modifiée.

²⁵ Voir la Décision n° 2017-DC-0588 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 6 avril 2017.

²⁶ Voir par exemple le décret n° 2007-534 du 10 avril 2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche), dont l'article 2.VI.1 est ainsi rédigé : « *Toute disposition est prise dans la conception et l'exploitation de l'installation, en particulier par l'utilisation des meilleures technologies industrielles disponibles à un coût économiquement acceptable, pour limiter les prélèvements d'eau douce et l'impact des rejets sur les populations et l'environnement* ».

Les prescriptions, qui doivent être compatibles avec les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux et aux schémas d'aménagement et de gestion des eaux²⁷, fixent, selon l'impact de l'installation concernée sur le milieu aquatique, d'une part, les limites de prélèvement et de consommation d'eau ainsi que les valeurs limites de rejet d'effluent radioactif pour chaque radionucléide, de même que pour les rejets d'effluents chimiques et éventuellement thermiques.

Voir par exemple les décisions encadrant les rejets et les prélèvements d'eau de la centrale nucléaire de Flamanville (y compris l'EPR de Flamanville 3) qui sont actuellement réglementés par les deux décisions suivantes :

- Décision n° 2018-DC-0639 de l'ASN du 19 juillet 2018 fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement des effluents des installations nucléaires de base n° 108, n° 109 et n° 167 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Flamanville ;
- Décision n° 2018-DC-0640 de l'ASN du 19 juillet 2018 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des installations nucléaires de base n° 108, n° 109 et n° 167 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Flamanville.

Ces décisions faisaient suite à une demande d'EDF consistant à rendre applicables dès la phase de préparation des essais à chaud de Flamanville 3 les modalités de rejet des effluents précisées par les décisions précédentes adoptées en juillet 2010.

2) Surveillance et contrôle

Les prélèvements d'eau, les rejets thermiques ou d'effluents ainsi que, plus largement, l'environnement doivent faire l'objet d'une surveillance et d'un contrôle de la part des exploitants d'installations nucléaires, conformément au chapitre II l'arrêté INB précité. Cette surveillance a notamment pour objet de vérifier le respect des valeurs limites, de détecter un dysfonctionnement de l'installation et, plus généralement, de vérifier que l'impact de l'installation sur la santé et l'environnement, notamment les produits alimentaires, est conforme à l'étude d'impact du dossier d'autorisation. Cette surveillance passe par des prélèvements et des mesures de la radioactivité, réalisés par des laboratoires agréés (ou par l'IRSN²⁸ lui-même). En pratique, elle porte notamment sur les effluents liquides avant et après rejet, l'état des eaux souterraines et des eaux de pluie ; elle consiste également à surveiller en continu la radioactivité ambiante et les poussières atmosphériques, à effectuer régulièrement des prélèvements et analyser des échantillons de la faune, de la flore et des productions agricoles (lait, céréales). Les résultats de ces mesures, en continu, quotidiennes, hebdomadaires ou mensuelles sont consignés dans des registres réglementaires que l'exploitant nucléaire transmet chaque mois à l'ASN. Celle-ci effectue en outre des inspections régulières pour vérifier la conformité du dispositif mis en place par l'exploitant avec les prescriptions réglementaires.

À ces dispositions, il convient d'ajouter que les commissions locales d'information (CLI) sont chargées d'une « *mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et d'impact des activités nucléaires sur les personnes et sur l'environnement pour ce qui concerne les installations du site* » (C. env., art. L. 125-17). À

²⁷ Mentionnés aux articles L. 212-1 et L. 212-3 du code de l'environnement.

²⁸ Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. L'IRSN a été institué pour servir d'appui technique à l'ASN (ainsi qu'à d'autres autorités de contrôle dans le secteur nucléaire). Il doit disparaître à compter du 1^{er} janvier 2025 en application de la loi du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire. Ses activités civiles (autre que celles ayant un caractère commercial) doivent être transférées à l'ASN qui deviendra l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR).

ce titre, elles peuvent « *faire réaliser des expertises, y compris des études épidémiologiques, et faire procéder à toute mesure ou analyse dans l'environnement relative aux émissions ou rejets des installations du site* » (C. env., art. L. 125-24). Selon le budget dont elles disposent (selon qu'elles aient ou non la personnalité juridique), certaines utilisent largement cette faculté²⁹.

En outre, chaque exploitant d'installation nucléaire doit établir un rapport annuel, concernant notamment « *les dispositions prises pour prévenir ou limiter les risques et inconvénients que l'installation peut présenter pour les intérêts [protégés]* » ainsi que « *la nature et les résultats des mesures des rejets radioactifs et non radioactifs de l'installation dans l'environnement* » (C. Env., art. L. 125-15). Ce rapport est soumis au comité social et économique de l'exploitant qui peut faire des recommandations, lesquelles sont obligatoirement annexées au rapport ; celui-ci est rendu public et transmis à la CLI ainsi qu'au HCTISN.

3) Contestation

Même autorisées au terme des procédures qui viennent d'être rappelées, incluant une enquête publique, des expertises et des consultations, les décisions relatives aux prélèvements d'eau ou aux rejets peuvent faire l'objet de recours³⁰, généralement de la part des associations de protection de l'environnement.

Le contentieux des décisions administratives relatives aux INB a connu dans le temps deux régimes : celui du recours pour excès de pouvoir (REP) (sous le régime des décrets précités du 11 décembre 1963 relatif aux installations nucléaires et du 4 mai 1995 relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des installations nucléaires de base) et celui du recours de plein contentieux ou de pleine juridiction depuis la loi précitée du 13 juin 2006 (voir aujourd'hui l'article L. 596-6 C. Env.). Compte tenu des conditions requises pour les recours du type REP, les actions étaient en nombre limité et rarement couronnées de succès.

C'est depuis le changement de régime contentieux qu'elles se sont multipliées. Pour autant, les requérants n'obtiennent pas souvent gain de cause, le Conseil d'État se rangeant, pour les aspects techniques et sanitaires, derrière les positions de l'ASN et/ou de l'IRSN. Comment, d'ailleurs, pourrait-il en être autrement dès lors que l'ASN³¹ est une « autorité administrative indépendante » et constitue, de ce fait, le « sachant » institutionnel.

Parmi de nombreuses décisions, on peut citer :

- l'arrêt du Conseil d'État du 27 juillet 2009³² concernant le centre de stockage de déchets radioactifs de l'Aube (CSA). Le requérant reprochait au décret modifiant le décret de création du centre (pris sur le fondement du régime des INB antérieur à la loi précitée du 13 juin 2006, ce qui explique que l'action intentée était régie par le régime des REP)

²⁹ C'est le cas en particulier de la CLI de Golfech qui a fait appel à un laboratoire indépendant pour réaliser des analyses de surveillance de l'environnement.

³⁰ Elles peuvent aussi donner lieu à des actions médiatiques, comme celle initiée par Greenpeace en juillet 1997 à propos des rejets en mer de l'usine de retraitement de La Hague, exploitée à l'époque par la société COGEMA, et qui avait conduit Dominique Voynet, alors ministre chargée de l'environnement, à annoncer l'interdiction de la pêche et de la navigation de plaisance aux abords de la canalisation de rejet des effluents, au vu des résultats des mesures effectuées par cette association et qui avaient été confirmées par l'organisme d'expertise publique compétent à cette époque.

³¹ La disparition de l'IRSN, qui rendait publics ses avis indépendamment des décisions de l'ASN, aura probablement pour effet de renforcer encore l'autorité s'attachant aux positions de l'ASNR.

³² CE, 27 juillet 2009, n° 301385, *Comité interprofessionnel du vin de Champagne*.

d'autoriser l'exploitant à procéder à des rejets d'effluents radioactifs liquides ou gazeux, ce qui n'était pas le cas auparavant, en prévoyant que ces rejets seraient gérés conformément à des dispositions définies par arrêté des ministres chargés de la santé, de l'industrie et de l'environnement. Le Conseil annule ces dispositions en considérant que le décret modificatif méconnaissait la règle générale, fixée par la réglementation applicable à l'époque, en chargeant les ministres de déterminer des prescriptions particulières sans avoir défini les caractéristiques principales des mesures à édicter.

- l'arrêt du Conseil d'État du 17 octobre 2014³³ concernant les limites de rejets dans l'environnement des trois réacteurs de Flamanville, dont l'EPR. Le Conseil était saisi par une association d'une demande d'annulation de l'arrêté interministériel homologuant la décision de l'ASN fixant les limites de ces rejets au motif, notamment, d'une méconnaissance du principe de précaution, du fait que cette décision autorisait une augmentation importante des limites des rejets de tritium sous forme gazeuse ou liquide (« eau tritiée ») en dépit des risques potentiels de cet isotope radioactif de l'hydrogène. Le Conseil rejette la demande en considérant que les limites maximales autorisées demeurent très inférieures à celles qui sont prévues par la réglementation sanitaire en vigueur et que l'augmentation des limites de rejet du tritium s'accompagne d'une diminution des rejets d'autres substances radioactives. Il ajoute que « *les études ou documents les plus récents versés au dossier, notamment le livre blanc du tritium publié le 8 juillet 2010, qui a été rédigé sur la base des réflexions du groupe de travail mis en place en 2008 par l'ASN, et les travaux de l'IRSN, s'ils soulignent la nécessité de poursuivre les recherches, confirment, en l'état des connaissances scientifiques et compte tenu des mesures prises, l'absence de risques graves pour l'environnement ou la santé publique* ».
- l'arrêt du Conseil d'État du 14 juin 2018³⁴ concernant la centrale de Fessenheim (Haut-Rhin). Le Conseil était saisi de demandes d'annulation de deux décisions de l'ASN en date du 29 mars 2016, la première fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejets d'effluents et de surveillance de l'environnement de la centrale, la seconde fixant de nouvelles valeurs limites pour ces rejets ; ces décisions faisaient suite à une déclaration de l'exploitant EDF portant sur la modification du produit utilisé pour le conditionnement des circuits secondaires et la réalisation d'opérations de dragage et de curage de prises d'eau dans le grand canal d'Alsace. Le Conseil rejette la quasi-totalité des arguments invoqués par les requérants (notamment le non-respect des règles de consultation publique), mais retient que la seconde décision de l'ASN, du fait qu'elle présente un caractère dérogatoire par rapport à l'arrêté de référence (arrêté du 2 février 1998) en ce sens qu'elle fixe des valeurs limites de rejets moins restrictives, aurait dû être motivée, conformément à l'article L. 211-3 C. Env., selon lequel « *Doivent (...) être motivées les décisions administratives individuelles qui dérogent aux règles générales fixées par la loi ou le règlement* ».

Mais cette annulation était susceptible d'avoir un effet paradoxal, à savoir de faire revivre les prescriptions antérieures, qui offraient des dérogations plus importantes. Le Conseil tient compte de cette difficulté et adopte une position très « opérationnelle »,

³³ N° 361315. Mentionné aux tables du recueil Lebon.

³⁴ CE, 14 juin 2018, n° 408881 et 408893, *Association trinationale nucléaire* (voir aussi concl. L. Dutheillet de Lamothé).

peut-on dire, en considérant que, d'une part, eu égard à l'intérêt économique et énergétique qui s'attache à la poursuite de l'exploitation de la centrale et, d'autre part, au fait que le maintien en vigueur temporaire des valeurs limites annulées, pour le seul motif d'une absence de motivation, n'entraîne pas de risques particuliers pour les « intérêts protégés » (par le code de l'environnement), « il y a lieu pour le Conseil d'État, juge du plein contentieux des mesures de police », d'autoriser EDF à rejeter dans l'environnement les effluents en cause en respectant les valeurs limites annulées jusqu'à ce que l'ASN prenne, au plus tard, le 1^{er} octobre 2018, une nouvelle décision prescrivant des valeurs limites pour ces effluents. On notera avec intérêt l'expression « il y a lieu pour le Conseil d'État », inspirée de la position adoptée dans l'arrêt d'Assemblée du 11 mai 2004³⁵, qui a admis pour la première fois qu'il puisse être dérogé, à titre exceptionnel, à l'effet rétroactif d'un acte administratif, lorsque cet effet « *est de nature à emporter des conséquences manifestement excessives en raison tant des effets que cet acte a produits et des situations qui ont pu se constituer lorsqu'il était en vigueur que de l'intérêt général pouvant s'attacher à un maintien temporaire de ses effets* ».

L'ASN a adopté une nouvelle décision le 17 juillet 2018³⁶ fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement de la centrale, en motivant les dérogations qu'elle accordait.

B) Répression

1) Cadre juridique

Le non-respect des dispositions du code de l'environnement touchant au fonctionnement des INB ainsi que des prescriptions de l'ASN relatives à ces installations est susceptible d'être pénalement sanctionné³⁷. Pour contrôler les installations et les activités nucléaires et constater les infractions éventuelles, l'ASN dispose de deux corps d'inspecteurs : les inspecteurs de la sûreté nucléaire³⁸ et ceux de la radioprotection³⁹, les premiers étant chargés du contrôle des INB (y compris leurs prélèvements d'eau et leurs rejets) et habilités à exercer des missions de police judiciaire. Ils ont ainsi le pouvoir de rechercher et de constater les infractions en dressant des procès-verbaux. Leurs compétences s'appliquent à l'ensemble des installations et équipements inclus dans le périmètre des INB, y compris ceux relevant d'autres réglementations, comme les ICPE ou les IOTA⁴⁰.

En outre, l'ASN dispose, depuis l'ordonnance du 10 février 2016, du pouvoir d'infliger des amendes administratives, lesquelles sont prononcées par une commission des sanctions⁴¹.

2) Infractions ayant eu un impact sur l'eau

L'un des événements les plus graves concernant l'atteinte portée aux milieux aquatiques par une installation nucléaire est sans doute celui survenu en juillet 2008 à l'usine de la société Socatri, filiale d'Areva à l'époque, implantée à Pierrelatte (Drôme) sur le site du Tricastin : lors d'un violent orage nocturne, un débordement s'est produit dans une cuve d'entreposage de

³⁵ Conseil d'État, Assemblée, 11 mai 2004, Association ACI et autres, n° 255886, publiée au Recueil Lebon.

³⁶ Décision n° 2018-DC-0638 du 17 juillet 2018.

³⁷ En application des articles L. 596-11 et s., R. 596-16 et s. C. Env.

³⁸ Articles L. 596-3 et s., R. 596-1 à R. 596-4 C. Env.

³⁹ Articles L. 1333-29 et R. 1333-160 CSP.

⁴⁰ Installations, ouvrages, travaux et activités soumis à la loi sur l'eau.

⁴¹ Articles L. 596-7 et s., R. 596-10 et s. C. Env.

la station de traitement des effluents uranifères et a entraîné la fuite d'une solution contenant de l'uranium dans les rivières avoisinantes.

L'événement a fait l'objet à l'époque d'une vaste couverture médiatique ; les médias, avides de sensationnalisme, parlaient d'un Tchernobyl français, alors que l'incident, si grave fût-il, n'avait rien à voir avec l'explosion d'un réacteur de puissance en plein fonctionnement. Inquiet des possibles conséquences sanitaires et environnementales, le Préfet a édicté des mesures d'interdiction de pêche, de baignade et d'irrigation ainsi que de restriction de la consommation d'eau sur plusieurs communes.

Sur plainte d'une association, Socatri a été relaxée en première instance du délit de pollution des eaux, mais condamnée en appel (en plus de sa condamnation pour retard dans la déclaration d'un incident). Sur pourvoi, la société contestait, notamment, l'existence de cette infraction au motif, d'une part, que le Préfet avait édicté des arrêtés « *en vertu du principe de précaution, lequel vise les hypothèses dans lesquelles la réalisation d'un dommage environnemental est incertaine* » et, d'autre part, que la Cour aurait dû « *rechercher si, à la date où elle a statué, le dommage effectif à l'environnement ou à la santé constitutif de l'infraction (...) était établi* ». La Cour de cassation confirme la condamnation en considérant que « *les interdictions d'utilisation des eaux et de baignade, qui s'imposaient, trouvent leur soutien dans les résultats des prélèvements immédiatement effectués et ayant entraîné les mesures prises par l'autorité préfectorale qui en sont la conséquence nécessaire* »⁴².

Par la suite, l'ASN a prescrit la mise en place d'un plan de surveillance environnementale, destiné à surveiller l'évolution des teneurs en uranium dans les compartiments de l'environnement qui étaient susceptibles d'avoir été concernés par le rejet incidentel. Le bilan effectué par l'IRSN a conclu que la surveillance réalisée au plus près du lieu de l'incident n'a pas mis en évidence de transfert significatif d'uranium dans la nappe phréatique et que les rejets ont majoritairement transité par les eaux de surface.

Tous les événements liés à des pollutions par des rejets liquides (chimiques ou radioactifs) des installations nucléaires ne sont, heureusement, pas de cette ampleur. Mais ils se produisent en dépit des mesures de prévention et de surveillance, et donnent lieu soit au constat d'une infraction par l'ASN soit à un dépôt de plainte de la part, principalement, d'associations de protection de l'environnement (voire les deux).

Parmi ces événements, on peut citer :

- L'incident survenu sur la centrale de Golfech (Tarn-et-Garonne) où s'est produit en janvier 2010 un débordement d'effluents radioactifs dans une cuve en béton non étanche, ce qui a conduit au transfert dans les eaux souterraines d'une quantité d'éléments radioactifs,
- L'incident concernant la centrale du Bugey (Ain) où une pollution au tritium a été détectée en 2017 dans la nappe phréatique, trouvant sa cause dans un défaut de surveillance dû à l'absence de dispositifs de détection automatique des fuites et au manque de réaction rapide de l'exploitant.

⁴² Cass. Crim. 26 novembre 2013, n° 5364.

Ces deux événements ont conduit à la condamnation d'EDF à une amende pour infraction, dans le premier cas, aux règles générales d'exploitation d'une installation nucléaire et, dans le second cas, pour non-respect des prescriptions de l'ASN, ainsi qu'à l'indemnisation des associations de protection de l'environnement qui s'étaient constituées parties civiles⁴³.

On peut également citer la plainte déposée en 2020 par plusieurs associations à l'encontre de la société Orano, à la suite d'un rapport d'inspection de l'ASN, révélant une pollution chimique dans les nappes alluviales sous l'usine d'enrichissement d'uranium « Georges Besse » (arrêtée définitivement en 2012), située à Pierrelatte. La société a finalement été relaxée par le tribunal judiciaire de Valence⁴⁴ au motif qu'il s'agissait d'un « *marquage historique, suivi, identifié, surveillé et limité à une zone restreinte du site* » et ne présentant aucun risque sanitaire. Toutefois, les associations ont obtenu, sous la pression de l'ASN, la remise en état de fonctionnement des installations de dépollution du site.

3) Actions en dommages-intérêts

Il convient de rappeler en préalable qu'à la suite des inspections menées dans les INB, les inspecteurs de l'ASN ont l'obligation⁴⁵ d'établir et de communiquer à l'exploitant dans un délai de deux mois un document indiquant les conclusions de leurs inspections ; ce document est publié sur le site internet de l'ASN dans un délai de quatre mois.

Ce document, appelé communément « lettre de suite », est distinct du procès-verbal qui peut être dressé en cas d'infraction, et a simplement pour objet de faire état des observations effectuées par les inspecteurs au cours de leurs contrôles. De ce fait, il comporte des informations détaillées sur les écarts constatés par ces derniers (par rapport à la réglementation nucléaire ou environnementale, ou aux prescriptions de l'ASN) et mentionne les mesures correctrices demandées par l'autorité ainsi que les délais imposés pour y procéder.

L'analyse des contentieux montre que, depuis quelques années, ces lettres sont utilisées par des associations de protection de l'environnement afin d'obtenir en justice réparation du préjudice d'atteinte aux intérêts collectifs qu'elles ont pour objet de défendre⁴⁶. Elles s'appuient à cet effet sur l'article L. 142-2 du code de l'environnement qui leur permet d'exercer les droits reconnus à la partie civile en ce qui concerne les faits portant un préjudice direct ou indirect aux intérêts collectifs qu'elles ont pour objet de défendre et constituant une infraction aux dispositions législatives relatives, notamment, à la protection de la nature et de l'environnement et à la protection de l'eau.

Parmi les nombreuses actions menées par ces associations et les décisions rendues, on peut citer l'action en justice intentée à l'encontre d'EDF et du directeur de la centrale du Tricastin en 2022 à propos du débordement d'un réservoir lors d'un transfert d'effluents radioactifs, qui avait entraîné le déversement de 900 l d'eau traitée sur la voirie puis dans les eaux

⁴³ Cour d'appel de Toulouse, 3 décembre 2012 et Cour d'appel de Lyon, 7 décembre 2021.

⁴⁴ Par jugement du 3 mai 2023.

⁴⁵ En application de l'article R. 596-5 C. Env.

⁴⁶ Les associations s'appuient également sur les déclarations que les exploitants ont l'obligation de faire dans les meilleurs délais à l'ASN et à l'autorité administrative lorsque survient un accident ou un incident du fait du fonctionnement de l'INB (ou d'un transport de matières radioactives) (C. env., art. L. 591-5).

souterraines, et avait fait l'objet d'une déclaration d'événement significatif par l'exploitant suivie d'une inspection réactive de l'ASN. Sur citation directe devant le Tribunal judiciaire de Valence, l'association a réclamé la condamnation de l'exploitant et de son représentant, notamment, pour délit de pollution des eaux et le versement de dommages et intérêts au titre du préjudice moral. L'audience a eu lieu en juillet 2024.

II) L'eau, menace pour le nucléaire ?

Si le nucléaire peut constituer une menace pour l'eau, l'inverse est aussi vrai : qu'il n'y en ait pas assez (pénurie) ou qu'il y en ait trop (inondation et submersion).

A) Le risque de pénurie d'eau et celui de réchauffement des rivières

Les périodes d'étiage ont toujours eu un impact sur les centrales nucléaires, en obligeant à réduire les prélèvements d'eau et les rejets thermiques, voire à arrêter les installations ; mais cet impact se trouvait atténué par le fait que les besoins en électricité étaient en principe réduits, du moins avant le recours massif aux équipements de climatisation. Ces dernières années, les fortes chaleurs se sont faites plus intenses et plus fréquentes, générant du fait de la pénurie d'eau un risque pour la sûreté des installations ainsi que pour l'environnement en raison du réchauffement des cours d'eau.

Pour certaines centrales situées en bord de fleuve, depuis les canicules de 2003 et 2006, deux niveaux de limite maximale de rejets thermiques ont été prescrits de manière permanente par l'ASN⁴⁷ :

- Le premier niveau de limite réglemente les rejets thermiques en imposant un échauffement maximal de l'eau entre l'amont et l'aval de la centrale ainsi que, pour la plupart des centrales, une température maximale de l'eau à l'aval ;
- Le second niveau de limite, portant sur les mêmes paramètres, intervient si le premier niveau de limite ne peut être respecté et doit conduire à la baisse de puissance ou l'arrêt d'un réacteur alors que, dans le même temps, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité (RTE) exprime le besoin de maintenir une puissance minimale pour assurer la sécurité du système électrique.

C'est ainsi que l'ASN a été amenée à prendre dès l'été 2022, des décisions⁴⁸ concernant plusieurs centrales⁴⁹ par lesquelles l'EDF est autorisée, à titre dérogatoire, à effectuer des rejets thermiques⁵⁰ conduisant à une augmentation de 1 à 3° et portant la température à 29 ou 30° selon le cas. Ces décisions, qui ont été vivement critiquées par les associations de protection de l'environnement⁵¹, s'appuyaient, d'une part, sur le besoin exprimé par RTE (Réseau de Transport d'Électricité) de maintenir, pour les centrales nucléaires concernées, un niveau minimum de production afin d'assurer la sécurité du système électrique et, d'autre

⁴⁷ Voir la Note technique de l'ASN, août 2024, intitulée « Rejets thermiques des centrales nucléaires pendant les périodes estivales » ainsi que les dossiers EDF à l'appui de l'étude d'impact de ses demandes d'autorisation.

⁴⁸ Ces décisions ont fait l'objet d'une homologation par arrêtés ministériels de juillet et août 2022.

⁴⁹ Bugey, Tricastin, Saint-Alban, Golfech et Blayais.

⁵⁰ En application du II de l'article R. 593-40 C. Env.

⁵¹ En raison de l'impact du réchauffement sur la flore et la faune et de la moindre dilution des polluants du fait du manque d'eau.

part, sur le souhait du Gouvernement de maintenir autant que possible la production électrique des centrales nucléaires pour préserver les réserves de gaz naturel et d'eau des barrages hydroélectriques en vue de l'automne et de l'hiver 2022-2023, dans un contexte de forte tension sur le plan énergétique. En contrepartie, l'ASN a prescrit une surveillance renforcée du milieu aquatique impliquant des prélèvements et mesures pour les centrales mettant en œuvre ces décisions.

B) Le risque d'inondation ou de submersion

1) L'inondation de la centrale EDF du Blayais (Gironde)

Le premier incident, qui plus est majeur, témoignant de la menace que l'eau peut constituer pour une centrale nucléaire est celui survenu sur celle du Blayais en décembre 1999 lors de la tempête Martin, qui a provoqué une brusque montée des eaux de l'estuaire de la Gironde et l'inondation d'une grande partie de l'INB, dont la salle de commande et les équipements de refroidissement.

Lors de la construction de la centrale, la plateforme d'implantation avait été surélevée pour éviter l'inondation, puis une première digue avait été construite dans les années 1980, mais l'administration de contrôle compétente à l'époque ne l'avait pas jugée d'une hauteur suffisante et avait demandé que des travaux soient engagés rapidement ; toutefois, EDF avait retardé l'échéance des travaux au début de 2002.

Lors de l'inondation, le refroidissement de la centrale avait pu être assuré *in extremis* par le système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur, évitant ainsi la fusion du réacteur. L'incident n'ayant conduit à aucun dépassement des autorisations de rejets radioactifs, celui-ci n'a été classé qu'au niveau 2 de l'échelle INES (qui en compte 7).

Par la suite, EDF a mis en œuvre un « REX⁵² Blayais », consistant à renforcer les mesures de protection des toutes ses centrales contre le risque d'inondation.

De son côté, l'Autorité de sûreté nucléaire, tirant les enseignements de cet incident, a mis en place un groupe de travail en 2005 ayant pour objet de mener une réflexion de fond et d'élaborer des dispositions applicables aux installations existantes ainsi qu'à toute nouvelle INB. A l'issue des travaux des experts et de la consultation du public, un nouveau guide portant sur la protection des INB contre le risque d'inondation externe a finalement été publié en 2013 (tenant compte également des enseignements tirés de l'accident de Fukushima Daiishi – cf. *infra*)⁵³.

2) La submersion des équipements de refroidissement de la centrale de Fukushima Daiishi (Japon)

Plus grave encore que l'inondation de la centrale du Blayais est l'accident survenu à la centrale de Fukushima Daiishi le 11 mars 2011, qui trouve son origine dans un tsunami faisant suite à

⁵² Retour d'expérience.

⁵³ Guide de l'ASN n° 13 : « Protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes » qui a remplacé l'ancienne règle fondamentale de sûreté « RFS 1.2.e » du 12 avril 1984.

un tremblement de terre de très forte intensité. La vague a submergé la digue qui avait été construite pour protéger les installations de refroidissement de la centrale, implantées sur une emprise sur la mer, et a noyé l'ensemble des équipements (diesels de secours et cuves de fioul) provoquant la perte des systèmes de sûreté et ultérieurement la fusion de 3 réacteurs sur 6 (et la pollution de la nappe phréatique). L'insuffisance de la hauteur de la digue (10 m) avait été signalée par des experts indépendants, mais l'exploitant n'en avait pas tenu compte. Et l'autorité de sûreté nucléaire ne disposait pas à l'époque du statut juridique lui permettant d'imposer à l'exploitant la réalisation des travaux nécessaires⁵⁴. Cet accident a été classé au niveau 7 (maximum) de l'échelle INES.

En août 2023, le gouvernement japonais a autorisé l'exploitant à rejeter en mer des eaux usées issues de la centrale accidentée, malgré une vive opposition de la Chine et l'inquiétude des pêcheurs nippons. Ces eaux, qui proviennent des pluies, des nappes souterraines et aussi des injections nécessaires pour refroidir les cœurs des trois réacteurs entrés en fusion après le tsunami, sont contaminées au tritium ; mais cette contamination est très inférieure à la limite sanitaire fixée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), selon les experts de l'AIEA⁵⁵ qui a donné son feu vert à cette opération. Ces rejets doivent se poursuivre progressivement et pendant plusieurs décennies, jusque dans les années 2050. L'eau est filtrée au préalable pour la débarrasser de la plupart de ses substances radioactives, à l'exception du tritium, et diluée pour que le tritium demeure inférieur à la limite prescrite.

On notera avec intérêt la réaction de la Chine qui a déclaré dans un communiqué : « *L'océan est le bien commun de l'humanité. Le déversement par la force dans la mer de l'eau contaminée provenant de la centrale nucléaire de Fukushima est une action extrêmement égoïste et irresponsable qui ne tient aucun compte de l'intérêt public international* ».

3) Les Évaluations complémentaires de sûreté (ECS)

À la suite de l'accident de Fukushima, le gouvernement français a décidé la réalisation d'« évaluations complémentaires de sûreté (ECS) » consistant en un réexamen de sûreté des installations nucléaires pour tester leur résistance à des phénomènes naturels extrêmes mettant à l'épreuve les fonctions de sûreté des installations et susceptibles de conduire à un accident grave. Cette démarche s'est inscrite dans le cadre de la réalisation de tests de résistances de sûreté (« stress tests ») demandée par le Conseil européen. Toutefois, la mesure européenne ne concernait que les centrales nucléaires alors que la décision française s'est appliquée à toutes les INB (plus de 150 au total, exploitées par 13 entités distinctes).

L'intérêt de cette initiative est qu'elle portait non seulement sur l'impact de phénomènes naturels extrêmes, comme les séismes, les inondations ou les submersions, mais aussi sur leur cumul, ce qui constituait une nouveauté par rapport aux démonstrations de sûreté que chaque exploitant doit présenter lors de la demande de création de l'installation et justifier à tout moment.

⁵⁴ Depuis lors, tirant les leçons de l'accident, le gouvernement japonais a modifié le statut de l'autorité de sûreté (devenue la « *National Regulation Authority – NRA* »), qui lui permettrait d'imposer une telle mesure à l'exploitant. Voir à cet égard : « *Nuclear safety, Nuclear liability, and the role of the State: Lessons from the Fukushima Accident* », Ryoko Kusumi, Thèse, Aix-Marseille Université, 2023.

⁵⁵ Agence Internationale de l'Énergie Atomique, agence de l'ONU installée à Vienne.

Un cahier des charges a été établi par l’Autorité de sûreté nucléaire, approuvé par le Haut Comité pour la transparence et l’information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) et aussitôt notifié aux exploitants, pour une réalisation des ECS étalée sur deux ans selon les installations et les exploitants ; le premier concerné était EDF, qui a dû rendre en septembre 2011 un rapport pour chacun de ses 58 réacteurs.

Dans ces rapports, EDF a proposé différentes mesures de renforcement de la sûreté, concernant notamment les risques liés à la ressource en eau :

- La mise en place d'un dispositif autonome de pompage direct dans la nappe phréatique pour permettre une réalimentation des générateurs de vapeur, le circuit primaire ou la piscine de désactivation des combustibles ;
- Le renforcement de la robustesse des turbopompes d'alimentation des générateurs de vapeur ;
- La mise en place d'un Diesel supplémentaire d'ultime secours (DUS) par tranche, robuste aux inondations et aux séismes.

S’y est ajoutée une mesure emblématique consistant à créer au niveau national une « Force d’Action Rapide Nucléaire (FARN) » capable d’apporter son soutien, voire de remplacer, les équipes de crise locales et de rétablir et pérenniser le refroidissement des réacteurs. À noter que cette FARN est intervenue trois fois depuis sa création, mais jamais sur un incident de nature nucléaire.

À la suite de la publication en janvier 2012 des conclusions des ECS conduites en 2011, l’ASN a pris, en juin 2012, 32 décisions fixant chacune une trentaine de prescriptions complémentaires relatives aux centrales nucléaires d’EDF, aux installations d’AREVA (cycle du combustible) et à certains réacteurs du CEA. Selon la localisation des centrales, ces prescriptions concernent les menaces que les agressions naturelles externes telles « l’inondation (dont les pluies de forte intensité), les vents extrêmes, la foudre, la grêle et la tornade », font peser sur le « noyau dur ». Ce concept vise à disposer de structures et équipements résistant à des événements extrêmes et assurant les fonctions fondamentales pour la sûreté des installations et pour la gestion de crise du site⁵⁶.

4) La nécessaire prise en compte du changement climatique

a) Les observations de la Cour des comptes

Dans son rapport public annuel 2024⁵⁷, la Cour des comptes observe que « *les parcs nucléaires et hydro-électrique ont en commun d’être à la fois des infrastructures prévues pour fonctionner sur le long terme et d’être dépendants de la ressource en eau pour l’exploitation et la sûreté des installations. Or, la disponibilité de l’eau est affectée par le réchauffement climatique, dont les impacts directs sur la ressource iront grandissant (baisse des débits, pressions environnementales, arbitrage sur les usages)*. La Cour appelle en conséquence l’attention des pouvoirs publics sur ce problème, en particulier au regard du programme dit « nouveau

⁵⁶ Toutes les décisions de l’ASN concernant les centrales nucléaires, datées du 21 janvier 2014, comportent la même rédaction sur ce point.

⁵⁷ « Deuxième partie – chapitre 3 – L’adaptation des parcs nucléaire et hydro-électrique au changement climatique », pp. 321 et s., 12 mars 2024. Ce chapitre fait suite à une communication de la Cour sur l’adaptation au changement climatique du parc de réacteurs nucléaires remise au Sénat au mois de février 2023, à la suite de la saisine de la Cour par la Commission des finances du Sénat.

nucléaire », incluant une première tranche de 6 EPR2⁵⁸ de 1650 MW prévus pour fonctionner au moins 60 ans, puis une seconde tranche additionnelle à l'étude de 8 EPR2⁵⁹.

Le rapport de la Cour indique que le service climatique d'EDF réalise une sélection de projections climatiques à partir de scénarios du GIEC⁶⁰ ainsi que des projections temporelles pour alimenter les stratégies de prévention et d'adaptation du parc nucléaire. Sont prises en compte dans ces exercices différentes hypothèses d'agressions externes d'origine climatique (canicule, inondation, tornade, etc.) auxquels sont associés des paramètres physiques tels : les températures élevées de l'air et de l'eau, la sécheresse entraînant une diminution des débits des cours d'eau, le risque de submersion marine (marée, vitesse des vents, etc.), le niveau de neige, les épisodes orageux, etc.

La Cour observe que le changement climatique a d'ores et déjà eu des conséquences sur la production d'électricité ; elle indique que les pertes sont demeurées inférieures à 1 % de la production en moyenne annuelle ces deux dernières décennies et qu'elles concernent surtout les centrales dites thermosensibles situées en circuit ouvert en bord de rivière ou estuaire. Elle précise cependant que les dernières études d'EDF laissent augurer un taux d'indisponibilité multiplié par trois ou quatre d'ici 2050.

Elle appelle en conséquence EDF, dans la perspective du « nouveau nucléaire », à concevoir des modèles de long terme (les nouveaux réacteurs étant appelés à fonctionner jusqu'en 2100, voire au-delà) tenant compte des aléas climatiques qui seront d'une autre ampleur que celle connue ces dernières années. Elle invite l'exploitant à explorer « *de nouvelles voies permettant de sécuriser les infrastructures et l'exploitation tout en optimisant la production au regard de la gestion de l'eau* » et à anticiper « *la localisation des nouveaux réacteurs selon, entre autres critères, les contraintes liées au climat* ». Elle note à cet égard que les futurs réacteurs de Penly seront installés à 11 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui n'était pas le cas de ceux de Gravelines.

Dans ses conclusions, la Cour fait plusieurs recommandations touchant notamment les rejets thermiques des centrales, la R&D sur des systèmes de refroidissement sobres en eau ainsi que sur des systèmes de traitement biocide plus sobres en réactifs chimiques rejetés dans le milieu naturel, des études de préfaisabilité prenant en compte le changement climatique concernant les 8 EPR2 en option.

b) Les alertes citoyennes

L'association Greenpeace a publié le 3 octobre 2024 un rapport⁶¹ mettant en doute la sûreté de la centrale de Gravelines (Nord) face aux risques liés au changement climatique et recommandant de ne pas construire sur ce site les deux EPR2 qui font l'objet, depuis le 17 septembre, d'un débat public piloté par la Commission nationale du débat public (CNDP).

⁵⁸ L'EPR2 est présenté comme la version industrialisée des réacteurs EPR de même puissance, dont 2 exemplaires ont été construits à Taishan en Chine, 1 à Olkiluoto en Finlande et 1 à Flamanville en France, soit 4 au total.

⁵⁹ Déclaration du Président de la République sur la politique de l'énergie, le 10 février 2022 à Belfort.

⁶⁰ Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) est l'organe international chargé d'analyser scientifiquement les changements climatiques.

⁶¹ Rapport intitulé « La centrale nucléaire de Gravelines, un château de sable en bord de mer ».

La Société française d'énergie nucléaire (Sfen) a aussitôt réagi⁶² en soulignant que le site de Gravelines a déjà fait l'objet d'aménagements spécifiques pour faire face aux risques climatiques, notamment aux inondations causées par une montée du niveau de la mer, suite aux « évaluations complémentaires de sûreté (ECS) » réalisées après l'accident de Fukushima. Elle précise qu'EDF a déjà pris des marges de sécurité importantes qui dépassent les scénarios les plus catastrophiques concernant le réchauffement climatique et la montée des eaux, fondés sur les hypothèses les plus pénalisantes auxquelles a été ajoutée une surcote liée à des événements millénaux.

Comme on le voit, le débat est ouvert.

Conclusion

Il est indéniable que les risques que l'eau et le nucléaire se créent réciproquement font l'objet, et depuis plusieurs décennies, d'une réglementation très contraignante comprenant tout un arsenal de procédures de documentation, d'instruction, d'expertise, d'information et de consultation du public, de surveillance et de contrôle ainsi que de sanction. Ces procédures s'inspirent du souci de trouver un équilibre entre, d'une part, la protection de la santé et de l'environnement et la préservation d'une ressource naturelle vitale, et d'autre part, les besoins en énergie et les intérêts économiques et sociaux, tant de la nation que des communautés locales affectées par les projets d'installations nucléaires ainsi que par leur fonctionnement. Même si certains, selon qu'ils se placent du côté des producteurs d'électricité d'origine nucléaire ou des gardiens de la nature, considèrent que ce souci privilégie davantage tel intérêt plutôt que tel autre.

Mais le réchauffement climatique montre que cet objectif, aussi louable soit-il, est insuffisant, eu égard à l'importance que revêt l'eau pour la société et pour l'humanité. Afin de contribuer à la lutte contre ce réchauffement, il est indispensable que l'industrie nucléaire accélère le développement de technologies de refroidissement alternatives, comme les systèmes de refroidissement à sec qui diminuent l'utilisation de l'eau, et de moyens de récupération et de traitement des effluents en vue de réduire leur impact sur l'eau. Et c'est d'autant plus nécessaire dans la perspective de la « relance du nucléaire » avec la construction annoncée de plusieurs EPR2 par EDF et l'installation, telle qu'envisagée par plusieurs investisseurs privés, de « petits réacteurs modulaires (PRM) »⁶³ pour la production d'électricité ou de chaleur, la désalinisation de l'eau de mer ou la production d'hydrogène vert.

⁶² Communiqué intitulé : « Décryptage du rapport de Greenpeace sur le risque d'inondations des EPR2 de Gravelines ».

⁶³ « Small modular reactors ».

L'interdiction de l'immersion en mer des déchets radioactifs

Nicolas PAUTHE

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

Résumé : Les États ayant recours à l'énergie nucléaire ont au départ choisi d'immerger en mer les déchets radioactifs. Au niveau international, l'interdiction de cette pratique s'est faite par étapes successives durant la seconde moitié du XXe siècle. La Convention de Londres en 1972, puis son Protocole en 1996, ont été les textes les plus importants. Cette étude vise à présenter les grandes lignes de cette évolution sous un angle critique. Si l'interdiction de l'immersion n'est pas optimale, et elle n'est pas suffisante pour épargner les milieux marins de tout rejet de radionucléides.

Mots-clés : milieux marins ; déchets radioactifs ; Convention de Londres ; Protocole de Londres ; immersion ; rejet ; radionucléides ; interdiction ; nucléaire ; pollution.

Abstract: States using nuclear energy initially chose to dump the radioactive waste generated by its use at sea. At international level, this practice was banned in successive stages during the second half of the 20th century. The 1972 London Convention, followed by the 1996 Protocol, were the most important texts. The aim of this study is to present the broad outlines of this evolution from a critical angle. While the ban on dumping is not optimal, it is not sufficient to protect marine environments from radionuclide releases¹.

Keywords: marine environment; radioactive waste; London Convention; London Protocol; dumping; disposal; radionuclides; ban; nuclear ; pollution.

« [S]i les uns ne virent là qu'un problème purement scientifique à résoudre, les autres, plus positifs, surtout en Amérique et en Angleterre, furent d'avis de purger l'océan de ce redoutable monstre ».

Jules Verne, *Ville milles lieues sous les mers*, 1870.

Les États nucléarisés ont au départ opté pour une solution simple et peu onéreuse, en immergeant leurs déchets radioactifs en mer. Le principe de dilution justifiait cette pratique² : on considérait la mer si vaste que les déchets radioactifs allaient se diluer sans conséquence notable pour les milieux marins. Les campagnes médiatisées de Greenpeace ont marqué l'opinion dans les années 1970, en mettant des images sur une réalité qui n'était pas secrète, mais que l'on pouvait avoir du mal à se représenter. Les militants de l'association, à bord de canots, ont plusieurs fois tenté de barrer la route à des bateaux déversant dans la mer des fûts remplis de déchets radioactifs, subissant les réactions parfois violentes des équipages³.

Entre autres, en Atlantique nord-est⁴, on évalue à près de 200 000 le nombre de fûts de 200 litres de ces déchets ayant été immergés⁵, et n'ayant pour l'heure toujours pas été récupérés. Nombre d'entre eux sont désormais en état de détérioration avancé, ce qui rend cette

¹Traduit avec [www.deepl.com].

²D. GOEURY, « La pollution maritime », in WOESSNER R. (dir.), *Mers et océans*, Paris, 2014, Atlante, Clefs concours, pp. 234-247.

³Pour visionner des images d'une campagne menée notamment dans le Golfe de Gascogne, diffusées au 20h d'Antenne 2, en 1979 : [https://www.ina.fr/ina-eclair-actu/video/cab7901132301/greenpeace].

⁴Cette option est évoquée dans un documentaire dans lequel peuvent être visionnées des images datant de 1962, présentant l'immersion en mer : [https://www.youtube.com/watch?v=rUDwK5IEaGw].

⁵L. CAILLOCE, « Atlantique : sur la piste des fûts radioactifs », *lejournal.cnrs*, 2022 : [https://lejournal.cnrs.fr/articles/atlantique-sur-la-piste-des-futs-radioactifs].

récupération presque impossible. L'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) précise que dans ces fûts « *des déchets radioactifs provenant de la recherche, de la médecine, de l'énergie nucléaire et des activités militaires ont été emballés (...), enrobés dans une matrice en béton ou en bitume* ». Entre 1946 et 1982, selon des pratiques spécifiques à chacun, 14 pays ont régulièrement immergé des déchets radioactifs dans les océans Atlantique et Pacifique, la première ayant eu lieu à 80 km au large des côtes californiennes⁶.

Selon l'inventaire réalisé par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra)⁷, la France n'a pas été active très longtemps, ce qui s'explique en partie par l'ouverture du Centre de stockage de la Manche autorisée en 1969. Cela étant, elle relève que lors de la campagne coordonnée par l'Agence Européenne de l'Énergie Nucléaire (AEEN) en 1967, la France a immergé 896 conteneurs métalliques contenant des déchets enrobés dans du béton, d'une activité totale de 0.4 térabecquerel (TBq), et 30 700 fûts en acier galvanisé contenant des boues de traitement d'effluents liquides épaissies pour une activité totale de 220 TBq. Lors de celle de 1969, ce furent 14 800 conteneurs de fûts métalliques contenant des boues de traitement d'effluents liquides enrobées ou non dans du bitume ou des déchets bétonnés, immergés à plus de 4000 m de profondeur, pour une activité de 134 TBq. En revanche, la pratique française de l'immersion s'est poursuivie jusqu'en 1982 dans le Pacifique. Sur le site *Novembre*, situé entre 4 et 8 km de l'atoll de Mururoa, 76 tonnes de déchets radioactifs non-conditionnés ont été immergés entre 1972 et 1975, pour une activité totale de huit gigabecquerels (GBq). Sur le site *Oscar*, 2580 tonnes de déchets conditionnés dans des conteneurs de béton ou en vrac ont été immergés entre 1974 et 1982, pour une activité d'environ 60 GBq. Et sur le site *Hôtel*, 310 tonnes de déchets radioactifs conditionnés en fûts de béton et 222 tonnes de déchets radioactifs en vrac ont été immergés entre 1967 et 1975 pour une activité totale de 15 GBq. Pour autant, la pratique française de l'immersion est minime par rapport à la part totale des immersions marines réalisées dans le monde. À titre de comparaison, la France a réalisé 0.8% des immersions totales, tandis que le Royaume-Uni est à l'origine de 77.41% d'entre eux⁸.

L'opinion publique s'est très vite offusquée de telles pratiques. Cette réaction a fait suite à celle d'océanographes, le Commandant Cousteau en tête⁹, reprise ensuite par les populations concernées¹⁰ au premier chef par la pratique des immersions¹¹. Le Centre d'Énergie Atomique (CEA) avait par exemple envisagé en 1962 d'immerger dans la Méditerranée 6 500 fûts de déchets radioactifs, à une profondeur de 2 500 m, à 80 km au large des côtes entre Toulon et la Corse. Les protestations locales l'ont conduit à abandonner son projet.

Dès 1958, la Conférence des Nations Unies sur le droit de la mer tenue à Genève a conclu que « *tout État doit prendre des mesures pour éviter la pollution des mers due à l'immersion de*

⁶On dénombre 56 000 barils de ces déchets au large de Los Angeles : [<https://www.science-et-vie.com/nature-et-environnement/pollution-radioactive-toxique-cote-californie-127223.html>].

⁷Andra, *Les déchets radioactifs immergés*, 2017, p. 11 :

[https://inventaire.andra.fr/sites/default/files/documents/pdf/fr/dossier_dechets_immerges.pdf].

⁸Statistiques disponibles sur le site de l'Agence fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN), l'autorité de sûreté nucléaire belge : [<https://afcn.fgov.be/fr/dossiers/dechets-radioactifs/gestion-des-dechets-radioactifs/immersion-en-mer-de-dechets-radioactifs>].

⁹Le Monde, « Le Commandant Cousteau critique les conditions dans lesquelles est organisée l'immersion des déchets radioactifs », *Le Monde*, 11 octobre 1960.

¹⁰Le Monde, « Protestations contre l'immersion de déchets radioactifs dans le Golfe de Gascogne », *Le Monde*, 31 juillet 1972.

¹¹Ainsi, « *l'on comprend l'inquiétude des marins-pêcheurs, qui ramènent parfois dans leurs filets ou leurs chaluts des barils renfermant des résidus nucléaires. C'est ainsi qu'en 1960 des marins-pêcheurs de La Rochelle, de Concarneau et de Guilvinec avaient, à différentes reprises, relevé des fûts de 200 litres enrobés de béton et contenant chacun 20 litres de déchets radioactifs* ». J.-P. QUNEUDEC, « Le rejet à la mer des déchets radioactifs », *AFDI*, 1965, p. 753.

déchets radioactifs »¹². En 1961, l'AIEA recommande que ces immersions aient lieu sur des sites désignés par une autorité compétente qui assurerait aussi le contrôle des opérations. À partir de 1967, l'agence spécialisée de l'OCDE¹³ commence à coordonner les opérations d'immersion auprès des pays européens¹⁴. Elles ont lieu sur trois sites situés en Atlantique Nord-Est entre 1967 et 1982¹⁵, et conduisent l'OCDE à créer un mécanisme de consultation sur l'immersion des déchets radioactifs¹⁶. En 1972, la Convention de Londres est signée. Elle interdit l'immersion des déchets fortement radioactifs et exige une autorisation spéciale pour immerger les déchets faiblement radioactifs. Un moratoire est alors décidé en 1983, le temps que les connaissances scientifiques soient précisées sur les risques de telles immersions. La même année, la Convention de Montego Bay sur le droit de la mer¹⁷ retient une approche non-ciblée sur les déchets radioactifs. Les États parties doivent, selon l'article 192, « protéger et préserver le milieu marin », et prendre « toutes les mesures (...) nécessaires pour prévenir, réduire et maîtriser la pollution du milieu marin », ce que précise ensuite l'article 193. La pollution par immersion est, elle, au cœur de l'article 210. Malgré ces évolutions, certains États, l'URSS principalement, ont néanmoins poursuivi les immersions jusqu'en 1993, année où les États parties à la Convention de Londres se sont accordés pour mettre un terme définitif à cette pratique. Une trentaine des États signataires de la Convention de 1972 ont ensuite adopté en 1996 son protocole additionnel, appelé « Protocole de Londres », qui est entré en vigueur en 2006.

Des études ont néanmoins été menées pour tenter de mieux exploiter l'option maritime. Débutée en 1973, l'une d'elles a évalué la possibilité d'un stockage sur le plancher des grands fonds marins. En substance, elle a révélé que « la colonne d'eau n'était pas aussi stable qu'envisagé et que des échanges s'établissaient entre la surface et le fond »¹⁸. Initiée en 1976, une étude internationale sur l'insertion des déchets dans les sédiments à l'aide de pénétrateurs a révélé que « les conteneurs s'enfonçaient à plus de 30 mètres et que les trous créés étaient in fine comblés par des sédiments remaniés d'une densité équivalente à celle des sédiments initialement présents »¹⁹. De même, les projets de forages prévoient qu'ils « traversent l'ensemble des sédiments meubles pour s'ancrer dans le socle rocheux généralement balistique, dans lequel devaient être placés les conteneurs de déchets »²⁰. Comme le souligne l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), « [l]'évolution du droit de la mer et les initiatives internationales engagées pour protéger les océans (...) ont progressivement conduit à un ralentissement des recherches sur le stockage des déchets sous les fonds marins puis à leur arrêt suite au moratoire des déchets en mer en 1983 ».

¹²Article 25 de la Convention des Nations Unies sur la haute mer du 29 avril 1958 : [https://treaties.un.org/doc/Treaties/1963/01/19630103%2002-00%20AM/Ch_XXI_01_2_3_4_5p.pdf].

¹³Créée en 1958 sous l'appellation « Agence Européenne de l'Énergie Nucléaire » (AEEN) le 1er février 1958, elle a changé d'appellation le 20 avril 1972 après l'adhésion du Japon, pour devenir l' « Agence de l'Énergie Nucléaire ».

¹⁴N. Y., « Onze mille tonnes de produits radioactifs ont été émergés cet été dans l'Atlantique », *Le Monde*, 29 décembre 1967.

¹⁵OCDE, « Mécanisme de surveillance pour l'évacuation des déchets radioactifs en mer », *L'observateur de l'OCDE*, n°88, 1977, pp. 19-21. [https://www.oecd.org/fr/publications/1977/09/oecd-observer-volume-1977-issue-4_g1g3418f.html].

¹⁶Le Monde, « L'OCDE crée un mécanisme de consultation sur l'immersion des déchets radioactifs », *Le Monde*, 26 juillet 1977.

¹⁷Convention de Montego Bay sur le droit de la mer, signée le 10 décembre 1982 et entrée en vigueur le 16 novembre 1994. [csh-ci.org/doc/Convention%20de%20Montego%20Bay%20sur%20le%20Droit%20de%20la%20mer.pdf].

¹⁸IRSN, *Panorama international des recherches sur les alternatives au stockage géologique des déchets de haute et moyenne activité à vie longue*, Rapport IRSN 2019-00318, p. 31. [https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/expertise/rapports_expertise/IRSN_Rapport-2019-00318_Alternatives-Stockage-Geologique-Dechets-HAMAVL.pdf]. Ce rapport fait état de nombreuses autres options envisagées, notamment celle d'envoyer des déchets radioactifs dans l'espace, étudiée par la NASA dans les années 1970. Celle-ci a envisagé leur envoi sur la Lune ou leur mise en orbite autour du Soleil. Parmi les moyens envisagés, la NASA a proposé d'utiliser une navette spatiale associée à un véhicule de transfert en orbite ou un lanceur lourd. Le rapport précise en outre que l'URSS et le Kazakhstan ont également envisagé une option similaire.

¹⁹*Idem*.

²⁰*Idem*.

L'approche des déchets radioactifs que retiennent les textes est opportunément extensive. Ces déchets sont classés en fonction de leur niveau de radioactivité (l'activité est exprimée en becquerels), et leur durée de vie (la période radioactive est mesurée en années). Le Protocole de 1996 utilise la notion plus large de « *déchets et autres matières* », qu'il vise à son article 1.5.8 comme désignant « *les matériaux et substances de tout type, de toute forme et de toute nature* »²¹. Le Protocole ne fait sur ce point que reprendre les termes de l'article 3.4 de la Convention de 1972. La graduation du degré de dangerosité de tels déchets et substances a pu influencer les premières réponses juridiques apportées par les textes internationaux, mais ceux-ci semblent désormais les appréhender d'une manière plus globale. L'évolution de l'interdiction de l'immersion répond alors surtout à plusieurs exigences d'ordres moral et politique et s'inscrit dans une réflexion sur les rapports qu'entretient l'être humain avec l'environnement²². « *Malgré l'engagement pris d'effectuer un suivi régulier des déchets radioactifs en mer, seules deux campagnes scientifiques ont été organisées, dans les années 1980* »²³, ce qui a justifié qu'une mission scientifique soit menée pour aller vérifier l'état des fûts jetés par les États européens dans les abysses de l'Atlantique Nord-Est et étudier les conséquences de ces rejets sur les écosystèmes.

Si l'interdiction de l'immersion des déchets radioactifs s'est faite progressivement dans le temps **(I)**, elle se révèle alors à elle seule insuffisante pour comprendre la logique par laquelle la prise en compte juridique de cette immersion se construit à l'échelle internationale **(II)**.

I) Une interdiction progressive

La prise de conscience des États nucléarisés a été scellée par la Convention de Londres de 1972 **(A)**. Elle a ensuite été renforcée par l'adoption du Protocole additionnel en 1996 **(B)**.

A) Une interdiction partielle sur le fondement de la Convention de Londres de 1972

La première étape décisive a été l'interdiction de l'immersion des déchets les plus radioactifs par la Convention de 1972 **(1)**, qui a permis près de vingt ans plus tard d'interdire toutes les immersions **(2)**.

1) Une interdiction minimale consacrée par la Convention de Londres de 1972

L'article XII d. de la Convention de 1972 prévoit que les États parties s'engagent à promouvoir, dans le cadre des institutions spécialisées compétentes et d'autres organismes internationaux, des mesures de protection du milieu marin contre la pollution provoquée par « *les polluants radioactifs de toute origine, y compris des navires* ». Parmi les applications d'une telle stipulation, on peut citer l'initiative menée en ce sens dans le cadre de l'OCDE. Entre autres actions, celle-ci a rendu une décision le 22 juillet 1977, instituant un mécanisme de consultation et de surveillance pour l'immersion des déchets radioactifs en mer, afin

²¹ Il ne se limite pas aux seuls déchets et matières radioactifs, mais les inclut dans une logique plus vaste de protection des milieux marins.

²² On peut renvoyer, ici, à la réflexion menée autour de la notion de « communs négatifs ». M. Mies et V. Bennholdt-Thomsen, « Defending, Reclaiming and Reinventing the Commons », *Canadian Journal of Development Studies – Revue canadienne d'études du développement*, 22, n°4, 1^{er} janvier 2001, pp. 997-1023.

²³ L. CAILLOCE, précité.

d'encourager à la coopération internationale et régionale à la mise en œuvre de procédures²⁴.

Selon l'Annexe I de la Convention de 1972, en son point 6, les États parties doivent interdire l'immersion des « *déchets fortement radioactifs et autres matières fortement radioactives définies par (...) l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, comme impropres à l'immersion en raison de leurs effets sur la santé humaine, la biologie ou dans d'autres domaines* ». Cette interdiction ne concerne que les déchets les plus radioactifs. Surtout, si l'on s'en tient à la lettre du texte, deux limites peuvent être notées, puisque la forte radioactivité d'un déchet n'est en apparence pas suffisante pour qu'il soit concerné par l'interdiction de l'immersion. D'une part, il faut qu'il ait été désigné comme tel par l'AIEA. D'autre part, un lien doit pouvoir être établi entre son fort niveau de radioactivité et ses effets sur la santé humaine²⁵, la biologie ou dans d'autres domaines. La référence à ces « autres domaines » est toutefois formulée en des termes suffisamment larges pour englober toutes les situations existantes, ce que vient renforcer son caractère alternatif des autres cas de figure que verbalise la conjonction de coordination « ou ».

Enfin, l'Annexe II, en son point D, prévoit que pour les déchets radioactifs ou autres matières radioactives non compris dans l'Annexe I, pour la délivrance des permis d'immersion de ces matières, les Parties « *tiennent dûment compte des recommandations (...) de l'AIEA* ». La formulation est souple, notamment pour introduire plus efficacement cette organisation internationale dans le processus décisionnel sans le contraindre à l'excès, ni transformer l'AIEA en instance supérieure aux États parties à la Convention de 1972. A donc été préservé le rôle de l'AIEA, qui est notamment de « *promouvoir les utilisations sûres, sécurisées et pacifiques de la science et de la technologie nucléaires* »²⁶, et de suivre pour cela une logique de coopération avec les États.

Restrictive dans ses formulations, la Convention de 1972 n'était à l'origine pas suffisante pour atteindre l'objectif de prévenir la pollution des mers, ce qui a poussé les États à renforcer leurs engagements.

2) Une interdiction élargie en 1993 dans le prolongement de la Convention de Londres de 1972

Cette évolution s'est faite d'abord en suivant des logiques plus localisées. Au début des années 1990, plusieurs conventions régionales ayant pour objet la protection de la mer, « *tout en visant les mêmes fins que la Convention de Londres, prévoient une réglementation plus restrictive des immersions* »²⁷. L'article 2 de la Convention de 1992 applicable à la Mer noire précise ainsi qu'est interdite l'immersion de « *substances et rejets radioactifs, y compris les*

²⁴OCDE, Décision du Conseil instituant un mécanisme multilatéral de consultation et de surveillance pour l'immersion de déchets radioactifs en mer, OECD/LEGAL/0156. [<https://legalinstruments.oecd.org/fr/instruments/OECD-LEGAL-0156>]. Cette décision a été abrogée en 1996, à la suite de la décision de 1993 prise par les Parties à la Convention de Londres d'interdire le rejet de tous les déchets radioactifs en mer l'ayant rendue caduque.

²⁵Michel Prieur note que « *le niveau d'irradiation des individus considéré comme dangereux, c'est-à-dire induisant cancers et maladies génétiques, est totalement subjectif. Ce qui est acceptable à une époque ou en un lieu ne l'est pas ailleurs. Ainsi la norme pour les personnes travaillant sous rayonnement était de 46rem/an en 1934, 15 rem/an en 1950, 5 rem/an en 1956 et 2,5 rem/an en 1990* ». M. PRIEUR, « *Pollutions transfrontières et déchets radioactifs* », in *Revue Québécoise de droit international*, vol. 7-2, 1991, p. 148.

²⁶[<https://www.iaea.org/fr/laiea/apercu-general>].

²⁷K.-L. SJÖBLOM et G. LINSLEY, « Évacuation des déchets radioactifs dans la mer : Convention de Londres de 1972 », *Bulletin de l'AIEA*, 06/1994, vol. 36-2, p. 13: [https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull36-2/36205981216_fr.pdf].

combustibles radioactifs usés »²⁸. D'une part, les termes « substances » et « rejets » sont plus larges que celui de « déchets » et, d'autre part, aucune différence n'est faite ici concernant le degré de radioactivité ou de dangerosité des substances et rejets prohibés. Concernant l'article 5 de la Convention de 1976 applicable à la Méditerranée, il prévoit que les Parties doivent prendre « *toutes les mesures appropriées pour prévenir, réduire et dans toute la mesure du possible éliminer la pollution dans la zone de la mer Méditerranée due aux opérations d'immersion effectuées par les navires et les aéronefs ou d'incinération en mer* »²⁹. Ce texte-là retient une approche globale des déchets et ne réserve pas de traitement spécifique à ceux qui sont radioactifs ni ne s'adapte *a fortiori* à leur degré de radioactivité. Dans son introduction, la Convention de 1992 applicable à la mer Baltique place, elle, « *les matières radioactives, y compris les déchets* » parmi les « *substances nocives* » pour lesquelles la priorité doit être donnée dans le cadre des mesures préventives que les États parties arrêtent. Son article 6.3 interdit « *[l] introduction directe ou indirecte dans l'environnement marin de la zone de la Mer Baltique de substances nocives* »³⁰.

Face à la multiplication de ces conventions régionales et dans le prolongement de la Convention de 1972, les États parties à cette dernière ont alors décidé le 12 novembre 1993 d'étendre l'interdiction des rejets radioactifs en mer à tous les types de déchets radioactifs. Cet engagement a été matérialisé par l'adoption de la résolution LC.51(16)³¹. Les discussions ont toutefois fait naître des désaccords. La France n'a pas tout de suite adhéré à cette position³². Elle a d'abord défendu l'idée d'interdire par principe l'immersion des déchets radioactifs de basse et moyenne activité, avec une possibilité de réexaminer cette décision quinze ans plus tard³³, au vu des connaissances scientifiques ultérieures. Les Parties de Londres sont néanmoins allées plus loin, en interdisant de manière définitive toute immersion, sans prévoir de réexamen à terme. La France a fini par rejoindre le mouvement quelques semaines plus tard³⁴.

Quant à la Fédération de Russie, ses représentants ont déclaré avoir hérité de l'URSS une technologie basée sur le rejet en mer de déchets radioactifs et estimaient à trois ans le temps nécessaire pour réformer un tel système, demandant l'aide de la communauté internationale pour réduire ce délai de moitié³⁵. A cette époque, elle avait déjà stocké 20 000 m³ de déchets radioactifs liquides, ce qui représentait, selon elle, la limite de sa capacité de sécurité. En parallèle aux discussions, et au moment où le président Eltsine achevait une visite à Tokyo, la Russie a provoqué l'indignation en déversant des déchets radioactifs en mer du Japon³⁶. La Fédération de Russie a fini par préciser le 18 février 1994 ne pas accepter « *l'amendement aux annexes I et II de la [Convention de Londres] qui figure dans la résolution LC.51(16)* ». Elle a néanmoins réaffirmé qu'elle continuerait « *à s'efforcer de prévenir la pollution des mers*

²⁸[\[https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%201764/volume-1764-A-30674-French.pdf\]](https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%201764/volume-1764-A-30674-French.pdf).

²⁹[\[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7096/BarcelonaConvention_Consolidated_fre.pdf\]](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7096/BarcelonaConvention_Consolidated_fre.pdf).

³⁰Convention sur la protection de l'environnement marin de la zone de la mer Baltique, dite « Convention d'Helsinki », 1992, n°L73/20: [\[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:21994A0316\(02\)\]](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:21994A0316(02)).

³¹Résolution LC. 51(16)

:[\[https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/LCLPDocuments/LC.51\(16\).pdf\]](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/LCLPDocuments/LC.51(16).pdf).

³²La France, la Russie, la Grande-Bretagne, la Chine et la Belgique se sont d'abord abstenues.

³³Le Monde, « La réunion des pays signataires de la convention de Londres. La France hostile à une interdiction "définitive" de l'immersion des déchets nucléaires », *Le Monde*, 12 novembre 1993.

³⁴Question écrite n°04175 – 10^e législature, 23 décembre 1993 : [Interdiction d'immersion de déchets radioactifs dans les océans].

³⁵AFP, « La Russie prévoit de déverser d'autres déchets nucléaires en mer du Japon », *La Presse*, 19 octobre 1993.

³⁶La Russie a fini par céder à la pression occidentale en renonçant à un deuxième déversement de 800 m³ de déchets radioactifs en mer du Japon. Le Monde, « L'immersion de déchets en mer du Japon : Moscou propose des négociations au Japon », *Le Monde*, 22 octobre 1993.

résultant de l'immersion des déchets et autres matières, dont la prévention fait l'objet des dispositions contenues dans l'amendement susmentionné »³⁷. Cette déclaration ne dissipe pas les doutes quant à l'engagement des autorités russes à bel et bien prévenir la pollution des mers à un niveau similaire de celui fixé par les États signataires.

Sur la base de cette évolution, ces derniers sont allés plus loin avec l'adoption du Protocole de 1996³⁸.

B) Une interdiction renforcée par le Protocole de Londres de 1996

En renforçant la logique de l'interdiction, le Protocole en a précisé le régime juridique **(1)**, ce qui a justifié d'avoir étendu les aménagements possibles de son application **(2)**.

1) Les apports du Protocole de 1996 à l'approfondissement de l'interdiction

Parmi les apports du Protocole de Londres, trois paraissent importants à évoquer.

En premier lieu, l'article IV a. de la Convention de 1972 précise que les Parties interdisent l'immersion de tous les déchets ou autres matières énumérés à l'Annexe I. Parmi celles-ci, on trouve au point 6 « *[l]es déchets fortement radioactifs et autres matières fortement radioactives définies par [l'AIEA] comme impropres à l'immersion en raison de leurs effets sur la santé humaine, la biologie ou d'autres domaines* ». La démarche d'interdiction vise donc à désigner précisément lesquels des déchets radioactifs sont interdits, en l'occurrence à l'époque, seuls les déchets et matières les plus fortement radioactifs. Le Protocole de 1996 inverse cette logique. Son article 4.1 prévoit en effet que les Parties « *interdisent l'immersion de tous les déchets ou autres matières à l'exception de ceux qui sont énumérés à l'Annexe I* ». Non seulement il élargit l'interdiction à tous les déchets et matières radioactifs, dans le prolongement de la résolution adoptée en 1993, mais il le fait en posant le principe général d'interdiction à l'article 4.1, et n'utilise la méthode énumérative que pour organiser les restrictions qui peuvent lui être appliquées. Le principe n'est donc plus l'autorisation de l'immersion au côté d'une interdiction possible pour les matières énumérées dans l'Annexe I³⁹. Il est désormais celui de l'interdiction au côté d'une atténuation possible pour les matières visées à l'Annexe I (exceptions matérielles). Mais la logique est plus approfondie encore. La possibilité d'atténuer l'interdiction a une limite infranchissable, que précise le point 3 de l'Annexe I. Celui-ci prévoit ainsi que « *les matières énumérées [dans l'Annexe I] dont les niveaux de radioactivité sont supérieurs aux concentrations minima (faisant l'objet d'exemptions) définies par l'AIEA et adoptées par les Parties contractantes ne doivent pas être considérées comme pouvant faire l'objet d'une immersion* ».

³⁷[<https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%201775/volume-1775-A-15749-French.pdf>].

³⁸Le Protocole a depuis été modifié à trois reprises : en 2006, pour inclure la séquestration de dioxyde de carbone dans les fondations géologiques du sous-sol marin dans l'annexe I ; en 2009, pour modifier l'article 6 visant à créer une exception à l'interdiction d'exportation de déchets ou autres matières aux fins d'immersion ou d'incinération en mer pour l'exportation de des flux de dioxyde de carbone d'un État vers un autre État ; en 2013, visant à réglementer le dépôt de matières effectué au titre des activités de fertilisation d'océans et d'autres activités de géo-ingénierie marine. Voir l'historique contenu dans le projet de loi français datant de 2024, et visant à ratifier l'amendement de 2009 : [<https://www.senat.fr/leg/pjl23-715.pdf#annexe>].

³⁹On trouve, entre autres exemples de ces exceptions matérielles : les déblais de dragage ; les boues d'épuration ; les navires et plates-formes ou autres ouvrages artificiels en mer ; les matières géologiques inertes, inorganiques ; les matières organiques d'origine naturelle ; les objets volumineux constitués principalement de fer, d'acier, de béton et de matériaux également non nuisibles notamment dont l'impact physique suscite des préoccupations.

En deuxième lieu, le Protocole codifie le principe de précaution et celui du pollueur-payeur. L'article 3.1 précise, d'abord, que les Parties appliquent « *une approche de précaution en matière de protection de l'environnement contre l'immersion des déchets ou autres matières* ». Il poursuit en affirmant que cela consiste à « *prendre les mesures préventives appropriées lorsqu'il y a des raisons de penser que des déchets ou autres matières introduits dans le milieu marin risquent de causer un préjudice, et ce, même en l'absence de preuves concluantes de l'existence d'un lien causal entre les apports et leurs effets* ». D'une part, cette consécration du principe de précaution est cohérente avec les évolutions qu'a connues le droit international de l'environnement dans les années 1990. L'approche retenue dans le Protocole de 1996 semble toutefois plus sévère que celle que retenait la Déclaration de Rio en 1992. Son principe 15 énonçait en effet : « *Lorsqu'il existe des menaces de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique totale ne doit pas être invoquée pour reporter des mesures rentables visant à prévenir la dégradation de l'environnement* ». D'autre part, on constate qu'en l'espace d'à peine quatre ans, la logique du principe de précaution a été renforcée s'agissant de l'immersion des déchets et matières, y compris s'ils sont radioactifs. Pour l'appliquer, le Protocole se contente notamment d'un simple risque potentiel de causer un préjudice, sans s'attarder sur son degré de gravité ni son caractère potentiellement irréversible, comme le prévoit la Déclaration de Rio.

En outre, la nature du préjudice n'est pas précisée, ce qui laisse une large marge d'interprétation. L'article 3.2 prévoit, quant à lui, que « *[c]ompte tenu de l'approche selon laquelle le pollueur devrait, en principe, assumer le coût de la pollution, chaque Partie contractante s'efforce d'encourager des pratiques selon lesquelles les personnes qu'elle autorise à se livrer à l'immersion ou à l'incinération en mer assument les coûts liés au respect des prescriptions relatives à la prévention et à la maîtrise de la pollution imposées pour les activités ainsi autorisées, compte dûment tenu de l'intérêt public* ». On constate ici que les atténuations prévues au principe de l'interdiction sont d'une certaine manière compensées en ce que le Protocole prévoit que le pollueur en devenir assume le coût des mesures de prévention autant que de réparation de cette pollution. Les deux aspects sont aussi importants, car l'objectif est bien de préserver le milieu marin, en évitant au maximum de le polluer ou, si cela n'a pas pu être empêché, en faisant tout ce qui est possible pour le remettre en l'état. Il s'agit là encore d'un prolongement de la Déclaration de Rio qui a énoncé le principe 16 selon lequel « *c'est le pollueur qui doit, en principe, assumer le coût de la pollution, dans le souci de l'intérêt public et sans fausser le jeu du commerce international et de l'investissement* ». L'article 3.2 du Protocole de Londres livre donc des précisions supplémentaires sur la manière d'« *assumer le coût de la pollution* » qui résulte de l'immersion en mer de déchets, notamment lorsqu'ils sont radioactifs.

En troisième lieu, la Convention de 1972 avait une définition restrictive de l'immersion. Celle-ci n'avait prévu que deux hypothèses d'immersion à son article III §1 a). D'une part, celle visant au « *sabordage en mer* » dont la formulation a été reprise par le Protocole. D'autre part, celle beaucoup plus vague, proscrivant « *tout rejet délibéré dans la mer de déchets et autres matières à partir de navires, aéronefs, plates-formes ou autres ouvrages placés en mer* ». L'article 1.4.1 énumère en effet quatre modalités distinctes de l'immersion. Ce qui était réuni sous le vocable « *rejet* » est décliné désormais en « *toute élimination délibérée dans la mer de déchets ou autres matières* » ; « *tout entreposage de déchets ou autres matières* » ; et « *tout abandon ou renversement sur place de plates-formes ou autres ouvrages artificiels en mer* ».

L'interdiction ayant ainsi été renforcée, il a été nécessaire et possible de procéder dans le même temps à une extension relative des atténuations de cette interdiction pour tenir compte des réalités pratiques.

2) L'extension relative des atténuations de l'interdiction

La mise en œuvre des exceptions matérielles au principe de l'interdiction que prévoit l'article 4.1 du Protocole nécessite toutefois la délivrance d'un permis, selon l'article 4.2. L'objectif est que soit accordée « *une attention particulière aux possibilités d'éviter l'immersion en privilégiant les solutions préférables du point de vue de l'environnement* ». Si des solutions alternatives sont impossibles, alors le permis d'immersion sera délivré dès lors que la situation correspond à l'une des matières énumérées à l'Annexe I.

L'article 8.1 du Protocole précise, ensuite, que l'interdiction ne s'applique pas⁴⁰ « *lorsqu'il est nécessaire d'assurer la sauvegarde de la vie humaine ou la sécurité des navires, aéronefs, plates-formes ou autres ouvrages artificiels en mer [condition 1] dans les cas de force majeure dus à des intempéries ou dans tout autre cas qui met en péril la vie humaine ou qui constitue une menace réelle pour les navires, aéronefs et plates-formes ou autres ouvrages artificiels en mer [condition 2]* ». Déjà mentionnée dans la Convention de 1972, la précision de l'exemple des intempéries paraît superflue, puisque la suite de la phrase permet de déduire et d'inclure ce cas de figure. L'article 8.1 conditionne aussi cette exception au fait que « *l'immersion ou l'incinération en mer apparaisse comme le seul moyen de faire face à la menace* » [condition 3] « *et qu'elle entraîne, selon toute probabilité, des dommages moins graves qu'ils ne le seraient sans le recours de ladite immersion ou incinération en mer* » [condition 4]. Il conclut en précisant que cela se fait « *de façon à réduire au minimum les risques d'atteinte à la vie humaine ainsi qu'à la faune et à la flore marines* » [condition 5] et est signalée sans délai à l'Organisation Internationale Maritime (OIM). Ces cinq conditions cumulatives sont sensiblement identiques à ce que prévoyait déjà la Convention de Londres⁴¹. Le texte de 1972 parlait toutefois de « *menace directe* » pour les navires et autres ouvrages assimilés, tandis que le Protocole fait mention de « *menace réelle* ». On pourrait en déduire que le texte de 1996 prévoirait la possibilité de ne pas appliquer le principe de l'interdiction des immersions en cas de menace indirecte mais réelle. Il semblerait alors que l'on puisse y voir un assouplissement des possibilités de ne pas appliquer l'interdiction. En définitive, l'article 8.1 met en place une véritable exception que l'on peut qualifier d'« exception circonstancielle », et non une dérogation au principe de l'interdiction, puisqu'il définit une circonstance particulière dans laquelle ce principe ne trouve pas à s'appliquer. A noter que lorsque l'article 8.1 est mis en œuvre, il semble résulter de l'article 4.1 que l'application des exceptions matérielles énumérées à l'Annexe I ne nécessite plus la délivrance d'un permis pour cela.

Quant à l'article 8.2 du Protocole, il prévoit au contraire une véritable dérogation, car il permet aux États Parties de délivrer des autorisations au cas par cas, pour ne pas appliquer ledit principe d'interdiction en fonction de certaines circonstances. Ils peuvent ainsi délivrer un permis d'immersion « *dans des cas d'urgence qui présentent une menace inacceptable pour la santé de l'homme, la sécurité ou le milieu marin et pour lesquels aucune autre solution n'est*

⁴⁰Plus précisément, le texte prévoit que ce sont les articles 4.1 (immersion des déchets ou autres matières) et 5 (incinération des déchets ou autres matières) qui ne s'appliquent pas dans ces circonstances.

⁴¹Le cas l'incinération en mer n'était pas prévu par la Convention de 1972. Ses dérogations non plus par voie de conséquence.

possible » selon des modalités qu'il détaille. Cette dérogation interroge. Que doit-on entendre par « menace inacceptable » ? Sur quels critères évaluer le degré d'acceptabilité d'une menace ? Pis, comment apprécier et identifier ce qu'est une « menace » ? Le parallèle avec l'article 8.1 est nécessaire ici. Comment distinguer cette « menace inacceptable » pour la santé de l'homme, la sécurité ou le milieu marin (art. 8.2) de la « [mise] en péril [de] la vie humaine » et de la « menace réelle » pour les navires et autres ouvrages assimilés (art. 8.1) ? Le texte de la Convention de 1972 n'était pas moins imprécis sur ces points. Le Protocole de 1996 a remplacé en effet l'expression « risques inacceptables » par celle de « menace inacceptable ». Surtout, l'article V de la Convention limitait les dérogations aux risques inacceptables pour la seule santé de l'homme, tandis que le Protocole étend la possibilité d'y déroger en cas de menace inacceptable pour « *la sécurité ou le milieu marin* ». Là encore, les possibilités de dérogation paraissent avoir été élargies. Quoi qu'il en soit, le degré renforcé de sévérité retenu dans la formulation de la dérogation (art. 8.2) par rapport au degré atténué arrêté dans la formulation de l'exception circonstancielle (art. 8.1) s'explique par le fait que la situation à laquelle répond cette exception désigne une situation évidente, contre laquelle il faut agir au plus vite et pour laquelle il n'est pas nécessaire que les autorités de l'État concerné ne livrent leur appréciation quant à l'urgence de la situation à travers la délivrance d'un permis.

Enfin, l'article 8.3 permet aux États parties de renoncer aux droits qui leur sont reconnus par l'article 8.2. Tout d'abord, un tel abandon nécessite un acte volontaire de l'État. Il aurait pu être envisagé de mettre à sa charge l'accomplissement d'une démarche pour obtenir le bénéfice des droits prévus au point 2. La logique poursuivie est bien de poser le principe de l'exercice effectif des droits de l'État de procéder aux dérogations prévues à l'article 8.2, et qu'une demande expresse des États soit faite pour renoncer à ses droits. L'inverse aurait consisté à poser le principe d'une absence pour les États de droits à délivrer des dérogations dans les cas prévus à l'article 8.2, et qu'une demande expresse de leur part soit formulée pour pouvoir autoriser des dérogations dans ces cas-là.

En conséquence, l'article 8 du Protocole assouplit quelque peu le recours aux aménagements pouvant être apportés à l'interdiction des immersions. Cela ne signifie pas pour autant que l'ensemble du système de cette interdiction soit affaibli par le texte de 1996. Au contraire, le renforcement qu'il prévoit de manière substantielle n'est qu'atténué par une approche assouplie des possibilités d'aménagements, notamment grâce à la consécration par le Protocole du principe pollueur-payeur.

II) Une interdiction insuffisante

L'interdiction de l'immersion reste incomplète dans son champ d'application **(A)**. Elle n'est de toute manière pas une fin en soi, puisqu'elle vient en appui d'une logique plus vaste de coopération internationale au service de la préservation de l'environnement **(B)**.

A) Une interdiction incomplète

Cette interdiction n'est pas complète, parce qu'elle comprend des limites juridiques dans sa formulation comme dans son application pratique (1). À certains égards, elle reste également lacunaire, car elle n'empêche pas que des radionucléides soient rejetés en mer dans des situations auxquelles elle ne semble pas s'appliquer (2).

1) Une interdiction limitée

Bien qu'élargie par le Protocole de 1996, la définition du terme « immersion » pourrait, d'abord, poser difficulté. L'article 1.4 du Protocole décrit quatre modalités possibles de l'immersion. La quatrième qu'il énonce interroge. Il proscrit ainsi « *tout abandon ou renversement sur place de plates-formes ou autres ouvrages artificiels en mer* », mais seulement s'ils sont réalisés « *dans le seul but de leur élimination délibérée* ». L'élément intentionnel permet d'exclure les situations accidentelles desquelles résulteraient de tels abandons. La référence au « seul but » semble néanmoins autoriser les immersions dans des situations moins évidentes, où l'élimination délibérée se dissimule derrière d'autres finalités que le Protocole autorise, mais sans préciser lesquelles. Ce caractère délibéré pourrait alors être lui-même dissimulé, si l'État concerné feignait qu'il ait fallu procéder à des immersions pour faire face à l'urgence d'une situation dont il aurait en fait exploité la confusion, voire l'ambiguïté. La remarque vaut également dans une moindre mesure pour la première modalité, puisque le Protocole précise à son égard que l'immersion désigne alors « *toute immersion délibérée dans la mer de déchets ou autres matières à partir de navires, aéronefs, plates-formes ou autres ouvrages artificiels en mer* ». L'adjectif « délibéré » n'est pas utilisé s'agissant des deux autres modalités, sans doute parce que l'« *entreposage de déchets ou autres matières sur le fond des mers ainsi que dans leur sous-sol* » induit déjà l'intentionnalité, de même que le « *sabordage en mer de navires* » ou ouvrages assimilés.

L'incertitude relative au constat et à la preuve des immersions engendre celle concernant le régime de responsabilité. Il existe des limites physiques incontournables à l'applicabilité de l'interdiction de l'immersion. La principale réside dans l'immensité des espaces maritimes concernés par l'interdiction. Jean-Pierre Quéneudec notait déjà en 1965 que « *si le dommage résultait de la pollution de la haute mer, (...) il serait évidemment difficile, pour ne pas dire impossible, de montrer qu'il existe un lien étroit entre le fait dommageable et l'activité de tel ou tel État. On se trouverait en présence de dommages anonymes, d'origine inconnue* »⁴². Ce constat perdure malgré le renforcement de l'interdiction et son extension à tous les espaces maritimes. Ces derniers couvrent en effet 71% de la planète, ce qui correspond à une surface de 361 millions km². Plusieurs interrogations surgissent alors. Cela concerne, d'abord, les déchets radioactifs immergés, qui ne seraient pas matérialisés dans des fûts métalliques. Et à supposer qu'ils soient immergés dans de tels fûts, rien n'indique que l'État à l'origine de l'immersion puisse être identifié. Enfin, les déchets se détériorant avec le temps, leur date d'immersion peut être difficile à évaluer, et le lieu de leur immersion complexe à identifier, par exemple si les déchets ont été emportés par les courants. Sauf à constater sur le vif un navire déverser de tels déchets radioactifs en mer, il semble donc bien impossible d'identifier avec précision l'État à l'origine d'une immersion et les conditions dans lesquelles celle-ci a été réalisée. Il est donc difficile d'imaginer un État fautif être condamné pour immersion interdite

⁴²J.-P. QUENEUDEC, précité.

de déchets ou matières radioactifs. Ce constat est renforcé par l'article 16 du Protocole dédié au règlement des différends, qui encourage les États à trouver des solutions par eux-mêmes. Celui-ci prévoit que dans un premier temps les États aient recours à la médiation, à la conciliation ou à la négociation. Dans un second temps, le recours à l'arbitrage est envisagé, à moins que les États choisissent de recourir à l'une des procédures énumérées à l'article 287.1 de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982. Celui-ci leur permet de choisir entre l'intervention du Tribunal international du droit de la mer, de la Cour internationale de justice, d'un tribunal arbitral ou d'un tribunal arbitral spécial.

De même, la question des déchets déjà immergés reste en suspens, y compris lorsque la situation paraît singulière. En 1993, la présidence de la Fédération de Russie a par exemple informé l'AIEA que l'ancienne Union soviétique avait immergé dans les mers arctiques six réacteurs de sous-marins nucléaires et l'enceinte blindée d'un réacteur de brise-glace contenant du combustible irradié ; dix réacteurs sans combustible ; des déchets liquides faiblement radioactifs et des déchets solides de faible et moyenne activité. L'AIEA précise que « [L]activité totale des rejets signalés était supérieure à 90 PBq (90×10^{15} Bq ou 2.4×10^6 Ci) »⁴³. Ces déchets solides et les réacteurs ont en outre été immergés dans des zones sensibles, notamment « dans la mer de Kara, dans les eaux peu profondes des baies de Nouvelle-Zemble. La profondeur d'immersion y est de 12 à 135 m, et atteint 300 m dans la fosse de Nouvelle-Zemble »⁴⁴.

Enfin, certains États n'ont ratifié ni la Convention, ni le Protocole, quand d'autres se sont contentés de n'adhérer qu'à la seule Convention. Les deux textes coexistent donc, même si l'article 23 précise que « [le Protocole] remplacera la Convention entre les Parties contractantes [au Protocole] qui sont également Parties à la Convention ». Si les États-Unis ont bien signé le Protocole en 1998, ils ne l'ont pas ratifié⁴⁵, à l'instar de l'Argentine, du Brésil et de la Finlande. La Russie et l'Inde⁴⁶ ne l'ont, quant à eux, ni signé ni ratifié. Le fait que des États aussi nucléarisés ne soient pas liés par le Protocole affaiblit considérablement sa portée. Pour les États émergents, comme le souligne l'exposé des motifs de la loi autorisant l'adhésion de Madagascar au Protocole de 1996⁴⁷, les avantages d'une telle adhésion sont nombreux. Elle leur permet de participer aux réunions annuelles des Parties contractantes, d'avoir accès aux réunions annuelles du Groupe scientifique, de renforcer la protection de ses zones côtières et de son milieu marin, d'avoir accès à une assistance technique et à l'expérience acquise par les autres États parties afin de promouvoir la protection du milieu marin. On imagine que les grandes puissances nucléarisées sont moins convaincues par ces avantages, dont elles bénéficient déjà en partie sur le fondement de la Convention de 1972. Les exhortations du Secrétaire général de l'OMI à l'égard des États pour qu'ils ratifient le Protocole de Londres ont pour l'heure eu peu d'impact⁴⁸.

⁴³K.-L. SJOEBLOM et G. LINSLEY, « Projet international d'évaluation pour les mers arctiques : état d'avancement des travaux », *AIEA Bulletin*, 2/1995, p. 26. [https://www.iaea.org/sites/default/files/37204682530_fr.pdf].

⁴⁴*Idem*.

⁴⁵Voir les déclarations de l'agence américaine de la protection de l'environnement à cet égard : [<https://www.epa.gov/ocean-dumping/london-convention-and-london-protocol-international-treaties-prevent-marine-pollution#is-us-contracting-party-lc>]. (à jour du 21 novembre 2024)

⁴⁶S. N. POLEPALLI, *Rules to incorporate the 1996 Protocol to the Convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matter, 1972 into the laws of India*, 2018, 52 p. : [https://imli.org/wp-content/uploads/2020/11/Sindhura-Polepalli-LegDraft_IMLI_LLM.pdf].

⁴⁷Loi n°2016-048 autorisant l'adhésion de Madagascar au Protocole de 1996 à la Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion des déchets. [Mad162720.pdf].

⁴⁸[<https://www.imo.org/fr/MediaCentre/PressBriefings/Pages/24-LP-20.aspx>].

Il faut également déplorer que l'interdiction de l'immersion des déchets radioactifs soit en elle-même insuffisante pour éviter le déversement de radionucléides dans la mer.

2) Une interdiction lacunaire

Il n'est pas évident que les textes proscrivant expressément l'immersion des déchets et substances radioactifs embrassent toutes les réalités pratiques. L'OIM s'est ainsi prononcée sur le fait de savoir si les déversements ou les rejets dans la mer d'eaux traitées provenant de la centrale de Fukushima Daiichi relèvent du champ d'application de la Convention et du Protocole de Londres⁴⁹. Face à l'épuisement de l'espace disponible sur le site de la centrale, la décision a été prise en effet de relâcher les eaux contaminées dans la mer. L'opération, réalisée sous le contrôle de l'AIEA⁵⁰, doit durer jusqu'en 2050. Si le tritium ainsi relâché présente un risque radioactif *a priori* faible⁵¹, la communauté scientifique cherche encore à approfondir les connaissances à son égard⁵², sans compter le « *risque réputationnel et économique* » que cette situation fait peser sur les acteurs de la mer⁵³. La question de l'application de la Convention et du Protocole de Londres n'est donc pas dénuée d'enjeux.

Pour y répondre, l'OIM a précisé que l'article 6 i) de la Convention vise « *tout rejet délibéré dans la mer de déchets et autres matières à partir de navires, aéronefs, plates-formes ou autres ouvrages placés en mer* ». Elle a ajouté que les pipelines et installations de décharge reliés à la terre par le biais desquels de tels déversements ont été réalisés ne devraient pas constituer des « ouvrages en mer ». Quant à la définition du terme « immersion », elle ne couvrirait pas non plus l'élimination de déchets au moyen de pipelines. L'OIM a alors examiné l'interprétation du champ d'application du Protocole de 1996, en particulier concernant les articles 2 (Objectifs) et 3 (Obligations générales). L'article 2 du Protocole renvoie à l'obligation de protection et de préservation du milieu marin de toutes les sources de pollution pour prévenir, réduire et, lorsque cela est possible, éliminer la pollution causée par l'immersion ou l'incinération en mer de déchets et autres matières. L'OIM a rappelé que la lecture des travaux préparatoires du Protocole montre que ces articles ont fait l'objet de longues délibérations, s'agissant notamment de la définition du terme « pollution ». Elle note que ces deux articles renvoient spécifiquement à l'immersion, et le libellé de l'article 3, aux §1 et §3, renvoie au principe de précaution dans le contexte de la mise en œuvre du Protocole.

Une première interprétation, défendue notamment par la délégation espagnole, vise à appuyer l'idée selon laquelle l'objet et l'objectif de la Convention et du Protocole de Londres consistent à protéger le milieu marin de la pollution par l'immersion, quels que soient le moyen d'immersion et la manière dont la pollution pénètre la mer. Cette interprétation souple

⁴⁹OIM, LC 44/1- Questions relatives à la gestion des déchets radioactifs. Avis juridique concernant l'application du Protocole de Londres, 2022 : [<https://docs.imo.org/Search.aspx?keywords=radioactif>].

⁵⁰[<https://www.iaea.org/fr/themes/intervention/rejet-des-eaux-traitees-a-la-centrale-nucleaire-de-fukushima-daiichi>].

⁵¹ « La capacité du milieu océanique à tolérer cette pollution dépendra ainsi de la concentration en tritium des eaux évacuées et de leur volume. Or, le Japon a fixé une limite maximale de concentration en tritium des eaux rejetées à 1 km de la côte japonaise à 1 500 Bq/L, pour une limite de 22 TBq par an. En comparaison, l'Union européenne impose, pour l'eau de boisson, une référence de 100 Bq/L au-delà de laquelle une investigation doit être menée (mais sans dire que l'eau devient impropre à la consommation). C. PORTIER et P. RICARD, « Rejet des eaux contaminées de Fukushima dans l'océan : une opération sous contrôle ? », *Le club des juristes*, 7 septembre 2023 : [<https://www.leclubdesjuristes.com/international/rejet-des-eaux-contaminees-de-fukushima-dans-locean-une-operation-sous-contrôle-1026/>].

⁵²Autorité de Sûreté Nucléaire, *Livre blanc Tritium*, Groupes de réflexion menés de mai 2008 à avril 2010 sous l'égide de l'ASN et Bilan annuel des rejets de tritium pour les installations nucléaires de base de 2018 à 2022 : [<https://www.asn.fr/l-asn-informe/publications/rapports-d-expertise/livre-blanc-du-tritium>].

⁵³C. PORTIER et P. RICARD, précité.

a été appuyée par l'avis rendu par le Bureau des affaires juridiques en 2014. Une seconde interprétation, retenue par l'OIM, considère que les parties à la Convention et au Protocole pourraient décider que les canalisations de rejet sont bien incluses dans la catégorie des « autres ouvrages en mer ». Mais il faudrait pour cela qu'elles le décident expressément en modifiant les textes de Londres. L'OIM ne peut de toute manière pas elle-même arrêter l'interprétation de ces derniers, qui revient aux États parties. Elle a rappelé à cet égard que seuls « *les États sont (...) habilités séparément, [à l'] article 207, à établir des règles sur ces pipelines et installations* »⁵⁴. Si elle devait prévaloir, cette seconde interprétation ne semble pourtant pas exonérer le Japon d'avoir à assumer sa responsabilité, notamment au titre de la Convention de 1982. Il pourrait bien s'agir, par exemple, d'une « pollution marine » au sens de l'article 1(4), et d'une méconnaissance potentielle de son obligation prévue à l'article 192 de « *protéger et préserver le milieu marin* » et de prendre « *toutes les mesures (...) qui soient nécessaires pour prévenir, réduire et maîtriser la pollution marine* ».

D'autres situations problématiques peuvent alors être évoquées, comme celle des rejets accidentels redoutés sur l'île de Runit. Celle-ci appartient à l'atoll d'Enewetak, au nord-ouest des îles Marshall situées au centre de l'Océan Pacifique. Elle abrite un cratère coiffé d'un dôme de béton de 45 cm d'épaisseur, qui renferme les résidus de douze années d'essais nucléaires américains. Or celui-ci se fissure et le Secrétaire général de l'ONU a fait état de craintes quant au risque de fuite de résidus radioactifs⁵⁵. La structure serait en outre menacée par la montée des eaux due au réchauffement climatique. Si l'on suit le raisonnement de l'OIM, cette situation ne serait pas concernée par les textes de Londres, parce que les immersions potentielles ne seraient pas réalisées depuis un navire ou un ouvrage assimilé. Et même si c'était le cas, l'élément intentionnel mériterait d'être discuté. L'immersion est-elle forcément un acte effectif ou bien peut-elle consister en l'inaction ayant consisté à empêcher le rejet de radionucléides dans la mer ? Quel État doit-être alors tenu pour responsable ? Celui qui a généré les déchets radioactifs ou celui qui n'a pas pris les mesures nécessaires pour empêcher leur fuite dans la mer ? Sont-ils forcément distincts ici ? Si l'évolution des textes de Londres constitue bien une avancée déterminante en faveur de l'interdiction de l'immersion des déchets et substances radioactifs en mer, leur rédaction reste donc perfectible pour approcher encore davantage les objectifs qui leur sont assignés.

Le projet suédois d'enfouir ses déchets radioactifs les plus dangereux sous la mer Baltique interroge également. Cela concerne 6 000 conteneurs de cuivre contenant 12 000 tonnes de combustibles usés constitués d'uranium et de plutonium issus de ses douze réacteurs nucléaires. Le 24 octobre 2024, le tribunal foncier et environnemental suédois a autorisé cette construction à Forsmark⁵⁶, qui a été pensée pour être utilisée sur une période de 100 000 ans. Le tribunal a alors établi « *des conditions visant à limiter l'impact de l'activité sur l'environnement par des mesures de protection contre le bruit, l'abaissement des nappes*

⁵⁴La Corée du sud a considéré quant à elle que « il semble qu'il n'y ait aucune limite directe entre le champ d'application de la définition du terme "immersion" énoncée dans la Convention et le Protocole de Londres et le champ d'application de l'article 207 de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer en ce qui concerne la pollution d'origine tellurique. En outre, aucun instrument international ne vise actuellement la pollution telle que décrite à l'article 207, les États devant par conséquent adopter des lois et règlements pour prévenir, réduire et maîtriser la pollution du milieu marin d'origine tellurique, y compris la pollution provenant des pipelines et installations de décharge », et appelle les Parties contractantes notamment à « s'intéresser à la question de l'élimination des eaux usées produites et stockées à la centrale de Fukushima Daiichi ». LC 44/11/1, Observations relatives au document LC 44/11, 2022 : [<https://docs.imo.org/Search.aspx?keywords=radioactif>].

⁵⁵[https://www.francetvinfo.fr/societe/nucleaire/le-patron-de-l-onu-inquiet-de-fuites-radioactives-d-un-dome-sur-un-atoll-du-pacifique_3445909.html].

⁵⁶[<https://www.andra.fr/bientot-le-debut-de-la-construction-pour-le-stockage-geologique-suedois>].

phréatiques, les rejets dans les eaux et a aussi fixé des mesures pour la protection des espèces protégées et des zones naturelles »⁵⁷. On rappelle que le Protocole de Londres interdit en son article 4.1.3. « *tout entreposage de déchets ou autres matières sur le fond des mers, ainsi que dans leur sous-sol, à partir de navires, aéronefs, plates-formes ou autres ouvrages artificiels en mer* ». Mais si elle a bien signé le Protocole, la Suède elle non plus ne l'a pas ratifié, ce qui semble empêcher que lui soit opposée cette définition extensive de l'immersion et les conséquences juridiques qu'elle implique.

La verbalisation d'une règle stricte d'interdiction de tout rejet dans la mer de radionucléides risquerait toutefois de s'opposer au refus d'adhésion des États les plus nucléarisés, déjà très divisés sur l'idée de se hisser au niveau des exigences fixées par le Protocole de Londres. Agir ainsi risquerait donc de manquer la cible visée. C'est pourquoi on retrouve, au sein même du texte de 1996, des prises pour une évolution vers un monde sans immersion, sans forcément utiliser la seule voie de l'interdiction.

B) Une interdiction complémentaire

Une telle interdiction vient en fait compléter une logique de coopération entre les États **(1)**, sans laquelle ses objectifs ne sauraient être atteints. C'est ce que concrétisent par exemple les opérations de décontamination de l'Arctique menées à l'initiative du G8 et de pays européens⁵⁸. L'interdiction de l'immersion participe alors à une réflexion plus vaste sur le rapport de l'humanité avec la nature **(2)**.

1) Une logique coopérative complétée par l'interdiction de l'immersion

L'article 13.1 du Protocole de 1996 prévoit, tout d'abord, que la collaboration au sein de l'OIM des États parties se fasse afin de faciliter « *l'appui bilatéral et multilatéral en matière de prévention, de réduction et, lorsque cela est possible dans la pratique, d'élimination de la pollution causée par l'immersion* ». Il présente ensuite les cinq modalités dans lesquelles cette coordination peut se faire. Elle peut ainsi porter sur la « *formation du personnel technique et scientifique aux fins de la recherche, de la surveillance et de la mise en application (...) dans le but de renforcer les capacités nationales* » (art. 13.1.1) ; sur des « *conseils sur la mise en œuvre du Protocole* » (art. 13.1.2) ; sur « *l'information et la coopération technique relatives à la réduction de la production des déchets et aux procédés de production propres* » (art. 13.1.3) ; sur « *l'information et la coopération techniques relatives à l'élimination et au traitement des déchets et à d'autres mesures visant à prévenir, réduire et, lorsque cela est possible dans la pratique, éliminer les pollutions causées par l'immersion* » (art. 13.1.4) ; et sur « *l'accès aux écotecnologies et au savoir-faire correspondant, ainsi que leur transfert* » aux autres pays, notamment ceux en voie de développement selon des conditions que l'article 13.1.5 détaille. Ces hypothèses de collaboration correspondent à des situations où l'immersion a déjà été réalisée, sans distinction aucune concernant son caractère autorisé ou non. Cette collaboration des États parties se fait même au plus proche du moment d'une immersion proscrite, puisque l'article 10.3 la prévoit dans les zones au-delà de la juridiction d'un État quelconque, notamment « *pour signaler des navires et aéronefs observés alors qu'ils se livrent*

⁵⁷[<https://www.sfen.org/rgn/dechets-radioactifs-le-stockage-geologique-profond-franchit-des-etapes-importantes-a-linternational/>].

⁵⁸P. LE HIR, « Le Grand Nord souillé pour des siècles par des déchets nucléaires », *Le Monde*, 22 novembre 2012 : [https://www.lemonde.fr/planete/article/2012/11/22/le-grand-nord-souille-pour-des-siecles-par-des-dechets-nucleaires_1794588_3244.html].

à des opérations d'immersion ou d'incinération en mer en contravention des dispositions du Protocole ».

L'interdiction de l'immersion est donc complétée d'un environnement de coopération protéiforme qu'ont cherché à installer entre eux les États parties. Les déclinaisons de la coopération visent à exploiter au mieux le potentiel du Protocole. De même, l'objectif semble être de trouver des solutions afin de dissuader les infractions au Protocole, et d'éviter les situations exceptionnelles de la Russie de 1993 ou du Japon de 2022, qui ont argué de la fin de leurs capacités de stockage et du risque au niveau de la sécurité pour justifier de recourir à l'immersion ou au rejet en mer de déchets ou substances radioactifs. D'ailleurs, en 1993, la Russie a sollicité les autres États pour l'aider à trouver des solutions alternatives à l'immersion. Il peut s'agir aussi d'inciter d'autres États à adhérer au Protocole afin de renforcer ses effets. Enfin, l'article 17 du Protocole de 1996 prévoit que les Parties contractantes « *font prévaloir les objectifs du Protocole au sein des organisations internationales compétentes* ».

En définitive, cette démarche de coopération paraît inhérente aux conventions destinées à préserver le milieu marin de la pollution, notamment radioactive. L'exemple de la Convention d'Helsinki de 1992 est une nouvelle fois éloquent. Le terme « coopération » y est utilisé à dix-huit reprises, et le verbe « collaborer » ou le substantif « collaboration » à sept reprises. On retrouve à peu près les mêmes modalités que celles désignées par le Protocole de Londres. On peut noter toutefois que la Convention d'Helsinki prévoit aussi une « *coopération avec un pays tiers intéressé ou concerné* » pour prendre des mesures de prévention de la pollution (art. 6.4). De même, le texte de 1992 insiste davantage sur les situations impliquant les eaux transfrontières, imposant aux États parties concernés de coopérer « *en vue de s'assurer que toutes les incidences potentielles sur l'environnement marin de la zone de la mer Baltique* » soient étudiées (art. 7.3). Le Protocole de Londres retient quant à lui une approche plus générale, puisque son article 12 parle de « *coopération régionale* » entre les Parties contractantes « *ayant des intérêts communs à protéger le milieu marin d'une région géographique donnée* », ce qui implique les eaux transfrontières mais ne s'y limite pas. La Convention d'Helsinki livre aussi plus de détails concernant la coopération scientifique, en précisant que pour « *faciliter les activités de recherche et de surveillance de la zone de la mer Baltique, les parties contractantes s'engagent à harmoniser leurs politiques en matière de procédures d'autorisation pour l'exécution de telles activités* » (art. 24.1). En cas « *d'opérations d'immersion soupçonnées d'être contraires aux dispositions* [de l'article 11 relatif à la prévention de l'immersion des déchets], *les parties contractantes pour examiner la question conformément à la règle 2 de l'annexe IV* ». Cette règle incite les États à utiliser « *la meilleure technologie disponible* » et « *la meilleure pratique du point de vue de l'environnement* ».

L'article 13.2 du Protocole de Londres aborde également le rôle de l'OIM. Celle-ci a pour fonction de transmettre « *des demandes de coopération technique des Parties contractantes à d'autres Parties contractantes, compte tenu de considérations telles que les capacités techniques* » ; de coordonner « *des demandes d'assistance avec d'autres organisations internationales compétentes, selon ce qu'il convient* » ; et « *sous réserve de la disponibilité de ressources suffisantes* » d'assister les « *pays en développement et [les]pays en transition dans l'économie de marché qui ont fait connaître leur intention de devenir Parties contractantes* » au Protocole, « *pour l'examen des moyens nécessaires à sa mise en œuvre intégrale* ».

L'interdiction de l'immersion est donc au service d'une logique de coopération des États se rejoignant sur l'idée qu'il faut en fin avec de telles pratiques. Elle est un outil parmi d'autres qui permet de commencer à donner corps à l'intention de préserver les intérêts des générations futures.

2) Une prise en compte des générations futures concrétisée par l'interdiction de l'immersion

L'humanité a pris conscience des limites de la nature et des conséquences désastreuses de l'action anthropique à son endroit. Elle se doit d'élever son niveau de réflexion, y compris dans le cadre de la pensée juridique. Pour ce faire, la notion de « générations futures » est saisie par le droit aussi bien au niveau national qu'à l'international, dans le contexte du droit de l'environnement, particulièrement s'agissant de la gestion des déchets radioactifs. En France, la notion de « générations futures » a par exemple été utilisée dans la loi du 30 décembre 1991⁵⁹ dont l'article 1^{er} énonce : « *La gestion des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue doit être assurée dans le respect de la protection de la nature, de l'environnement et de la santé, en prenant en considération les droits des générations futures* ». De même, l'article 1^{er} de la loi Barnier précise qu'elle « *vise à satisfaire les besoins de développement des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* », ce qui sera repris dans la Charte de l'environnement en 2004⁶⁰.

Au niveau international, selon le principe 2 de la Déclaration de Rio de 1992, si « *les États ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources selon leur politique d'environnement et de développement* », ils ont néanmoins « *le devoir de faire en sorte que les activités exercées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle ne causent pas de dommages à l'environnement dans d'autres États ou dans des zones ne relevant d'aucune juridiction nationale* ». L'immersion des déchets radioactifs, mais aussi les rejets autorisés, pourraient ainsi constituer un manquement à ce principe. Reste à apprécier dans quelle mesure et avec quelle intensité ils causent des « dommages à l'environnement ». Le principe 3 rajoute que « *[l]e droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures* ». Le Préambule du Protocole de 1996 n'est, quant à lui, pas en reste, puisque, selon ses termes, son objectif est bien de « *protéger et prévenir le milieu marin et (...) gérer les activités humaines de manière à ce que l'écosystème marin continue à supporter les utilisations légitimes de la mer et à répondre aux besoins des générations actuelles et futures* ». On retrouve donc dans le Protocole de Londres les prémisses d'une réflexion dirigée vers les générations futures, au service de laquelle se place l'interdiction de l'immersion des déchets et substances radioactifs.

La déclaration d'une telle prise en compte ne saurait toutefois avoir des vertus incantatoires. La prise en compte des générations futures par le droit nécessite de concrétiser les bonnes intentions pour atteindre cet objectif aussi ambitieux que novateur. Plusieurs pistes de réflexion peuvent être avancées pour cela à l'avenir.

En 1997, le Commandant Cousteau avait par exemple été à l'initiative d'un projet de

⁵⁹Loi n°91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs, *JORF* n°1 du 1 janvier 1992.

⁶⁰Voir aussi l'article 106 de la Constitution de Norvège, les articles 11 et 97 de la Constitution japonaise, l'article 9 de la Constitution italienne institué en 2022, ou l'article 41 de la Constitution argentine. Ce dernier précise d'ailleurs : « Est interdite l'introduction dans le territoire de la Nation de déchets réellement ou potentiellement dangereux et de déchets radioactifs ».

Déclaration internationale sur les générations futures, à laquelle il n'avait pas été donné suite à l'époque. Selon son préambule, une telle Déclaration aurait pu ainsi répondre à un « *impératif moral [qui] impose de formuler à l'intention des générations présentes les lignes directrices sur le comportement à tenir dans une perspective d'ensemble ouverte sur l'avenir* ». Mais dans sa décision 77/568⁶¹, l'Assemblée générale des Nations Unies s'est engagée à adopter une Déclaration semblable, ce qui a été fait le 22 septembre 2024⁶². Entre autres apports, par cette Déclaration, l'AG de l'ONU a « pris note » de la proposition du Secrétaire général de nommer un envoyé spécial pour les générations futures afin d'aider à mettre en œuvre la Déclaration⁶³ ; elle a pris la décision de convoquer une réunion plénière de haut niveau de l'AG sur les générations futures pour examiner sa mise en œuvre ; et elle a demandé au Secrétaire général de présenter un rapport à l'AG sur la mise en œuvre de la Déclaration.

L'instauration d'un envoyé spécial pour les générations futures serait alors une première forme de concrétisation de l'idée visant à créer à terme une institution internationale dédiée à la préservation des intérêts des générations futures. Des exemples avaient déjà existé au niveau national, notamment en droit français. Jacques-Yves Cousteau avait d'ailleurs fini par quitter le Conseil pour les droits des générations futures créé en 1993⁶⁴, à la suite de la reprise des essais nucléaires par la France en 1995. La création d'un envoyé spécial pour les générations futures pourrait exercer une influence dans l'évolution potentielle des textes applicables à la gestion des déchets et matières radioactifs. En l'état, son rôle est présenté comme pouvant permettre de « *représenter les intérêts des femmes et des hommes encore à naître au cours de ce siècle. Il ou elle pourrait également contribuer aux travaux menés par le système multilatéral pour favoriser la réflexion à long terme et la prospective* »⁶⁵.

Une nouvelle incrimination de « *crime contre les générations futures* »⁶⁶ pourrait également être instituée au niveau international. Celle-ci n'aurait toutefois, au moins dans un premier temps, qu'une portée limitée aux cas les plus graves ; elle ne servirait donc pas à épouser tous les contours des atteintes faites à l'environnement sur la scène internationale. Le renforcement de l'incrimination des individus pourrait bien être une piste à explorer pour préserver les espaces maritimes des pollutions radioactives. Le problème reste que les États s'entendent sur la consécration d'une telle incrimination, sur ses éléments constitutifs et sur les moyens pour la réprimer.

La réflexion doit aussi porter sur les actions positives que l'actuelle génération devrait mener pour permettre aux prochaines générations de satisfaire leurs besoins et n'aient pas à réparer les errements de leurs aînés. Dès lors, enfouir les déchets radioactifs est-il plus respectueux pour les générations futures que de les immerger ? Est-il raisonnable de considérer que ces dernières puissent être respectées alors que certains déchets radioactifs ont une durée de vie de plusieurs milliers d'années ? La génération actuelle agit-elle vraiment en tenant compte des intérêts des générations futures ou se contente-t-elle de se donner bonne conscience pour

⁶¹[<https://documents.un.org/doc/undoc/ltd/n23/252/96/pdf/n2325296.pdf>].

⁶²[<https://documents.un.org/doc/undoc/ltd/n24/252/90/pdf/n2425290.pdf>].

⁶³[<https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/our-common-agenda-policy-briefs-a-quick-summary-fr.pdf>].

⁶⁴Décret n°93-298 du 8 mars 1993 portant création du Conseil pour les droits des générations futures, *JORF* n°58 du 10 mars 1993.

⁶⁵Secrétaire général de l'ONU, *Notre programme commun*, Rapport, 2021, p. 45 : [https://www.un.org/fr/content/common-agenda-report/assets/pdf/Notre_programme_commun.pdf].

⁶⁶E. GAILLARD, « Des crimes contre l'humanité aux crimes contre les générations futures. Vers une transposition du concept éthique de responsabilité transgénérationnelle en droit pénal international ? », *Mc Gill International Journal of Sustainable Development Law and Policy*, 2021, Vol. 7, pp. 181-202.

continuer à agir selon ses seuls intérêts ? Développer le nucléaire civil est-il favorable à la préservation de l'environnement qui sera légué aux prochaines générations ? Le Pacte pour l'avenir adopté par l'AG de l'ONU en 2024 apporte un début de réponse. La mesure n°9 prévoit l'engagement d'adopter rapidement des « *technologies non polluantes ou peu polluantes, notamment des énergies renouvelables et des technologies nucléaires* » pour lutter contre le réchauffement climatique⁶⁷.

⁶⁷[<https://documents.un.org/doc/undoc/ltd/n24/252/90/pdf/n2425290.pdf>].

Prélèvements et rejets aqueux des centrales nucléaires : retour d'expérience de l'été 2022 et perspectives

Camille PERIER

Chef de la division de Strasbourg, Autorité de sûreté nucléaire

Résumé : Le réchauffement climatique induit l'occurrence d'épisodes de canicule et de sécheresse de plus en plus fréquents et extrêmes en France. Le fonctionnement des centrales nucléaires est particulièrement sensible à la disponibilité de la ressource en eau et aux caractéristiques de débit et thermiques de sa source froide. Le cadre réglementaire général des prélèvements et rejets aqueux (rejets thermiques et effluents liquides) des centrales nucléaires est rappelé, ainsi que le recours possible à des dérogations en cas de situation « exceptionnelle » du point de vue météorologique et hydrologique, dans l'hypothèse où un besoin pour le réseau électrique est exprimé par le gouvernement. Le recours à de telles dérogations étant susceptible de se multiplier à l'avenir au vu des évolutions climatiques, une réflexion plus globale est engagée afin d'anticiper au mieux ces évolutions, de mieux adapter les centrales nucléaires au réchauffement climatique grâce à d'éventuelles évolutions technologiques, d'avoir une vision territorialisée et multi-sectorielle autour de chaque centrale nucléaire et d'intégrer ces enjeux dès la conception des nouveaux réacteurs électronucléaires.

Mots-clés : énergie nucléaire ; réchauffement climatique ; eau ; prélèvement ; rejet.

Abstract: *Global warming induces more frequent and extreme heatwave and drought episodes in France. Nuclear power plant operation is particularly sensitive to water resource availability and thermal and flow rate characteristics of the cold source. The generic regulatory framework of water taking and discharges (both thermal and liquid discharges) in nuclear power plants is presented as well as the possible recourse to derogations in "exceptional" situations from the meteorological and hydrological viewpoint, in the hypothesis that a need for the electrical network is expressed by the government. The recourse to such derogations being likely to increase in the future given climatic evolutions, a more global reflection has started in order to better anticipate those evolutions, to better adapt nuclear power plants to global warming thanks to possible technological evolutions, to gain a regionally differentiated and multi-sectorial vision around each nuclear power plant and to integrate those issues already in the design phase of new nuclear power reactors.*

Keywords: *nuclear energy; global warming; water; taking; discharge.*

Le réchauffement climatique induit l'occurrence d'épisodes de canicule et de sécheresse de plus en plus fréquents et extrêmes pendant l'été en France. La production d'électricité dans les centrales nucléaires, si elle est souvent citée comme une réponse possible au réchauffement climatique en limitant les rejets en dioxyde de carbone, est également très sensible aux conditions climatiques environnantes et plus particulièrement à la disponibilité et à la température de la ressource en eau. En effet, l'eau est nécessaire au refroidissement du réacteur nucléaire, ce qui impose d'avoir un débit suffisant pour pouvoir prélever et surtout rejeter les effluents (eau réchauffée, effluents chimiques et radioactifs qui nécessitent une dilution minimale) produits dans la centrale nucléaire.

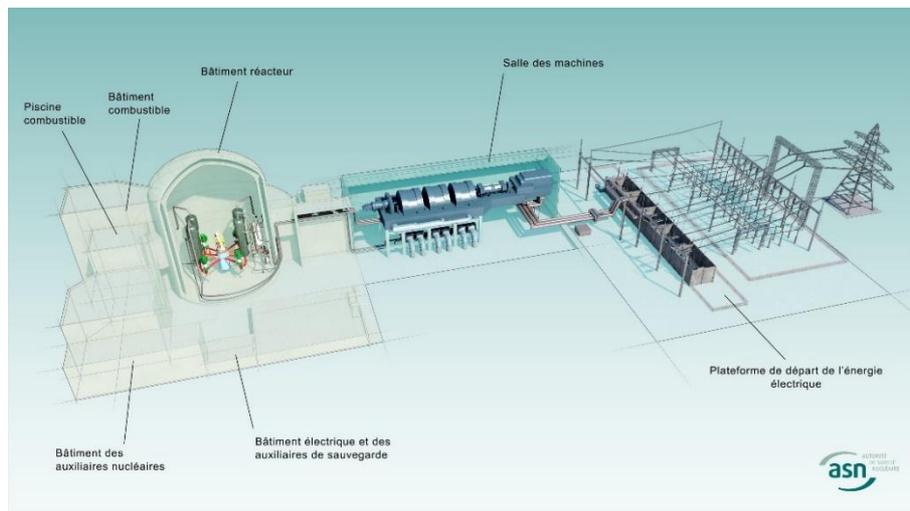
Brièvement, le fonctionnement d'une centrale nucléaire est permis par l'interaction thermique de trois circuits d'eau étanches les uns par rapport aux autres :

- Production de chaleur dans le « circuit primaire », où l'eau est chauffée par la réaction nucléaire qui a lieu dans le cœur du réacteur ;
- Transformation de l'énergie thermique – transportée par l'eau – en énergie électrique dans le « circuit secondaire », par l'intermédiaire de turbines et d'un alternateur ;

environ un tiers de la chaleur est transformée en électricité, les deux-tiers de chaleur restante devant être évacués ;

- Refroidissement du circuit secondaire (évacuation de la chaleur) par le « circuit de refroidissement » connecté à la source froide du réacteur (rivière ou mer).

Ces trois circuits échangent leur chaleur via des parois en contact. Concernant le circuit de refroidissement, deux modalités existent (*figure 1*) : un circuit dit « ouvert », où l'eau prélevée à la rivière ou la mer est intégralement restituée au milieu naturel, après échauffement ; un circuit dit « fermé », où l'eau prélevée est partiellement évaporée par le biais de tours aéroréfrigérantes afin de la refroidir. Les centrales placées en bord de mer sont toutes en circuit ouvert ; parmi les centrales en bord de rivière, certaines sont en circuit ouvert et d'autres en circuit fermé. Dans tous les cas, lorsque de l'eau du circuit tertiaire est rejetée dans le milieu naturel, elle a fait l'objet d'un échauffement – de quelques degrés Celsius dans le cas d'un circuit ouvert, et de quelques dixièmes de degrés Celsius dans le cas d'un circuit fermé – et le rejet correspondant est donc qualifié de *rejet thermique*. Par ailleurs, le volume d'eau prélevé pour une centrale fonctionnant en circuit ouvert sera plus important qu'en circuit fermé, mais il sera intégralement restitué à la source froide.



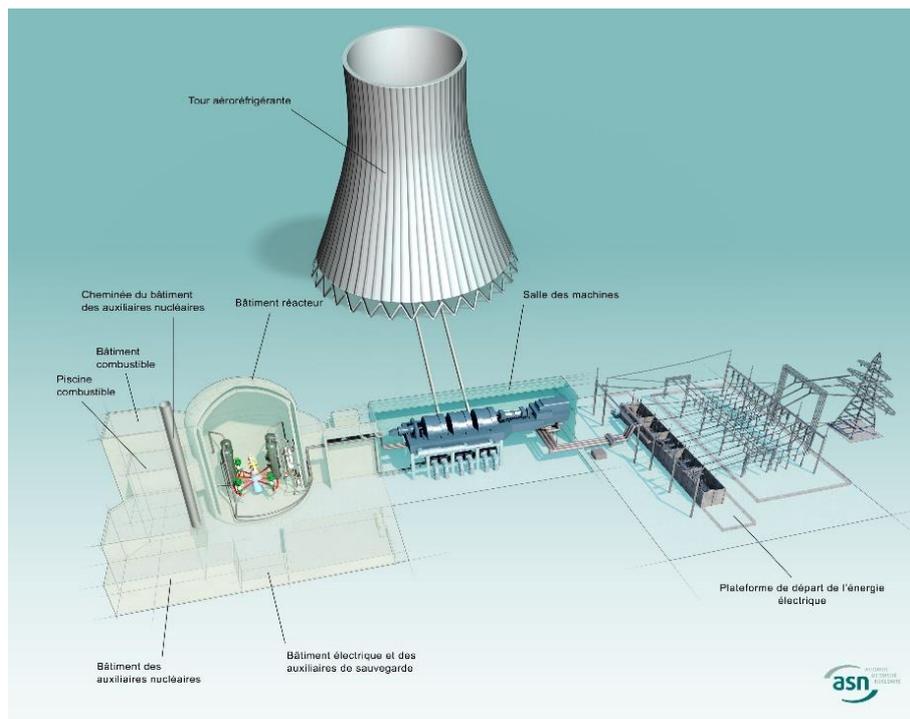


Figure 1 : Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire en circuit ouvert (en haut) et en circuit fermé (en bas).

En outre, les centrales nucléaires sont amenées à rejeter – après traitement – des déchets liquides, appelés *effluents*, qui font l'objet d'un contrôle particulier étant donné leur contenu radiologique et/ou chimique. Dans le cas d'une centrale en bord de rivière, le rejet de ces effluents est également contraint par le débit du milieu récepteur afin d'assurer une dilution adéquate. En cas de faible débit du cours d'eau, les rejets peuvent être très longs, voire interrompus pendant une période donnée.

La contribution qui suit s'attachera à présenter le cadre réglementaire général associé à la gestion de l'eau dans les centrales nucléaires (prélèvements et rejets aqueux) et les dispositions qui peuvent être mises en œuvre à titre exceptionnel en cas de situation météorologique particulière. Ces dispositions exceptionnelles seront illustrées par la situation observée à l'été 2022, particulièrement chaud et sec. Enfin, seront abordées les perspectives en matière de gestion de la ressource en eau dans les centrales nucléaires, à la fois pour les centrales existantes et pour les centrales nucléaires en projet, dans un contexte où les situations climatiques extrêmes observées ces derniers étés sont amenées à se reproduire de plus en plus fréquemment.

I) Cadre réglementaire des prélèvements et rejets aqueux des centrales nucléaires

L'ensemble des prélèvements (en eau) et des rejets (liquides ou gazeux) des centrales nucléaires sont encadrés par des arrêtés ministériels et des décisions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) à caractère réglementaire.

Des textes de portée générale s'appliquent à l'ensemble du parc de centrales nucléaires en France : l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations

nucléaires de base qui impose à l'exploitant de définir une prévision chiffrée annuelle des prélèvements et consommations d'eau et des rejets d'effluents, transmise à l'ASN ; la *décision de l'ASN n° 2013-DC-0360 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base* qui précise les principes généraux en matière de consommation d'eau et de rejet d'effluents liquides ; la *décision de l'ASN n° 2016-DC-0578 relative à la prévention des risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes (légionelles et amibes) par les installations de refroidissement du circuit secondaire des réacteurs électronucléaires à eau sous pression* qui encadre notamment les possibilités de faire usage d'un traitement biocide pour limiter ce risque – traitement qui génère lui-même des effluents chimiques ; et la *décision de l'ASN n° 2017-DC-0588 relative aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression* qui précise notamment les modalités d'entreposage, de traitement et de rejet des effluents liquides.

En complément, des textes individuels (décisions de l'ASN ou, dans certains cas, arrêtés ministériels dans l'attente de leur remplacement) viennent préciser les limites de prélèvement et rejets pour chaque centrale ainsi que les modalités associées. Ces limites et modalités sont spécifiques à chaque centrale nucléaire, car ils dépendent des caractéristiques de la source froide utilisée pour refroidir le réacteur : pour la centrale nucléaire de Cattenom (département de la Moselle), ce sont les *décisions de l'ASN n° 2014-DC-0415 et 0416* qui fixent respectivement les modalités et les limites des prélèvements et rejets de la centrale.

En particulier, ces décisions individuelles précisent les limites et modalités de prélèvement et de consommation d'eau dans le milieu naturel, liées au débit du milieu récepteur ; les limites et les modalités des rejets d'effluents liquides, également liées au débit du milieu récepteur ; et les limites et modalités des rejets thermiques (température de l'eau rejetée), liées à la température du milieu récepteur. Ces décisions précisent également les dispositions de surveillance de l'environnement (fréquence et typologie des contrôles) à mettre en place ainsi que les modalités d'information des pouvoirs publics et du public. Ces décisions définissent des limites en conditions climatiques « normales », ainsi qu'en conditions climatiques « exceptionnelles », qui autorisent par exemple des rejets thermiques alors que le milieu récepteur a une température plus élevée que ce qui est autorisé en conditions normales.

Néanmoins, les conditions climatiques exceptionnelles peuvent être elles-mêmes dépassées dans certaines situations de canicule, et la centrale nucléaire peut être amenée à solliciter une dérogation (conformément à l'art. R. 593-40 du code de l'environnement). Cette dérogation s'appuie sur un contexte de situation exceptionnelle caractérisée du point de vue météorologique et d'une nécessité publique qui doit être formalisée dans un avis du gouvernement. Cette modification fait l'objet d'une instruction par l'ASN qui peut aboutir à une modification temporaire de certaines prescriptions des décisions encadrant les rejets thermiques de la centrale nucléaire concernée, en veillant notamment à la préservation des écosystèmes concernés.

Par ailleurs, le rejet d'effluents liquides étant interdit lorsque le débit du milieu récepteur est trop faible, ces effluents doivent être stockés dans des réservoirs *ad hoc* sur le site. Dans certains cas, le site peut être amené à utiliser des réservoirs de stockage dits de « sûreté »

(« réservoirs S ») pour pouvoir continuer la production d'électricité. Cette utilisation des réservoirs S est néanmoins conditionnée à une autorisation de l'ASN.

II) Gestion des rejets à l'été 2022

A) Rejets thermiques

L'été 2022 a été particulièrement chaud et sec, marqué à la fois par plusieurs épisodes de canicule ainsi qu'une sécheresse historique. Cette situation a entraîné des échauffements importants du Rhône, de la Garonne et de l'estuaire de la Gironde qui assurent le refroidissement des centrales nucléaires du Bugey, du Tricastin, de Saint-Alban, de Golfech et du Blayais.

Par ailleurs, l'année 2022 était une année contrainte en termes énergétiques, d'une part en raison de la guerre en Ukraine qui a entraîné une réduction des ressources en gaz nécessaires à la production d'électricité à partir de gaz, et d'autre part sur le parc nucléaire français en raison d'un problème générique qui a concerné un grand nombre de réacteurs et a nécessité de réaliser des arrêts non programmés ou de prolonger des arrêts de réacteur déjà planifiés. À l'été 2022, c'est d'abord pour des raisons de sécurité du réseau électrique, exprimées par le gestionnaire de réseau RTE, qu'il a fallu maintenir un niveau minimum de production ; puis, à compter d'août 2022, afin d'économiser les réserves de gaz et d'eau des barrages hydroélectriques afin d'assurer une production suffisante à l'automne et à l'hiver 2022-2023.

EDF a sollicité à l'été 2022 une dérogation auprès de l'ASN afin de maintenir la production des centrales nucléaires concernées, dans un dossier précisant les données prévisionnelles météorologiques et hydrologiques, le requis par RTE de puissance minimale de réacteurs et l'enjeu de sécurité publique avancé par le gouvernement, le bilan du retour d'expérience de la surveillance de l'environnement lors d'épisodes caniculaires précédents et des propositions de mesures renforcées de surveillance de l'environnement.

L'ASN a examiné la demande et les enjeux liés à la protection de l'environnement et a adopté successivement quatre décisions fixant des limites temporaires relatives aux rejets thermiques des centrales nucléaires de Golfech, Bugey, Saint-Alban, Blayais et Tricastin, entre le 15 juillet et le 11 septembre 2022. Ces décisions ont par ailleurs prescrit une surveillance renforcée du milieu aquatique avec un ensemble de prélèvements et mesures à réaliser.

En pratique, ces dispositions temporaires ont été mises en œuvre durant neuf jours pour Tricastin, huit jours pour Bugey, six jours pour Golfech, un jour pour Saint-Alban et n'ont pas été mises en œuvre pour Blayais.

B) Surveillance renforcée de l'environnement en situation exceptionnelle

Les résultats de la surveillance renforcée de l'environnement prescrite par l'ASN et mise en œuvre par les centrales de Golfech et Tricastin n'ont pas montré d'incidence entre l'amont et l'aval du cours d'eau sur les paramètres physico-chimiques, ainsi que sur les paramètres microbiologiques (concentration en bactéries). Aucune mortalité piscicole ou altération de l'état de santé du milieu entre l'amont et l'aval de ces centrales nucléaires n'a été identifiée.

Pour la centrale de Bugey, le suivi du phytoplancton et du peuplement des diatomées benthiques¹ pendant l'été 2022 a mis en évidence un apport excessif d'éléments nutritifs dans le milieu, entraînant une prolifération végétale, un appauvrissement en oxygène et un déséquilibre de l'écosystème. Les effectifs de poissons ont été relevés à un niveau plus faible à l'aval qu'à l'amont pendant la période de canicule, contrairement à ce qui est habituellement observé à cette période de l'année. Les résultats obtenus lors des campagnes automnales ont toutefois montré un retour à des peuplements habituels de ces espèces.

Pour la centrale de Saint-Alban, les suivis du phytoplancton et du peuplement des diatomées benthiques pendant l'été 2022 ont marqué une légère différence entre l'amont et l'aval, qui n'a pas perduré à l'issue de la période estivale. Par ailleurs, les résultats du suivi de la structure du peuplement piscicole ont montré une différence entre l'amont et l'aval pour les plus jeunes poissons. Cette différence persistait lors des observations réalisées à l'automne 2022.

Pour la centrale du Blayais, bien que les dispositions exceptionnelles n'aient pas été mises en œuvre, les mesures de surveillance renforcée l'ont été et les résultats de la surveillance physico-chimique, microbiologique et hydrobiologique n'ont pas mis en évidence d'effet notable du fonctionnement de la centrale nucléaire en période de canicule sur le milieu récepteur.

Le suivi du peuplement piscicole s'est poursuivi au printemps 2023 afin de compléter les premiers résultats observés en 2022 et de mieux en comprendre l'origine. Ces études complémentaires ont indiqué l'absence d'effet lié au fonctionnement des centrales nucléaires sur le milieu récepteur.

C) Gestion des effluents liquides

Lorsque le débit du milieu récepteur ne permet pas de procéder à des rejets d'effluents radioactifs (que ce soit en situation de faible débit ou au contraire de crue), l'exploitant peut solliciter l'accord de l'ASN pour utiliser les réservoirs dits « S » (de sûreté) pour entreposer temporairement les effluents à rejeter.

À l'été 2022, les centrales nucléaires de Cattenom, Chinon et Saint-Laurent-des-Eaux ont connu des périodes d'impossibilité de rejeter les effluents radioactifs compte tenu d'un débit trop faible du milieu récepteur. Les centrales de Belleville-sur-Loire, Cattenom, Chinon, Nogent-sur-Seine et Saint-Laurent-des-Eaux ont sollicité et obtenu des accords préalables de l'ASN pour l'utilisation d'un ou deux réservoirs « S » pour l'entreposage temporaire d'effluents.

Par ailleurs, pour le cas particulier des quatre centrales situées en bord de Loire, une coordination des rejets est requise lorsque le débit de la Loire est inférieur à 60 m³/s au pont de Gien, ce qui a impliqué en pratique une coordination des rejets de juin à octobre 2022. De la même façon, les différentes installations situées à Tricastin (centrale nucléaire EDF et

¹ Les diatomées benthiques sont des algues constituées d'une seule cellule, de taille microscopique, vivant au fond de l'eau. Elles sont utilisées comme indicateur de la qualité des eaux douces continentales.

installations Orano) doivent réaliser leurs rejets d'effluents de manière concertée en situation de faible débit du Rhône.

III) Conclusion et perspectives

Le cadre réglementaire actuel pour les prélèvements et rejets aqueux des centrales nucléaires permet de prendre en compte une grande diversité de situations météorologiques, y compris de fortes chaleurs. Le code de l'environnement prévoit en outre la possibilité de déroger au cadre « classique » en donnant la possibilité à l'ASN d'accorder une dérogation temporaire sur les valeurs limites des rejets thermiques pour les centrales situées en bord de rivière et non pourvues de tours aéroréfrigérantes (circuit de refroidissement « ouvert »), sujettes à des échauffements plus importants. Néanmoins, la perspective d'une accélération des phénomènes liés au changement climatique suppose d'anticiper encore la question de la gestion de la ressource en eau dans les centrales nucléaires, constat partagé par EDF, l'ASN et la Cour des Comptes qui a également publié un rapport sur le sujet².

À court terme, le retour d'expérience de l'été 2022 a notamment permis de disposer d'un bilan élargi de la surveillance de l'environnement en cas de fonctionnement des centrales nucléaires en période de canicule, ainsi qu'à mieux anticiper les étés à venir en préparant des dossiers « à blanc » afin de pouvoir instruire ces demandes plus rapidement en cas de besoin. Par ailleurs, concernant la gestion des effluents liquides, l'ASN a demandé à EDF de réaliser une analyse du dimensionnement des capacités d'entreposage des effluents afin que l'utilisation des réservoirs « S » ne se fasse qu'en dernier recours.

L'ASN a en outre demandé à EDF d'évaluer les enjeux liés au réchauffement climatique pour chaque centrale nucléaire, le cas échéant en prenant en compte le cumul sur un même cours d'eau (Loire, Rhône) de plusieurs centrales nucléaires voire d'autres usages (barrage hydroélectrique par exemple), d'analyser les évolutions technologiques disponibles et les capacités d'adaptation des installations au réchauffement climatique, ainsi que d'évaluer l'impact prévisible du changement climatique à moyen et long termes sur les débits des cours d'eau.

De façon plus générale, la réévaluation des enjeux relatifs au réchauffement climatique est en particulier réalisée à l'occasion des réexamens périodiques, qui consistent en un bilan global de l'installation, tous les dix ans. Cette réévaluation se base sur le scénario pessimiste des précipitations du GIEC. À plus long terme, la problématique de l'adaptation au réchauffement climatique est intégrée dans l'analyse d'une éventuelle poursuite de fonctionnement au-delà de 60 ans – les centrales nucléaires les plus anciennes du parc existant ayant juste dépassé les 40 ans de fonctionnement.

Concernant les nouveaux réacteurs en projet, les impacts du changement climatique de long terme doivent être pris en compte dès la conception : les nouveaux réacteurs sont implantés en bord de mer, ou en bord de fleuve avec des tours aéroréfrigérantes (circuit « fermé ») et les évolutions climatiques prévisibles ayant un impact sur la sûreté (par exemple perte de la

² <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/ladaptation-au-changement-climatique-du-parc-des-reacteurs-nucleaires>

source froide de refroidissement) sont à prendre en compte parmi les agressions externes de référence.

Les perspectives d'adaptation des centrales nucléaires sont notamment étudiées par EDF dans le cadre du projet « ADAPT »³ qui vient en complément du processus de réexamen périodique. Des réflexions sont ainsi engagées sur des technologies industrielles permettant l'adaptation au changement climatique des centrales nucléaires d'EDF. Cette démarche s'inscrit dans une approche territorialisée et multi-sectorielle, menée avec l'ensemble des acteurs concernés. EDF mène également des recherches en matière d'évolution de la biodiversité, tant sur l'impact de ses activités sur les milieux dans le contexte du changement climatique, que sur la contribution à l'adaptation que peut avoir une action sur les milieux, comme par exemple la végétalisation des berges. Seules une vision à moyen et long terme des effets du dérèglement climatique et une approche territorialisée au regard des effets cumulés potentiels liés à la présence de plusieurs sites nucléaires sur un même bassin versant, permettront de répondre de manière adéquate à ces enjeux.

³ Adaptation des centrales nucléaires d'EDF au changement climatique - 17/04/2023 – ASN

L'appréhension de la pollution fluviale transfrontière par le droit international

...et ses quelques enseignements pour le droit nucléaire

Claire PORTIER

Maître de conférences en droit public, Université Savoie Mont Blanc,
Centre de Recherche en Droit Antoine Favre

Résumé : L'article explore l'encadrement juridique de la pollution des cours d'eau internationaux susceptible d'être causée par les installations nucléaires, en s'appuyant sur les principes fondamentaux du droit international des cours d'eau, principalement le principe de l'utilisation non dommageable du territoire. Consacré par les Conventions de New York de 1997 et d'Helsinki de 1992, et doté d'une valeur coutumière, le respect de ce principe repose sur le standard de *due diligence*. Traditionnellement doté d'un caractère variable et d'un contenu indéterminé, ce standard a été précisé par la jurisprudence internationale en matière de protection de l'environnement, notamment des cours d'eau internationaux. L'article démontre ainsi que les activités nucléaires, tout en étant soumises au droit international de l'environnement, peuvent également contribuer à son enrichissement dans une logique de prévention et de réparation des dommages environnementaux transfrontaliers.

Mots-clés : cours d'eau internationaux ; fleuves internationaux ; droit nucléaire ; centrale nucléaire ; due diligence ; obligation de prévention ; utilisation non dommageable du territoire ; pollution transfrontière ; Convention de New York ; Convention d'Helsinki ; Cour internationale de Justice.

Abstract: *This article explores the legal framework for the pollution of international watercourses that may be caused by nuclear facilities, based on the fundamental principles of international watercourse law, principally the principle of the no-harm rule. Enshrined in the New York Convention of 1997 and the Helsinki Convention of 1992, and endowed with customary value, this principle is based on the standard of due diligence. This standard, which is variable and uncertain in content, has been clarified by international case law regarding environmental protection, including international watercourses. The article demonstrates that nuclear activities, while subject to international environmental law, can also contribute to enriching the logic of preventing and repairing transboundary environmental damage.*

Keywords: *international watercourses ; nuclear law ; nuclear power plant ; due diligence ; principle of prevention ; non-harm rule ; transboundary pollution ; New York Convention ; Helsinki Convention ; International Court of Justice.*

Lorsqu'on aborde les relations entre le nucléaire et l'eau, la problématique de la pollution fluviale se pose inéluctablement. La raison en est simple : les réacteurs nucléaires nécessitent de grandes quantités d'eau pour assurer le refroidissement de leurs circuits. Si, dès ses débuts, l'industrie nucléaire a veillé à se garantir un accès privilégié à cette ressource — raison pour laquelle les centrales nucléaires sont souvent construites à proximité de la mer, d'un fleuve ou, plus rarement, d'une rivière¹ — force est toutefois d'admettre qu'une telle conjoncture n'est pas sans risque pour l'environnement. Indépendamment de toute circonstance accidentelle², le processus peut effectivement impliquer que l'eau ainsi réchauffée, et

¹ Voy. SFEN, « Quels sont les besoins en eau d'une centrale nucléaire ? », avril 2024, et la carte disponible [en ligne](#).

² On pensera par exemple à l'incident survenu sur le site de Tricastin dans la nuit du 7 au 8 juillet 2008, lorsque le débordement d'une cuve d'entreposage de l'installation SOCATRI avait conduit à un relâchement d'environ 70 kg d'uranium dans le ruisseau de la Gaffière qui traverse le site industriel et dont une partie a pu atteindre la nappe phréatique.

possiblement contaminée, soit restituée au milieu d'origine, étant alors susceptible d'affecter sa température, d'altérer sa qualité et de perturber les écosystèmes aquatiques présents³.

Assurément, ces rejets sont aujourd'hui strictement réglementés, le droit nucléaire français et international imposant aux autorités compétentes d'édicter des prescriptions visant à encadrer les prélèvements et la consommation d'eau des centrales, ou encore les rejets des effluents liquides et gazeux qu'elles opèrent dans l'environnement. Ils restent néanmoins sources de tensions, lesquelles peuvent être exacerbées lorsque les conséquences négatives de ces rejets sont susceptibles d'affecter plusieurs États. L'actualité internationale en a d'ailleurs fait montre, dans le contexte spécifique de l'accident survenu le 11 mars 2011 sur le site de Fukushima Daiichi. Pourtant opéré sous le contrôle de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), le rejet des eaux contaminées de la centrale dans l'océan Pacifique, qui a débuté le 24 août 2023, n'a pas moins provoqué de vives réactions au sein des États riverains, à l'instar de la Chine⁴. Or, ce qui est valable pour les espaces maritimes l'est tout autant pour d'autres espaces aquatiques partagés, c'est-à-dire « *lorsque des masses d'eau continentales s'étendent au-delà des frontières d'un ou plusieurs États* »⁵. Tel est le cas des « *cours d'eau internationaux* » à la catégorie desquels appartiennent certains fleuves servant de support à l'industrie nucléaire.

En droit international, les fleuves relèvent en principe de la souveraineté de l'État sur le territoire duquel ils sont situés. Incontesté, le principe résulte de la souveraineté territoriale de l'État, expression commodément employée pour désigner la plénitude et l'exclusivité des compétences que l'État détient sur son territoire⁶. On conçoit cependant que le principe trouve une limite, lorsque ces fleuves ne se localisent pas exclusivement sur le territoire d'un État. Tel est le cas des « *fleuves internationaux* », considérés comme tels, car ils coulent sur le territoire de plusieurs États, qu'ils en matérialisent la frontière (« *fleuves frontières* » ou « *contigus* ») ou qu'ils les traversent successivement (« *fleuves successifs* »). Dans ce contexte, il est donc paru raisonnable d'aménager l'exercice de la souveraineté, et ce d'autant plus que l'utilisation de ces fleuves internationaux devait progressivement connaître une diversification importante⁷. À l'internationalisation « *relative et limitée* »⁸ que supposait la seule prise en compte des activités de navigation par le droit international fluvial s'est ainsi ajoutée la prise en compte d'autres utilisations. Mais alors que les conséquences de ces diverses utilisations pouvaient générer des tensions, il devait également être pris conscience

³ Deux configurations existent selon le type de refroidissement choisi et les conditions hydrologiques du milieu où est implantée la centrale. Si le réacteur est installé en bord de mer ou au bord d'un fleuve présentant un débit élevé, le circuit de refroidissement sera dit « ouvert ». Cela signifie que l'eau prélevée sera restituée au milieu d'origine quasi intégralement. En revanche, si le réacteur est localisé à proximité d'une rivière, le circuit est dit « fermé ». L'eau contaminée sera ainsi conservée et réutilisée. Une partie plus ou moins importante s'échappera néanmoins par évaporation (c'est ce que l'on appelle le « panache blanc »). Voy. SFEN, « Quels sont les besoins en eau d'une centrale nucléaire ? », *op. cit.* ; EDF, *Centrales nucléaires et environnement, prélèvements d'eau et rejets*, EDF, édition 2020, 273 p.

⁴ Voy. C. PORTIER, P. RICARD, « Rejet des eaux contaminées de Fukushima dans l'Océan : une opération sous contrôle ? », *Le club des juristes*, sept. 2023 [en ligne].

⁵ J.-M. LAVIEILLE, H. DELZANGLES, C. LE BRIS, *Droit international de l'environnement*, 4^{ème} ed., Paris, Pedone, 2018, p. 258.

⁶ Voy. *Affaire de l'île de Palmas (ou Miangas) (États-Unis c. Les Pays-Bas)*, sentence arbitrale du 4 avril 1928, traduite de l'anglais par C. Rousseau, *RGDIP*, vol. 42, 1935, pp. 156 et ss. : « *la souveraineté dans les relations entre États signifie l'indépendance. L'indépendance relativement à une partie du globe, est le droit d'y exercer à l'exclusion de tout autre État, les fonctions étatiques* ».

⁷ Voy. G. SAUSER-HALL, « L'utilisation industrielle des fleuves internationaux », *RCADI*, vol. 83, 1953, pp. 473-474 : « *[s']il est notoire que pendant des siècles, la science du droit des gens ne s'est préoccupé que droit de navigation et de pêches des fleuves internationaux [...] notre époque a vu surgir une utilisation qui prend de plus en plus d'ampleur ; c'est celle de l'utilisation industrielle des fleuves internationaux [...]. Celles-ci sont de nature à exercer sur le cours d'un fleuve ou d'une rivière, sur le volume des eaux, sur la rapidité de leur débit des influences qui peuvent être dommageables à autrui et être la cause de litiges susceptibles d'atteindre une si grave acuité que les relations entre États risqueront d'être troublées* ». Comparez avec B. WINIARSKI, « Principes généraux du droit fluvial international », *RCADI*, vol. 45, 1933, pp. 79-217 dont le propos est essentiellement concentré sur la navigation.

⁸ J. COMBACAU, S. SUR, *Droit international public*, 13^{ème} ed, Paris, LGDJ, 2019 p. 507.

que l'environnement, « *loin d'être une abstraction* » constitue « *l'espace où vivent les êtres humains et dont dépend la qualité de leur vie et de leur santé, y compris pour les générations à venir* »⁹. De cette double évolution, il a donc résulté une approche intégrée de la gestion des eaux transfrontalières visant le dépassement de la seule prise en compte des intérêts économiques sectoriels pour évoluer vers une mise en valeur de leur dimension écologique¹⁰. Dit autrement, elle a favorisé l'inclusion de la dimension environnementale dans la réglementation relative aux cours d'eau internationaux, non plus seulement appréhendés par les utilisations pouvant en être faites, mais comme un élément *per se* de l'environnement. Et cette évolution s'est d'abord manifestée à travers la définition « *nécessairement plus ample* » des eaux faisant l'objet d'une telle approche¹¹. Initialement caractérisés par leur « *navigabilité* »¹², les fleuves internationaux se sont ainsi vus englobés dans la définition des « *cours d'eau internationaux* », entendu comme les « *système[s] d'eaux de surface et d'eaux souterraines constituant, du fait de leurs relations physiques, un ensemble unitaire et aboutissant normalement à un point d'arrivée commun [cours d'eau] dont des parties se trouvent dans des États différents [cours d'eau international]* »¹³. Elle s'est ensuite manifestée à travers l'enrichissement des normes destinées à réguler les utilisations diverses de ces fleuves internationaux ou, plus généralement, ces cours d'eau internationaux¹⁴. Plus exactement, elle s'est concrétisée à travers l'élaboration de régimes conventionnels spéciaux applicables aux grands réseaux aquatiques du monde dotés d'une dimension institutionnelle forte. Au regard de la richesse de la pratique disponible et du sujet nous intéressant, il ne saurait donc être question de rendre compte ici de l'ensemble de la pratique conventionnelle¹⁵. Cependant, la convergence de ces dispositions conventionnelles a

⁹ CIJ, *Licéité de la menace ou de l'emploi d'arme nucléaire*, avis consultatif du 8 juillet 1996, Rec. 1996, p. 241, § 29.

¹⁰ Sur cette évolution néanmoins partie d'une approche utilitariste de l'environnement : voy. K. SANGBANA, *La protection des eaux douces transfrontières contre la pollution : dimensions normatives et institutionnelles*, Genève/Zurich, Schulthess Éditions Romandes, 2017, pp. 11 et ss et plus généralement L. BOISSON DE CHAZOURNES, « Les cours d'eau internationaux et leurs utilisations en droit international », *Revue internationale de Droit économique*, t. XXXVI(2), 2022, pp. 9-24, sp. pp. 15 et ss ; J-M. THOUVENIN, « Droit international général des utilisations des fleuves internationaux » in B. AURESCU, A. PELLET (dirs), *Actualité du droit des fleuves internationaux*, Paris, Pedone, 2010 pp. 107-139 ou encore L. CAFLISCH, « Règles générales du droit des cours d'eau internationaux », *RCADI*, 1989, vol. 2019, pp. 21 et ss.

¹¹ Voy. J-M. THOUVENIN, *op. cit.*, p. 117 : « *les eaux qui font l'objet de la réglementation des utilisations autres que la navigation, ainsi que de celle relative à la lutte contre la pollution sont plus complexes à définir, ne serait-ce que parce qu'il n'est alors plus possible de s'en tenir aux seules eaux de surface [...] Si l'on souhaite en éviter la pollution [...] l'approche est nécessairement ample* ».

¹² Voy. L. CAFLISCH, *op. cit.*, p. 24 ; G. SAUSER-HALL, *op. cit.*, pp. 474 et ss. Sans égard à leur navigabilité, il pouvait être défini comme les « *eaux de surfaces mouvantes localisées dans le territoire de plus d'un État et pouvant comprendre les affluents situés sur le territoire de plus d'un État, voire des canaux latéraux* » : J. SALMON (dir.), *Dictionnaire de droit international public*, Bruxelles, Bruylant, 2001, p. 506.

¹³ Le droit fluvial international étant bien souvent constitué d'accords particuliers, chaque accord particulier peut définir son champ d'application. La définition retenue est donc celle de la *Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation (ci-après Convention de New York)*, 1997, art. 2.a) et b), laquelle pourrait avoir acquis une valeur coutumière : voy. CIJ, *Différend concernant le statut et l'utilisation des eaux du Silala (Chili c. Bolivie)*, arrêt du 1^{er} décembre 2022, Rec. 2022, p. 647, §§ 92-95. Cette définition constitue, en réalité, un compromis entre la définition traditionnelle du cours d'eau et le concept émergent en droit conventionnel de « bassin », fondé sur l'idée de réseau hydrographique dans son ensemble, ou encore « d'eaux transfrontières » telle que retenue par la *Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux de 1992 (ci-après Convention d'Helsinki)* qui englobent à la fois les eaux superficielles et souterraines. Cette définition constitue ainsi « *un moyen terme entre les concepts de bassin de drainage international et de fleuve international. Elle est en retrait par rapport au premier, car elle n'englobe pas les eaux souterraines captives ; mais elle va au-delà du second en comprenant les lacs et les eaux souterraines reliées aux lacs et fleuves internationaux* » : J. SALMON (dir.), *Dictionnaire de droit international public, op. cit.*, p. 281. Notons cependant que les eaux souterraines n'en ont pas moins intéressé la Commission du droit international des Nations unies qui leur a consacré un Projet d'articles : CDI, « *Projet d'articles sur le droit des aquifères transfrontières* », *ACDI*, 2008, vol. II(2). Les principes applicables à ces eaux étant peu ou prou similaires, il en résulte ainsi une certaine complémentarité des instruments. Sur ces définitions et sur l'importance environnementale, mais également les faiblesses, de la notion de bassin voy. not. L. CALFISH, *op. cit.*, sp. pp. 24 et ss ; L. BOISSON DE CHAZOURNES, « Les cours d'eau internationaux et leurs utilisations en droit international », *op. cit.*, pp. 13-15 ; J-M. THOUVENIN, *op. cit.* ou plus généralement M. FORTEAU, A. MIRON, A. PELLET, *Droit international public*, 9^{ème} ed, Paris, LGDJ, 2022, pp. 1688-1689.

¹⁴ Aussi conviendra-t-il de noter que si la présente contribution porte sur les fleuves internationaux, il s'agit principalement d'une commodité guidée par le contexte de l'étude, dont le propos serait *mutatis mutandis* applicable aux « eaux transfrontières » de toute nature.

¹⁵ Pour de plus amples études, voy. K. SANGBANA, *La protection des eaux douces transfrontières contre la pollution : dimensions normatives et institutionnelles, op. cit.* ; J. LAMMERS, *Pollution of International Watercourses*, Martinus Nijhoff Publishers, Leiden, 1984, 724 p. ; A. NOLLKAEMPER, *The Legal regime for Transboundary Water Pollution: Between, Discretion and Constraint*, Martinus Nijhoff, Dordrecht, 1993, 390 p. ; J. SOHNLE, *Le droit international des ressources en eau douce : solidarité contre souveraineté*, Paris, La Documentation française, 2002, 608 p. ou encore J-P. BEURRIER, *Droit international de l'environnement*, Paris, Pedone, 2017, pp. 270 et ss.

contribué à dégager certaines tendances générales et à l'éclosion d'une série de principes favorisés par la jurisprudence internationale.

Aujourd'hui, ces principes sont ainsi principalement repris dans la *Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux* de la Commission économique pour l'Europe 1992 (ci-après *Convention d'Helsinki*)¹⁶ et la *Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation* des Nations unies de 1997 (ci-après *Convention de New York*)¹⁷. Aussi s'agira-t-il principalement d'exposer les règles qui gouvernent les utilisations des fleuves internationaux, et spécifiquement ceux permettant de lutter contre la pollution entendue comme « toute modification préjudiciable de la composition ou de la qualité des eaux d'un cours d'eau international résultant directement ou indirectement des activités humaines »¹⁸ ; et cela afin d'envisager la manière dont ces principes sont traduits ou susceptibles de s'appliquer dans le contexte spécifique de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire. Si le droit international général comme les deux conventions suscitées consacre effectivement une obligation de prévenir, maîtriser et réduire la pollution des eaux qui a ou qui risque d'avoir un impact transfrontière, encore faut-il pouvoir appréhender tant la signification de cette interdiction — qui est, sans aucun doute, applicable aux activités nucléaires (I) —, que les modalités de son appréhension (II).

I) La signification de l'interdiction de la pollution fluviale transfrontière

En droit international, l'histoire est ainsi bien connue que la fin du XXe siècle a marqué un tournant dans la prise en compte de l'environnement au niveau mondial. C'est dans ce contexte que, tout naturellement, un principe de protection et de préservation des écosystèmes des cours d'eau internationaux a intégré les textes conventionnels régionaux et universels, en témoignant notamment *la Convention de New York de 1997* ou la *Convention d'Helsinki de 1992* sus évoqués¹⁹. Mais si cette nécessité de prendre en compte l'environnement, et partant les principes qui gouvernent sa protection, est rappelée par la jurisprudence internationale²⁰, cette règle interdisant de polluer les cours d'eau internationaux ne constitue en réalité qu'une application particulière de l'obligation de ne pas causer de dommage transfrontière, qui constitue, elle-même, un aspect du principe d'utilisation non dommageable du territoire²¹.

Né dans le droit international contemporain de la mise en échec du principe de la souveraineté territoriale absolue et tiré de la maxime *sic utere tuo ut alienum non laedas*²², le principe

¹⁶ *Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux*, signée à Helsinki le 17 mars 1992, entrée en vigueur le 6 octobre 1996, RTNU, vol. 1936, p. 269.

¹⁷ *Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation*, signée à New York le 21 mai 1997, entrée en vigueur le 17 août 2014, RTNU, vol. 2999, p. 77. Sur ces conventions, J-P. BEURRIER, *op. cit.*, pp. 257 et ss. Pour une comparaison entre les deux instruments voy. Commission économique des Nations unies pour l'Europe (A. TANZI (dir.)), *La Convention sur l'eau de la Commission économique pour l'Europe et la Convention sur les cours d'eau des Nations unies, Une analyse de leur contribution harmonisée au droit international de l'eau*, Publication des Nations unies, Genève, 2018, 93 p.

¹⁸ *Convention de New York*, *op. cit.*, art. 21§ 1. Pour aller plus loin, voy. K. SANGBANA, *op. cit.*, pp. 8-11 ; J-P. BEURRIER, *op. cit.*, pp. 133 et ss.

¹⁹ Voy. *Convention de New York*, *op. cit.*, art. 21 ; *Convention d'Helsinki*, *op. cit.*, art. 2§ 2.a).

²⁰ Voy. CIJ, *Projet Gabčíkovo-Nagymaros (Hongrie/Slovaquie)*, arrêt du 25 septembre 1997, *Rec. 1997*, p. 78, § 53 ; *Arbitrage relatif à la ligne du Rhin de fer (Belgique c. Pays-Bas)*, sentence arbitrale du 24 mai 2005, *RSA*, vol. XXVII, § 58 ; *Arbitrage des Eaux de l'Indus Kishenganga (Pakistan c. Inde)*, sentence partielle du 18 février 2013, § 449.

²¹ Voy. *Convention de New York*, *op. cit.*, art. 7 ; *Convention d'Helsinki*, *op. cit.*, art. 2 § 1. Sur l'interdiction de la pollution comme application du principe d'utilisation non dommageable, voy. CDI, « *Projet d'articles sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation et commentaires y relatifs* », *ACDI*, 1994, vol. II-2, p. 129, § 3.

²² « *Use of ton propre bien de manière à ne pas porter préjudice au bien d'autrui* ».

d'utilisation non dommageable du territoire oblige les États à ne plus laisser faire usage de leur territoire de façon à porter atteinte aux droits des États voisins, *id* de causer des dommages transfrontières. Mais bien qu'ayant fait l'objet de nombreuses consécration juridiques²³, ce principe n'a jamais connu une portée absolue. Bien qu'ayant trouvé un terrain d'application privilégié dans le droit des fleuves internationaux (A), il ne s'envisage que comme une obligation de prévention (B).

A) Une application du principe d'utilisation non dommageable du territoire

Dans le contexte de la protection des fleuves internationaux, l'interdiction de polluer les fleuves internationaux a constitué une traduction du principe de l'utilisation non dommageable du territoire, qui s'est opérée à la faveur du rejet de la doctrine HARMON. Reposant sur une vision absolutiste de la souveraineté, la doctrine HARMON exprimait effectivement l'idée que l'État riverain d'un fleuve international se trouvait libre de l'utiliser sans tenir compte des intérêts des autres États²⁴. Partant, l'émergence du principe de l'utilisation non dommageable du territoire aurait pu se traduire par une généralisation de l'interdiction de polluer les fleuves internationaux²⁵. Cependant, si un aménagement des souverainetés étatiques s'avérait nécessaire, il n'était nullement question de céder à la doctrine d'une intégrité absolue du territoire, laquelle aurait abouti à « *une interdiction virtuelle d'utilisation pour tous les États d'amonts* »²⁶. Dans ce contexte, c'est donc le principe de la souveraineté limitée qui a constitué le juste équilibre entre ces extrêmes, et qui a permis, en outre, de concilier le principe d'utilisation non dommageable du territoire avec celui de l'utilisation équitable et raisonnable du cours d'eau international²⁷.

Second principe cardinal du droit des cours d'eau internationaux, notamment mis en lumière dès l'affaire du *Lac Lanoux*²⁸, l'utilisation équitable et raisonnable a effectivement influé sur le contenu du principe d'utilisation non dommageable du territoire. Certes, ce principe n'est pas exclusif de la question de la pollution, en témoigne l'actualité nucléaire entre la France et

²³ Voy. notamment *Trail smelter (États-Unis c. Canada)*, sentences arbitrales du 16 avril 1938 et 11 mars 1941, *RSA*, vol. III, p. 1965 ; CIJ, *Détroit de Corfou (Royaume-Uni c. Albanie)*, arrêt du 9 avril 1949, *Rec. 1949* p. 22 ; CIJ, *Licéité de la menace ou de l'emploi d'armes nucléaires*, avis consultatif du 6 juillet 1996, *Rec. 1996*, pp. 241-242, § 29 ; *Arbitrage relatif à la ligne du Rhin de fer (Belgique c. Pays-Bas)*, sentence arbitrale du 24 mai 2005, *RSA*, vol. XXVII, § 59 ; CIJ, *Usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)*, arrêt du 20 avril 2010, *Rec. 2010*, pp. 55-56, § 101.

²⁴ La doctrine HARMON est ainsi dénommée à raison de la position formulée en 1895 par Judson HARMON, Attorney général des États-Unis, à l'occasion du différend du Chamizal opposant les États-Unis au Mexique à propos des dérivations opérées du Rio Grande : "[t]he fundamental principle of international law is the absolute sovereignty of every nation, as against all others, within its own territory. All exceptions [...] to the full and complete power of a nation within its own territories must be traced up to the consent of the nation itself. They can flow from no other legitimate source. [...] [T]he rules, principles, and precedents of international law impose no liability or obligation upon the United States". Voy. S. C. MCCAFFREY, "The Harmon Doctrine One Hundred Years Later: Buried, Not praised", *Natural Resources Journal*, 1996, vol. 36, pp. 965-1007 ; L. CAFLISCH, *op. cit.*, pp. 48 et ss.

²⁵ Comme le souligne K. SANGBANA, *op. cit.*, pp. 31 et ss, cette obligation était déjà prévue par un certain nombre de conventions.

²⁶ L. CAFLISCH, *op. cit.*, p. 164.

²⁷ Voy. *Convention de New York*, *op. cit.*, art. 5 ; *Convention d'Helsinki*, *op. cit.*, art. 2§ 2.c).

²⁸ *Affaire du lac Lanoux (Espagne, France)*, sentence du 16 novembre 1957, *RSA*, vol. XII, p. 315, § 22 : « [I] État d'amont a, d'après les règles de la bonne foi, l'obligation de prendre en considération les différents intérêts en présence, de chercher à leur donner toutes satisfactions compatibles avec la poursuite de ses propres intérêts et de montrer qu'il a, à ce sujet, un souci réel de concilier les intérêts de l'autre riverain avec les siens propres ». Déjà, en 1929, la Cour permanente de Justice considérait que les fleuves internationaux sont créateurs d'une communauté d'intérêt entre les États riverains et que cette « communauté d'intérêts sur un fleuve navigable devient la base d'une communauté de droit, dont les traits essentiels sont la parfaite égalité de tous les États riverains dans l'usage de tout le parcours du fleuve et l'exclusion de tout privilège d'un riverain quelconque par rapport aux autres » : CPJI, *Juridiction territoriale de la Commission internationale de l'Oder*, Arr. n° 16, 1929, CPJI série A, p. 27. Voy. également CIJ, *Projet Gabčíkovo-Nagymaros (Hongrie/Slovaquie)*, *op. cit.*, § 78 dans lequel la Cour se réfère « au droit fondamental » d'un État riverain « à une part équitable et raisonnable des ressources d'un cours d'eau international ».

la Suisse²⁹. Mais en supposant un règlement d'intérêt équitable, il devait conduire à la recherche d'un équilibre entre les droits d'utilisation du cours d'eau et devoir de ne pas priver les autres États de leurs propres droits d'utilisation. « *Dans un contexte d'égalité des droits, l'approche consistant à interdire purement et simplement la pollution deven[ant] [ainsi] problématique en ce qu'elle est en opposition avec le droit d'utilisation dont bénéficie chaque État riverain* »³⁰, il en a résulté une adaptation nécessaire du principe d'utilisation non dommageable aux enjeux sous-jacents du second (*id.* le développement économique et industriel) et une limitation inévitable de sa portée³¹.

B) La portée du principe d'utilisation non dommageable du territoire

La limitation du principe d'utilisation non dommageable du territoire s'est opérée à deux niveaux. Elle s'est manifestée, d'une part, dans le seuil du dommage de pollution pris en considération « *qui doit avoir quelque importance pour nuire aux intérêts de l'État lésé* »³². Dans la pratique conventionnelle comme jurisprudentielle, les références sont effectivement nombreuses aux dommages « substantiels », « importants », « sensibles » ou encore « significatifs »³³. Or si la doctrine tend fréquemment à relever l'ambiguïté des termes usités, il n'en reste pas moins que ces derniers convergent à matérialiser l'idée d'un jugement de valeur porté sur le dommage, conduisant *a minima* à ne retenir que les dommages « appréciables »³⁴. Elle s'est manifestée, d'autre part, dans l'appréciation qui est portée sur le

²⁹ Depuis des années, la Suisse se bat pour obtenir la fermeture de la centrale nucléaire du Bugey. Or, cette dernière contrôle parallèlement le débit du Rhône dont l'assèchement pose des difficultés pour le fonctionnement des centrales nucléaires françaises. En 2023, la France a ainsi demandé plusieurs fois à la Suisse de relâcher davantage d'eau du Lac Léman pour assurer le fonctionnement des centrales et de relancer les négociations autour d'un accord entre les deux États sur l'usage de ces eaux.

³⁰ K. SANGBANA, *op. cit.*, p. 48.

³¹ Dans une ordonnance du 13 juillet 2006 rendue en l'affaire *Usines de pâte à papier*, la Cour avait souligné « *l'importance de la protection d'assurer la protection, sur le plan de l'environnement, des ressources naturelles partagées* », mais sa nécessité d'être concilié avec « *un développement économique durable* » (§ 80). La doctrine tend d'ailleurs à souligner l'ambiguïté de la relation entre le principe d'utilisation équitable et raisonnable et le principe d'utilisation non dommageable, en raison de l'inclusion de l'obligation de ne pas causer des dommages dans l'appréciation du principe d'utilisation raisonnable et équitable. Ainsi, la Convention de New York liste en son article 6 une série de facteurs et de circonstances non hiérarchisés destinés à apprécier l'utilisation équitable et raisonnable d'un cours d'eau, parmi lesquels on retrouve les effets de l'utilisation du cours d'eau sur les autres États. Parallèlement, l'article 7 consacre le principe d'utilisation non dommageable du territoire, que l'on retrouve aussi, dans le cadre spécifique de la pollution, à l'article 21. Il en va peu ou prou de même de la Convention d'Helsinki dont l'article 2 § 2 dispose que « *les parties prennent, en particulier, toutes les mesures appropriées [...] pour veiller à ce qu'il soit fait un usage raisonnable et équitable des eaux transfrontières, en tenant particulièrement compte de leur caractère transfrontière, dans le cas d'activités qui entraînent ou risquent d'entraîner un impact transfrontière* ». La Cour internationale de Justice elle-même, dans l'affaire *Gabcikovo-Nagymaros* semblait envisager les atteintes à l'environnement comme élément déterminant le caractère raisonnable et équitable d'une utilisation : CIJ, *Projet Gabčíkovo-Nagymaros (Hongrie/Slovaquie)*, *op. cit.*, § 53 : X. FUENTES, "The Criteria for the Equitable Utilization of International Rivers", *British Yearbook of International Law*, vol. 67, Issue 1, 1996, pp. 337-412; S. YASUHIRO, "Some Reflections on the Relationship Between the Principle of Equitable Utilization of International Watercourses and the Obligation not to Cause Transfrontier Pollution Harm", *Asian Yearbook of International Law*, 2000, vol. 9, pp. 147-190 ; S. SALMAN, "The Obligation not to Cause Significant Harm (Article 7)", in L. BOISSON DE CHAZOURNES, M. TIGNINO, M.M. MBENGUE, K. SANGBANA (dir.), *The UN Convention on the Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses – A Commentary*, Oxford, OUP, 2018, pp. 95-121 ; L. CAFLISCH, "Sic utere tuo ut alienum non laedas : règle prioritaire ou élément servant à mesurer le droit de participation équitable et raisonnable à l'utilisation d'un cours d'eau international ?", in *Festschrift für Walter Müller*, Vienne, Schulthess, 1993, pp. 27-47. Notons toutefois que lors de la rédaction de la Convention de New York, certains membres de la Commission du Droit international prirent le soin de relever qu'un dommage extrême ne peut jamais être compensé par les avantages tirés de l'activité. Ainsi, une utilisation qui cause des dommages à la santé et à la sécurité des personnes est considérée comme intrinsèquement inéquitable et déraisonnable : CDI, « *Projet d'articles sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation et commentaires y relatifs* », *op. cit.*, p. 110, § 14.

³² S. M. SCHWEBEL, « *Troisième rapport sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation* », *ACDI*, vol. II(1), 1982, p. 119, § 130 ; K. SANGBANA, *op. cit.*, p. 48.

³³ Pour une analyse des termes employés dans la pratique conventionnelle, voy. K. SANGBANA, *op. cit.*, p. 44, sp. note 178.

³⁴ Dans le projet de la CDI de 1994, le commentaire de l'article 7 indique : « *[b]ien qu'un tel effet [significatif] doive pouvoir être établi par des constatations objectives et ne doit pas être par nature négligeable, il n'est pas nécessaire qu'il atteigne un degré considérable* » : CDI, « *Projet d'articles sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation et commentaires y relatifs* », *op. cit.*, p. 99, § 15. Quant au groupe de travail de l'Assemblée générale sur la Convention de New York, il a considéré que : « *[l]e mot "significatif" n'est pas employé dans le présent article ni dans aucune autre disposition de la présente Convention dans le sens de "considérable". Ce qu'il faut éviter [...] [c'est] une utilisation particulière qui port[e] atteinte de façon significative à l'utilisation des eaux par des États tiers du cours d'eau. Bien qu'un tel effet doive pouvoir être établi par des constatations objectives et ne doit pas être par nature négligeable, il n'est pas nécessaire qu'il atteigne un degré considérable* » : Voy. rapport de la Sixième Commission réunie en Groupe de travail

comportement de l'État à l'origine du dommage. Aujourd'hui, c'est effectivement à une obligation de prévention que les États sont tenus, laquelle ne s'appréhende pas comme une obligation de résultat, mais comme une obligation de moyens, une obligation de « s'efforcer »³⁵. Cette obligation n'est ainsi « *pas censé[e] garantir que l'utilisation du cours d'eau international n'entraînera pas de dommages significatifs* »³⁶. Elle impose simplement, pour reprendre les termes de la Convention de New York de 1997, que « *les États du cours d'eau prendront toutes les mesures appropriées pour ne pas causer de dommages significatifs aux autres États du cours d'eau* »³⁷. Autrement dit, la seule survenance du dommage, aussi important soit-il, ne suffit pas à considérer que l'État a violé l'obligation (même s'il demeure un critère essentiel³⁸). Apprécié par le biais de la *due diligence (diligence requise)*³⁹, c'est un standard d'évaluation du comportement de l'État qui est érigé. Il conduit à apprécier l'effort

plénier, 14 mai 1997, UN doc. n°A/51/869, p. 5, § 8. De même, dans son projet sur la prévention des dommages transfrontières (2001), la même Commission du droit international expliquait le choix de la formule retenue (« dommage significatif ») de la manière suivante : « *[i]l doit être entendu que "significatif" est plus que "détectable", mais sans nécessairement atteindre le niveau de "grave" ou "substantiel". Le dommage doit se solder par un effet préjudiciable réel sur des choses telles que la santé de l'homme, l'industrie, les biens, l'environnement ou l'agriculture dans d'autres États. Ces effets préjudiciables doivent pouvoir être mesurés à l'aide de critères factuels et objectifs [...] L'adjectif "significatif", quoique défini par des critères concrets et objectifs, suppose aussi un jugement de valeur qui dépend des circonstances du cas considéré et du moment où ce jugement est porté* » : CDI, « Projets d'articles sur la prévention des dommages transfrontières résultant d'activités dangereuses et commentaires y relatifs », *ACDI*, 2001, vol. II(2), pp. 417, § 4, p. 419, § 7. Voy. également H. RUIZ-FABRI, « Règles coutumières générales et droit international fluvial », *AFDI*, 1990, vol. 36, p. 841 : « *[l]a notion de dommage appréciable est, de même, une notion aléatoire. Les querelles terminologiques le montrent. On peut les gommer pour ne retenir que l'idée que le dommage doit avoir une certaine importance. Mais cela ne réduit pas vraiment la subjectivité de l'appréciation non seulement quant à l'ampleur du dommage, mais aussi quant à sa nature* ». Cela dit, l'appréciation qui est faite de cette condition par la Cour, qui exige quant à elle un « dommage important » interroge la doctrine : voy. par exemple CIJ, *Certaines activités menées par le Nicaragua dans la région frontalière (Costa Rica c. Nicaragua)* et *Construction d'une route au Costa Rica le long du fleuve San Juan (Nicaragua c. Costa Rica)*, arrêt du 16 décembre 2015, *Rec. 2015*, p. 731, § 196 ou dans le cadre de l'article 12 de la Convention de New York sur lequel nous reviendrons infra CIJ, *Différend concernant le statut et l'utilisation des eaux du Silala (Chili c. Bolivie)*, op. cit., p. 652 § 116 et 117 et T. DEMARIA, « L'affaire du différend concernant le statut et l'utilisation du fleuve Silala (Chili C. Bolivie) », 2023, à paraître ; S. MALJEAN-DUBOIS, Y. KERBRAT, « La contribution en demie teinte de la CIJ au droit international de l'environnement dans les affaires Costa-Rica-Nicaragua », *JDI (Clunet)*, 2018/3, pp. 1133-1154 ; Y. KERBRAT, « Le droit international face au défi de la réparation des dommages à l'environnement » in SFDI, *Le droit international face aux enjeux environnementaux*, Paris, Pedone, 2010, p. 125 et L. ESTRELA BORGES, *Les obligations de prévention dans le droit international de l'environnement*, Paris, L'Harmattan, 2016, pp. 357 et ss.

³⁵ TIDM, *Responsabilités et obligations des États qui patronnent des personnes et entités dans le cadre d'activités menées dans la Zone, avis consultatif*, 1er février 2011, *TIDM Recueil 2011*, p. 38, § 110. Sur cet « effort » qui caractérise les obligations de comportement voy. notamment T. DEMARIA, « Obligations de comportement et obligations de résultat dans la jurisprudence de la Cour internationale de Justice », *Annuaire canadien de droit international*, 2020, vol. 58, pp. 362-381 ; J. COMBACAU, « Obligations de résultat et obligations de comportement : Quelques questions et pas de réponse » in D. BARDONNET (dir), *Le droit international, unité et diversité : Mélanges offerts à Paul Reuter*, Paris, Pedone, 1981, pp. 181-204 ; P.-M. DUPUY, « Reviewing the Difficulties of Codification: On Ago's Classification of Obligations of Means and Obligations of Result in Relation to State Responsibility », *European Journal of International Law*, 1999, vol. 10, pp. 371-385 ou encore R. PISILLO MAZZESCHI, « Le chemin étrange de la *due diligence* : d'un concept mystérieux à un concept surévalué » in S. CASSELLA (dir), SFDI, *Le standard de due diligence et la responsabilité internationale*, Paris, Pedone, 2018, p. 323-338.

³⁶ CDI, « Projet d'articles sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation et commentaires y relatifs », op. cit., p. 109, § 4.

³⁷ *Convention de New York*, op. cit., art. 7.

³⁸ En droit international, le dommage n'est pas une condition pour engager la responsabilité de l'État : la seule survenance d'un fait internationalement illicite suffit. Néanmoins, le dommage peut constituer la condition de la violation d'une obligation : voy. CDI, « Projet d'articles sur la responsabilité de l'État pour fait internationalement illicite et commentaires y relatifs », *ACDI*, 2001, vol. II-2, p. 37, § 9 : « *[o]n a parfois dit que la responsabilité internationale ne peut être engagée par le comportement d'un État qui manque à ses obligations que s'il existe un autre élément, en particulier celui du "dommage" causé à un autre État. Mais la nécessité de tenir compte de tels éléments dépend du contenu de l'obligation primaire, et il n'y a pas de règle générale à cet égard* ». Il en va ainsi de l'obligation de prévention qui nous intéresse, et qui suppose, pour être violée, que survienne un dommage transfrontière : voy. *Ibid.*, art. 14 § 3 : « *La violation d'une obligation internationale requérant de l'État qu'il prévienne un événement donné se produit au moment où l'événement survient et s'étend sur toute la période durant laquelle l'événement continue et reste non conforme à cette obligation* ». Voy. pour exemple CIJ, *Application de la convention pour la prévention et la répression du crime de génocide (Bosnie-Herzégovine c. Serbie-et-Monténégro)*, arrêt du 26 février 2007, *Rec. p. 221*, § 431 : « *la responsabilité d'un État pour violation de l'obligation de prévenir le génocide n'est susceptible d'être retenue que si un génocide a effectivement été commis* ». Voy. notamment T. OLIVEIRA, « La diligence due dans la prévention des dommages à l'environnement », *Annuaire Brésilien de Droit international*, 2012, vol.2, n° 13, p. 235.

³⁹ D'ailleurs, la référence à la notion de diligence requise était présente dans le projet de 1994 de la CDI : voy. CDI, « Projet d'articles sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation et commentaires y relatifs », op. cit., p. 108. Elle a finalement été supprimée lors des négociations de la Convention de New York, mais en a conservé le sens. Le groupe de travail de l'Assemblée générale sur la Convention de New York l'avait d'ailleurs explicité à propos de l'article 21 : voy. « Rapport de la Sixième Commission réunie en Groupe de travail plénier », 14 mai 1997, UN doc. n°A/51/869, p. 6 : « *En ce qui [concerne] les articles 21, 22 et 23 : Ainsi que la Commission du droit international le fait observer dans son commentaire, ces articles mettent une obligation de diligence voulue à la charge des États du cours d'eau* ».

fourni par l'État et met ainsi en exergue ce que constitue le principe d'utilisation non dommageable, ou plutôt ce qu'il ne constitue pas : une interdiction absolue de causer un dommage significatif à d'autres États du cours d'eau ou à leur environnement.

Cela dit, cette cristallisation conventionnelle du principe d'utilisation non dommageable n'a rien de surprenant : elle est *in fine* conforme à la signification que ce dernier a acquise dans le droit international coutumier. Il en témoigne *le dictum* de la Cour internationale de Justice dans l'affaire *Usines de pâtes à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)* :

« Le principe de prévention, en tant que règle coutumière, trouve son origine dans la diligence requise (“due diligence”) de l'État sur son territoire. Il s'agit de “l'obligation, pour tout État, de ne pas laisser utiliser son territoire aux fins d'actes contraires aux droits d'autres États” (*Détroit de Corfou [Royaume-Uni c. Albanie]*, fond, arrêt, *C.I.J. Recueil 1949*, p. 22). En effet, l'État est tenu de mettre en œuvre tous les moyens à sa disposition pour éviter que les activités qui se déroulent sur son territoire, ou sur tout espace relevant de sa juridiction, ne causent un préjudice sensible à l'environnement d'un autre État. La Cour a établi que cette obligation “fait maintenant partie du corps de règles du droit international de l'environnement” (*Licéité de la menace ou de l'emploi d'armes nucléaires*, avis consultatif, *C.I.J. Recueil 1996 [I]*, p. 242, par. 29) »⁴⁰.

Et si la Cour devait avoir précisé en 2015 que le principe valait « *de manière générale, pour toute activité projetée susceptible d'avoir un impact préjudiciable important dans un cadre transfrontière* »⁴¹, elle en réaffirmerait néanmoins la pleine application aux cours d'eau internationaux dans un arrêt de 2022 lorsqu'elle affirmait qu'en « *vertu du droit international coutumier, les Parties ont [...] l'obligation, lorsqu'elles utilisent ce cours d'eau international, de prendre toutes les mesures appropriées pour prévenir tout dommage important à l'autre Partie* »⁴².

Enseignements pour le droit nucléaire. Arrivé à ce stade, il est d'ores et déjà possible de tirer quelques enseignements du propos pour le droit nucléaire, ou plutôt un enseignement principal : celui de l'application de ce principe de prévention aux activités nucléaires se déroulant sur le territoire d'un État et susceptible de causer une pollution fluviale transfrontière. En raison de son caractère coutumier, ce principe devrait effectivement trouver application, et ce quand bien même les États concernés ne seraient parties à aucun des instruments conventionnels évoqués, ou autres instruments conventionnels à un cours d'eau particulier. Or, si cette affirmation peut paraître inutile — tant elle relève de l'évidence — il faut néanmoins se défier des apparences. En effet, il ne faut pas oublier que si le droit nucléaire apparaît comme un droit dont l'autonomie est souvent revendiquée, il connaît également son propre système de responsabilité. Aux termes des conventions internationales sur la responsabilité civile nucléaire, la réparation des dommages nucléaire pèse effectivement sur l'exploitant. Ce dernier peut ainsi voir sa responsabilité engagée *même sans faute* à l'exclusion de la responsabilité de toute autre personne⁴³. Or la responsabilité de

⁴⁰ CIJ, *Usines de pâtes à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)*, op. cit., pp. 55-56, § 101.

⁴¹ CIJ, *Certaines activités menées par le Nicaragua dans la région frontalière (Costa Rica c. Nicaragua)*, op. cit., p. 796, § 104.

⁴² CIJ, *Différend concernant le statut et l'utilisation des eaux du Silala (Chili c. Bolivie)*, op. cit., p. 648, § 97.

⁴³ Voy. *Convention sur la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire, signée à Paris, le 29 juillet 1960, amendée, avant son entrée en vigueur, par le Protocole additionnel à ladite Convention le 28 janvier 1964, entrée en vigueur le 1 avril 1968, RTNU*, vol. 956, p. 251 telle que modifiée par *Protocole portant modification de la convention du 29 juillet 1960 sur la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire, amendée par le protocole additionnel du 28 janvier 1964 et par le protocole du 16 novembre 1982, signée à Paris le 12 février 2004, entrée en vigueur le 1er janvier 2022, publiée au JO (CE), L97, 1er avril 2004, p. 55 (ci-après *Convention de Paris*)*, art. 3 et 6 et *Convention de Vienne relative à la responsabilité civile en matière de dommages nucléaires, signée à Vienne le 21 mai 1963, entrée en*

l'exploitant, ainsi dite « canalisée », s'étend désormais aux dommages environnementaux ou, plus exactement, « *aux mesures de restauration d'un environnement dégradé, sauf si la dégradation est insignifiante* »⁴⁴. Dans ce contexte, on pourrait donc véritablement douter de l'intérêt de la mobilisation du droit international fluvial.

Pour autant, alors que l'exclusivité de la responsabilité de l'exploitant nucléaire est aujourd'hui remise en cause⁴⁵ et que le droit international n'a jamais réussi à convoquer une responsabilité étatique fondée sur le risque⁴⁶, elle demeure primordiale par la redistribution du risque qu'elle permet. Parce que les Conventions sur la responsabilité nucléaire n'ont jamais entendu affecter les droits et les obligations des États en vertu des règles du droit international public général, la convocation de cette obligation poursuivrait cet objectif d'attribuer à chacun le rôle qui lui revient dans la gestion du risque nucléaire et les impacts qu'il peut avoir sur l'environnement⁴⁷. L'État, s'il n'est pas nécessairement le créateur du risque nucléaire, n'en reste pas moins le contrôleur⁴⁸. Dans ce cadre, l'apport principal du droit de la pollution fluviale transfrontière sur le droit nucléaire tient donc dans l'influence qu'il peut exercer sur ce droit, au regard des obligations susceptibles d'incomber aux États hôtes d'installations nucléaires alors tenus de réparer les dommages — même purement environnementaux⁴⁹ — en résultant. Elle traduit cette idée qu'en dépit de son autonomie revendiquée, le droit nucléaire n'en reste pas moins soumis, et au droit international, et au

vigueur le 12 novembre 1977, RTNU, vol. 1063, p. 265 (ci-après *Convention de Vienne de 1963*) modifiée par *Protocole d'amendement de la Convention de Vienne relative à la responsabilité civile en matière de dommages nucléaires*, signée à Vienne, le 12 septembre 1997, entrée en vigueur le 4 octobre 2003, RTNU, vol. 2241, p. 302, art. II et IV (ci-après *Convention de Vienne de 1997*). Sur ce régime, voy. notre thèse C. PORTIER, *Le droit de la responsabilité à l'épreuve des activités de fusion nucléaire*, thèse, Aix-Marseille Université, 2022, 950 p.

⁴⁴ *Convention de Paris*, 1.a.vii.4), *Convention de Vienne* (1997), art. I.1.k.iv). Seuls les États qui sont restés parties à la Convention de Vienne de 1963 sans adhérer à la Convention de 1997 ne sont pas tenus de prévoir la réparation de ces dommages. Il s'agit cependant d'une réparation circonscrite des dommages environnementaux limitée aux conséquences monétaires : voy. C. PORTIER, *Le droit de la responsabilité [...]*, op. cit., pp. 294-296.

⁴⁵ Sur cette question voy. H. KOLEHMAINEN, "The modernization of the international nuclear third party liability regime – Does exclusive liability still make sense?" in AEN/OCDE, *Réforme de la responsabilité civile nucléaire – Symposium de Budapest 1999*, Paris, Ed. OCDE, 2000, pp. 453-462.; E. AMEYE, "Channelling of nuclear Third Party Liability towards the Operator: Is it sustainable in a Developing Nuclear World or is there a Need for Liability of Nuclear Architects and Engineers?", *European Energy and Environmental Law Review*, 2010, pp. 33-58 ; T. VANDENBORRE, « Transplantatie van "kanalisatie van aansprakelijkheid" van het kernenergierecht naar het milieu (aansprakelijkheids-) recht : een goede of een gebrekkige zaak? » in M. FAURE, K. DEKETEKAERE (dir.), *Ius Commune en Milieurecht, Actualia Milieurecht in België en Nederland*, 1997, pp. 319-382, ou plus généralement C. PORTIER, *Le droit de la responsabilité à l'épreuve des activités de fusion nucléaire*, op. cit., pp. 236-240.

⁴⁶ La Commission du droit international a travaillé pendant plusieurs années à la codification d'une responsabilité internationale fondée sur le risque inspirée des mécanismes de responsabilité sans faute des droits internes. Une telle responsabilité n'a cependant jamais vu le jour et il lui a été préféré le développement d'obligations destinées à prévenir les dommages transfrontières et le développement de règles de responsabilité en droit interne. Voy. M. FRAPPIER, « Le fait générateur de la responsabilité : le risque comme alternative à l'illicite ? » in L'illicite, Paris, Pedone, 2021, pp. 115-164 ; C. PORTIER, *Le droit de la responsabilité [...]*, op. cit., pp. 495 et ss, pp. 524 et ss.

⁴⁷ *Convention de Paris*, art. 16 bis ; *Convention de Vienne* (1963, 1997), art. XVIII.

⁴⁸ Aux prémices de l'utilisation de l'énergie nucléaire, l'État apparaissait d'ailleurs comme un responsable potentiel : voy. L. SEGUR, « Responsabilité et utilisation de l'énergie nucléaire », *Revue juridique et économique du Sud-Ouest*, n° 1-2, 1960, sp. p.8. Cette idée a été ravivée après l'accident de Tchernobyl. L'hypothèse d'une Convention internationale sur ce point a même été envisagée, mais fut abandonnée en raison des travaux conduits par la Commission du droit international sur ce sujet. Notons, cependant, que dans le cadre de l'accident de Fukushima, les tribunaux japonais ont pour la première fois reconnu, sur le fondement du *State Redress Act*, et en dépit du principe de canalisation, la responsabilité du gouvernement pour l'accident de Fukushima en raison de son inaction à obliger TEPCO à prendre les mesures de prévention requises. La décision des juges marquait ainsi un tournant en matière de responsabilité pour dommages nucléaires démontrant une remise en cause du principe de responsabilité exclusive applicable aux exploitants. L'hypothèse avait d'ailleurs été discutée en doctrine avant le jugement : J. RHEUBEN, "Government Liability for regulatory Failure in the the Fukushima Disaster : A Common law comparaison", *Pacific Rim Law & Policy Journal*, vol. 23, 2014, pp. 113-149 ; E. OSAKA, "Corporate Liability, Government Liability, and the Fukushima Disaster", *Pacific Rim Law & Policy Journal*, vol. 21, 2011, pp. 432-459 ; T. AWAJI, « L'accident nucléaire de Fukushima et la responsabilité de l'État et de l'exploitant » in M. HAUTEREAU-BOUTONNET (dir.), *Après Fukushima, regards juridiques franco-japonais*, Aix-en-Provence, PUAM, 2014, p. 30.

⁴⁹ La Cour internationale de justice admet désormais la réparation du préjudice écologique en droit international : voy. CIJ, *Certaines activités menées par le Nicaragua dans la région frontalière (Costa Rica c. Nicaragua)*, arrêt sur l'indemnisation du 2 février 2018, *Rec. 2018*, pp. 15 et ss ; S. MALJEAN-DUBOIS, Y. KERBRAT, « La réparation du préjudice écologique par la Cour internationale de Justice », *Droit de l'environnement*, 2018, n° 265, pp. 90-91.

droit de l'environnement avec lequel il entretient une « symbiose croissante »⁵⁰. Si le droit international de l'environnement s'applique effectivement aux activités nucléaires, force est également d'admettre que le droit nucléaire peut également permettre de l'enrichir. Il conviendra d'ailleurs d'en convenir à l'aune de l'appréciation qui peut être faite.

II) L'appréhension de l'obligation de prévenir la pollution fluviale transfrontière

S'il ressort du droit international général que l'État doit prévenir les dommages de pollutions significatifs, et donc qu'il est tenu de mettre en œuvre tous les moyens à disposition pour éviter qu'un dommage transfrontière se produise — et qu'un dommage se produit effectivement — *comment apprécier le fait qu'il a pris toutes les mesures nécessaires* ? Là réside toute la difficulté de la question. Conformément au *dictum* de la Cour internationale de Justice en l'affaire *Usines de Pâte à papier*, cette obligation, derechef tirée du principe d'utilisation non dommageable, est une obligation de *due diligence* : « le principe de prévention, en tant que règle coutumière, trouve son origine dans la diligence requise ("*due diligence*") de l'État sur son territoire ». Cela signifie que son respect s'apprécie au regard du standard de *due diligence* (*diligence requise*) dont l'appréhension traditionnelle, si elle lui confère un contenu quelque peu indéterminé (A), s'est néanmoins vue enrichie par la prolifération de normes techniques et procédurales (B).

A) L'interdétermination traditionnelle du standard de *due diligence*

Si l'avènement de la diligence due comme approche de protection des cours d'eau devait signer le passage de la logique de l'interdiction pure et simple de la pollution à celle de la prévention du dommage, elle n'en rend pas moins délicate l'appréhension du respect de l'obligation. En droit international, la *due diligence* caractérise un certain nombre d'obligations de prévention⁵¹. Toutefois, elle interroge souvent quant à son contenu, ses modalités, la portée exacte de la prestation attendue, autrement dit les facteurs et les critères qu'elle appelle à prendre en considération⁵². Or, c'est là *in fine* tout l'intérêt, mais également toute la difficulté de ce « standard »⁵³ dont l'appréciation intervient *ex post* à la survenance d'un dommage et commande une appréciation *in concreto et a posteriori* du comportement de l'État.

⁵⁰ S. EMMERCHTS, « Droit de l'environnement et droit nucléaire : une symbiose croissante », *BDN*, vol. 82, 2008/2, pp. 95-115. Sur les relations entre le droit nucléaire et le droit de l'environnement voy. également du même auteur « La protection de l'environnement par le droit nucléaire : un long chemin reste à parcourir » (2010), OCDE/AEN, Le droit nucléaire international : Histoire, évolution et perspectives, 10e anniversaire de l'École internationale de droit nucléaire, OCDE/AEN, Paris, pp. 137-177 et P. REYNERS, « Le droit nucléaire confronté au droit de l'environnement : autonomie ou complémentarité ? », *RQDI*, 2007, pp. 149-186 et C. RAETZKE, « Le droit nucléaire et le droit de l'environnement dans les procédures d'autorisation des installations nucléaires », *BDN*, 2013/2, vol. 92, pp. 65-103.

⁵¹ Voy. sur le lien entre la *due diligence* et les obligations de prévention T. DEMARIA, « Réflexions sur les obligations de prévention et de diligence requise en droit de la responsabilité internationale », *AFDI*, 2019, vol. 65, pp. 51-68.

⁵² La *due diligence* a fait l'objet d'une littérature abondante : voy. not. S. CASSELLA (dir.), *Le standard de due diligence et la responsabilité internationale*, Paris, Pedone, 2018, 340 p. ; S. BESSON, « La due diligence en droit international », *RCADI*, vol. 409, 2021, pp. 153-398.

⁵³ Voy. Harvard Law School, *American Journal of International Law* 1929, p. 187 : "*due diligence is a standard not a definition*". Voy. P.-M. DUPUY, « La diligence due dans le droit international de la responsabilité » in OCDE, *Aspects juridiques de la pollution transfrontière*, Paris, 1977, p. 396 notant la fonction de la due diligence « *de mesurer l'écart établi entre le comportement passif ou insuffisamment actif d'un État dans une circonstance donnée, et l'obligation de faire qui lui est prescrit par les règles du droit international dans les mêmes circonstances* ». Dans le même sens S. BESSON, « La due diligence en droit international », *op. cit.*, sp. p. 171 ; R. PISILLO-MAZZESCHI, « The Due Diligence Rule and The Nature of the International Responsibility of States », *German Yearbook of International Law*, vol. 35, 1992, p. 45 évoquant le standard du « *bonus pater familias* ». Traditionnellement, la *due diligence* permet ainsi d'apprécier le comportement d'un État selon des circonstances données en la comparant à l'attitude d'un « bon gouvernement ». En 1887, le Secrétaire d'État américain Bayard avait ainsi déclaré que la « *due diligence is the diligence good governments are accustomed to exercise under the circumstances* » : J. B. MOORE, *History and Digest of International Law*, Washington, 1906, p. 962.

En effet, si l'on considère traditionnellement que la *due diligence* s'exprime sous deux aspects — « l'un étant la possession par l'État d'un appareil juridique et matériel minimum ; l'autre étant la mise en œuvre de cet appareil de manière adaptée aux circonstances »⁵⁴ — cette dernière est néanmoins susceptible de varier compte tenu d'une série de facteurs⁵⁵. Il en va ainsi du risque présenté par l'activité en cause⁵⁶, l'importance de l'intérêt protégé (par exemple, l'intérêt écologique)⁵⁷ ou encore des moyens dont dispose l'État, qu'il soit, par exemple, un État industrialisé ou un État en voie de développement⁵⁸. Il en résulte que l'obligation revêt traditionnellement un contenu indéterminé, lequel peut se justifier par le but qu'elle poursuit initialement : celui d'appréhender les activités des opérateurs privés à travers l'écran étatique, en rendant l'État responsable des dommages déjà survenus et causés par sa carence à prendre les mesures préventives auxquelles — d'après les circonstances — il convenait de recourir⁵⁹.

Cependant, en laissant à l'État la latitude dans le choix des mesures à mettre en œuvre, le standard de *due diligence* peut conduire à une prévention minimale et, partant, insuffisante lorsqu'est en cause un risque de pollution majeur. Appliqué au cas d'une pollution occasionnée par un accident nucléaire, on imagine la difficulté à apprécier *ex post* la mesure dans laquelle un État aurait pris, compte tenu des circonstances, les mesures appropriées pour en prévenir la survenance. *In fine*, il revient à l'État d'apprécier ce qu'il considère comme les mesures appropriées pour prévenir un risque pourtant susceptible d'affecter des tiers et à

⁵⁴ T. OLIVEIRA, *op. cit.*, p. 218. Voy. en ce sens CIJ, *Usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)*, *op. cit.*, pp. 79-80, § 197 : la due diligence « implique la nécessité non seulement d'adopter les normes et mesures appropriées, mais encore d'exercer un certain degré de vigilance dans leur mise en œuvre ainsi que dans le contrôle administratif des opérateurs publics et privés » ; P-M. DUPUY, « La diligence due dans le droit international de la responsabilité », *op. cit.*, pp. 369-370.

⁵⁵ Voy. S. BESSON, *op. cit.*, pp. 269 et ss, §§ 247 et ss ; P. D'ARGENT, A. DE VAUCLEROY, « Le contenu de l'omission illicite : la non-utilisation de moyens raisonnables » in *Le standard de due diligence et la responsabilité internationale*, *op. cit.*, pp. 255-279 ou encore TIDM, *Responsabilités et obligations des États qui patronnent des personnes et entités dans le cadre d'activités menées dans la Zone*, *op. cit.*, p. 40, § 117 ; TIDM, *Demande d'avis consultatif soumise par la Commission des petits États insulaires sur le changement climatique et le droit international*, avis consultatif, 24 mai 2024, p. 93, § 239 : « Il est difficile de décrire la diligence requise en termes généraux, étant donné que le niveau de diligence requise varie en fonction des circonstances particulières à laquelle une obligation de diligence requise s'applique. Plusieurs facteurs sont à prendre en considération à cet égard. Ils incluent les informations scientifiques et technologiques, les règles et normes internationales pertinentes, le risque de dommage et l'urgence de la situation. Le niveau de diligence requise peut changer au fil du temps, étant donné que ces facteurs évoluent constamment ».

⁵⁶ Voy. S. C. MCCAFFREY, « Quatrième rapport sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation », *ACDI*, vol. II(1), 1988, p. 241, § 9 faisant référence à P-M. DUPUY, « La diligence due dans le droit international de la responsabilité », *op. cit.*, p. 404 et J. G. LAMMERS, *Pollution of International Watercourses*, La Haye, Martinus Nijhoff, 1984, p. 349 : « les États ont reconnu que, pour exercer toute la diligence due dans la lutte contre une pollution transfrontière inadmissible des eaux par des polluants [toxiques], il faut faire preuve de plus de vigilance, de précautions et d'efforts que s'il s'agit d'autres polluants moins nocifs ». Voy. également S. BESSON, *op. cit.*, § 275 ; R. PISILLO-MAZZESCHI, *op. cit.*, p. 45 et appuyant l'idée d'une diligence rigoureuse pour une activité risquée TIDM, *Responsabilités et obligations des États qui patronnent des personnes et entités dans le cadre d'activités menées dans la Zone*, *op. cit.*, p. 40, § 117 : « "[l]e niveau de diligence requise doit être plus rigoureux pour les activités les plus risquées". Voy. également TIDM, *Demande d'avis consultatif soumise par la commission des petits États insulaires sur le changement climatique et le droit international*, avis consultatif, 24 mai 2024, p. 95, § 243 : "Le niveau de diligence requise prévu à l'article 194, paragraphe 1, de la Convention est élevé, compte tenu des risques aigus de préjudice grave et irréversible au milieu marin que font peser les émissions anthropiques de GES".

⁵⁷ Voy. R. PISILLO-MAZZESCHI, « The Due Diligence Rule and The Nature of the International Responsibility of States », *op. cit.*, p. 44. C'est ainsi que dans l'affaire *Usines de pâte à papier*, la Cour internationale de Justice avait ainsi considéré l'importance de cette « due diligence » lorsqu'il s'agit de préserver l'équilibre écologique du cours d'eau (§ 188). Voy. également TIDM, *Demande d'avis consultatif soumise par la Commission des petits États insulaires sur le changement climatique et le droit international*, *op. cit.*, p. 95, § 243 : « Le niveau de diligence requise prévu à l'article 194, paragraphe 1, de la Convention est élevé, compte tenu des risques aigus de préjudice grave et irréversible au milieu marin que font peser les émissions anthropiques de GES ».

⁵⁸ Voy. P-M. DUPUY, « La diligence due dans le droit international de la responsabilité », *op. cit.*, p. 402 soulignant néanmoins (p. 404) que le simple emploi de techniques dangereuses ou la simple présence d'industries dangereuses « impose aux États des devoirs nouveaux de vigilance, quel que soit, par ailleurs, le degré de leur développement général » ou TIDM, *Demande d'avis consultatif soumise par la Commission des petits États insulaires sur le changement climatique et le droit international*, *op. cit.*, p. 94, § 241 : « Néanmoins, mettre en œuvre l'obligation de diligence requise impose même à ce dernier de faire tout son possible, selon ses capacités et ses ressources ». Sur cette flexibilité liée notamment au contrôle que l'État peut avoir sur son territoire : voy. R. PISILLO-MAZZESCHI, "The Due Diligence Rule and The Nature of the International Responsibility of States", *German Yearbook of International Law*, vol. 35, 1992, p. 44 ; S. BESSON, *op. cit.*, p. 258, 278 et ss ou encore P. D'ARGENT, A. DE VAUCLEROY, *op. cit.* et pour un exemple éclairant dans un autre domaine CIJ, *Affaire relative à l'application de la Convention pour la prévention et la répression du crime de génocide*, *op. cit.*, p. 221, § 430.

⁵⁹ Voy. C. CHAUMONT, « Cours général de droit international public », *RCADI*, vol. 129, 1970, p. 494.

l'égard d'un domaine où il n'existe pas formellement d'interdiction. Dans ce cas, « l'éventualité que l'État limite sa capacité d'action à une moindre mesure pour protéger ses intérêts économiques demeure crédible »⁶⁰.

L'accident survenu sur l'Usine de Sandoz en 1986 — également connu sous le nom de « Tchernobâle » — et qui a conduit à une forte pollution du Rhin peut d'ailleurs en témoigner⁶¹. Si la responsabilité internationale de la Suisse n'a pas été formellement engagée, l'inadaptation des mesures de mise en dépôt des substances chimiques aurait pu traduire une violation du standard de diligence requis par la *Convention relative à la protection du Rhin contre la pollution chimique* de 1976⁶². En l'occurrence, le principal problème était venu de l'absence de bassin suffisant pour retenir les eaux d'écoulement, qui n'avait donc pu empêcher que les 15 000 m³ d'eau utilisés par les pompiers pour éteindre l'incendie survenu sur le site de l'Usine et contenant près de 30 tonnes de produits chimiques ne se déversent dans le Rhin. Mais la disposition conventionnelle de référence, formulée en des termes vagues, exemplifiait le caractère *a priori* indéterminé des mesures constitutives de la diligence due⁶³. Or, s'il est intéressant de souligner que par suite de cet événement, la Suisse a renforcé son cadre législatif et réglementaire⁶⁴, c'est que cette compréhension traditionnelle de la *due diligence* ne rend plus compte de son appréhension contemporaine.

B) Le renforcement contemporain du standard de *due diligence*

Au fil du temps, la multiplication des utilisations des ressources en eau et le progrès technologique ont confronté les États aux risques de dommages de pollution potentiellement irréversibles. Partant, le droit international de l'eau s'est développé autour de normes spécifiques de prévention, mais aussi de précaution, qui ont participé à densifier et surtout à préciser le contenu de l'obligation de *due diligence*. Désormais, leur respect devait contribuer au respect de l'obligation de « veiller » avec la diligence requise à ce qu'une pollution dommageable ne survienne pas. À la suffisance des mesures adoptées par l'État au vu de la prévention des dommages transfrontières se sont donc substituées des « mesures appropriées » définies par des instruments conventionnels spécifiques ou des directives et/ou recommandations d'institutions indépendantes. Il en a résulté une technicisation, mais aussi une procéduralisation, de la *due diligence*.

La technicisation de la due diligence. Ainsi, ce sont, d'une part, des normes techniques qui ont participé à préciser le contenu de l'obligation de prévention ; normes dont l'importance est mise en exergue autant dans la Convention de New York⁶⁵ que dans la Convention d'Helsinki,

⁶⁰ K. SANGBANA, *op. cit.*, p. 65.

⁶¹ Voy. A. KISS, « "Tchernobâle" ou la pollution accidentelle du Rhin par des produits chimiques », *AFDI*, 1987, vol. 33, pp. 719-727 ; J.-P. BEURRIER, *op. cit.*, pp. 276 et ss. L'eau du Rhin avait ainsi été fortement contaminée, si bien que la pêche y est interdite pendant six mois et la population des anguilles d'Europe est en partie décimée.

⁶² *Convention relative à la protection du Rhin contre la pollution chimique*, signée à Bonn le 3 décembre 1976, entrée en vigueur le 1^{er} février 1979, *RTNU*, vol. 1124, p. 275. Cette Convention n'est plus en vigueur. Elle a été abrogée par la *Convention pour la protection du Rhin*, signée à Berne le 12 avril 1999, entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2003, *RTNU*, vol. 3419, p. 17.

⁶³ *Convention relative à la protection du Rhin contre la pollution chimique*, art. 7 § 1 : « Les Parties contractantes prennent toutes les mesures législatives et réglementaires garantissant que la mise en dépôt des substances relevant des annexes I et II soit effectuée de telle manière qu'il n'y ait pas de menace de pollution pour les eaux du Rhin ».

⁶⁴ C'est dans ce contexte — fait relativement surprenant — que les États du bassin réussirent à convaincre la Suisse — seul État non-membre de la Communauté économique européenne — de se doter d'une législation calquée sur les directives européennes dites « Seveso » concernant les risques majeurs : voy. Office fédéral de l'environnement, « Genèse de l'ordonnance sur les accidents majeurs », 2016, disponible sur <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/accidents-majeurs/dossiers/accident-chimique-schweizerhalle/genese-ordonnance-accidents-majeurs.html>.

⁶⁵ *Convention de New York*, art. 21 § 3

qui prévoit même des lignes directrices visant leur établissement⁶⁶. Celles-ci peuvent être relativement variées. On pourra ainsi penser à la règle des meilleures techniques disponibles, à laquelle certains textes conventionnels, à l'instar de la Convention d'Helsinki, font référence⁶⁷, mais qui semble également avoir, depuis l'affaire *Usine de Pâte à papier*, intégré le concept de *diligence due* en se basant sur le développement de la science comme moyen d'anticiper les risques de dommages. En l'espèce, la Cour avait effectivement considéré que « l'exercice de la diligence requise [...] entraîne la nécessité d'examiner avec soin la technologie à laquelle l'installation industrielle a recours » sans se fonder sur un texte conventionnel spécifique⁶⁸. On pourra également penser à l'ensemble des normes techniques imposant des objectifs de qualités ou des valeurs limites d'émission de polluants dans les eaux, ou encore limitant ou interdisant l'introduction de certaines substances dangereuses⁶⁹. De telles normes existent en droit de l'Union européenne⁷⁰. Mais ces normes peuvent également être fixées par les États riverains d'un même cours d'eau, invités à les élaborer ensemble, par le biais de conventions ou d'institution, comme les institutions de bassin, ainsi qu'invitent à le faire la *Convention de New York*⁷¹ et la *Convention d'Helsinki*⁷². Or fonction faite de la force contraignante de l'instrument qui les incorpore, ces normes environnementales rapprochent l'obligation de « s'efforcer » que traduit initialement la *due diligence* d'une véritable obligation de « réussir ». Dit autrement, elles conduisent à introduire des obligations de résultat dans l'appréciation de la diligence requise. À plusieurs reprises, la Cour de Justice de l'Union européenne a ainsi pu considérer que les valeurs limites fixées par les textes européens en matière environnementale devaient être considérées comme des obligations de résultat⁷³. En cela, ces normes pourraient permettre d'identifier plus aisément le manquement à l'obligation générale de prévenir toute pollution dommageable, car la « mesure appropriée » pour prévenir la survenance du dommage se trouve définie par la limite maximale de déversement d'une certaine substance polluante⁷⁴. Dans l'affaire *Usines de Pâtes à papier*, la Cour internationale de Justice avait ainsi suggéré qu'il y aurait violation de l'obligation de *due diligence* si le niveau de pollution du fleuve Uruguay était supérieur à celui fixé par les mesures réglementaires établies dans le cadre institutionnel de coopération (la CARU⁷⁵)⁷⁶, lequel devait « refléter la volonté des Parties et leur interprétation des dispositions du Statut [du fleuve Uruguay] de 1975 »⁷⁷.

⁶⁶ *Convention d'Helsinki*, art. 3, annexe III.

⁶⁷ *Ibid*, art. 3 § 2. Sur la pratique conventionnelle, voy. K. SANGBANA, *op. cit.*, p. 92.

⁶⁸ CIJ, *Usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)*, *op. cit.*, pp. 88-89, § 223. Pourtant, la Cour avait écarté l'argument de l'Argentine selon lequel cette exigence résultait de l'article 5 (d) de la Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (2001), incorporé dans le Statut du fleuve Uruguay par l'effet d'une « clause de renvoi » (§ 63). Dans le même sens : TIDM, *Responsabilités et obligations des États qui patronnent des personnes et entités dans le cadre d'activités menées dans la Zone*, *op. cit.*, § 136.

⁶⁹ Sur ces différentes normes en droit international de l'environnement, voy. J.-P. BEURRIER, *op. cit.*, pp. 183 et ss, et en droit des cours d'eau K. SANGBANA, *op. cit.*, pp. 77 et ss.

⁷⁰ Voy. notamment *Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau*, JOUE L 327, 22 décembre 2000, p. 1, sp. art. 16 (version consolidée 2014) ou encore *Directive 2008/105/CE du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du Conseil 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE*, JOUE L 348, 24 décembre 2008, p. 84

⁷¹ *Convention de New York*, art. 21 § 3.

⁷² *Convention d'Helsinki*, art. 9. Sur ce point la *Convention relative à la protection du Rhin contre la pollution chimique* était un exemple idoine.

⁷³ Voy. relativement aux eaux douces nationales CJCE, *Commission des Communautés européennes c. République française*, 8 mars 2001, aff. C C-266/99, §§ 26, 46 référencée par K. SANGBANA, *op. cit.*, pp. 87-88. Voy. également dans le cadre de la pollution de l'air CJUE, *ClientEarth c. Secretary of State for the Environment, Food and Rural Affairs*, 19 novembre 2014, aff. C-404/13, § 30.

⁷⁴ Voy. en ce sens T. OLIVEIRA, *op. cit.*, p. 221.

⁷⁵ La Commission administrative du fleuve Uruguay (CARU) est un organe établi en vertu du statut aux fins de surveiller les eaux du fleuve, et notamment d'évaluer l'impact des projets proposés

⁷⁶ CIJ, *Usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)*, *op. cit.*, p. 93, § 239.

⁷⁷ *Ibid.*, p. 80, § 199.

Sans remettre en cause l'apport de ces normes pour la lutte contre la pollution, le doute subsiste néanmoins quant au fait de savoir si l'on se situe encore, dans l'examen de ces obligations, dans le champ de la *due diligence* dès lors que leur respect ne repose pas nécessairement sur la mécanique « circonscrite » de la diligence requise⁷⁸. Pour ce qui concerne, par exemple, le recours aux meilleures techniques disponibles, la question pourrait se poser de savoir, dans quelle mesure, le niveau de développement d'un État pourrait déterminer l'inadéquation des pratiques utilisées, fonction faite de leur capacité technique⁷⁹. De même, le respect des autres normes techniques ne s'apprécierait pas nécessairement sous forme de diligence requise, si le dépassement d'une valeur limite devait, par exemple, suffire à considérer la violation de la norme et, par derrière elle, du principe de prévention. Elle pourrait simplement en conserver l'esprit selon, d'une part, la nature de l'instrument qui les incorpore, et, d'autre part, la latitude laissée à l'État dans la détermination des mesures qui les véhiculent⁸⁰. Et cette question s'avère d'autant plus prégnante à l'endroit des obligations dites « procédurales ».

La procéduralisation de la due diligence. En sus des normes techniques, ce sont des obligations dites procédurales qui se sont développées et qui ont contribué à préciser le comportement attendu de l'État vis-à-vis des activités polluantes exercées sous sa juridiction. Afin de compléter l'obligation de fond de ne pas causer ou laisser causer des dommages transfrontières, il serait ainsi devenu opportun de se référer à des obligations procédurales spécifiques, dont la particularité est qu'elles n'ont pas nécessairement trait à l'effort fourni par l'État dans son ordre interne, mais qu'elles visent davantage son comportement dans ses relations avec les autres États signant « *une due diligence de coopération* »⁸¹.

Naturellement, le droit des cours d'eau internationaux ne s'écarte pas de cette orientation. En effet, tant la *Convention de New York* que la *Convention d'Helsinki*, que les statuts conventionnels spécifiques, établissent un système relativement précis d'obligations procédurales. Certes, les deux conventions *princeps* n'envisagent pas le même cadre pour le déploiement de ces obligations, la Convention d'Helsinki favorisant, par exemple, cette coopération par le biais des organes communs dont elle commande l'institutionnalisation⁸². Par-delà cette différence, elles consacrent néanmoins toutes deux tant des obligations de portée relativement générale visant l'échange de données et d'informations ou relatives à la notification en cas de situations d'urgence, qu'un cadre réglementaire précis concernant la

⁷⁸ Voy. T. DEMARIA, « Réflexions sur les obligations de prévention et de diligence requise en droit de la responsabilité internationale », *op. cit.*, pp. 57-59.

⁷⁹ Voy. en ce sens T. OLIVEIRA, *op. cit.*, p. 224. En effet, si les instruments conventionnels laissent parfois aux États le soin d'adapter les meilleures pratiques à leurs circonstances particulières (voy. Convention d'Helsinki, annexe I et II, concernant les meilleures pratiques), il reste que, dans la pratique, le recours aux meilleures techniques disponibles reposent bien souvent sur des documents de références concernant un secteur déterminé. Dans l'affaire *Usines de pâte à papier*, la Cour s'était ainsi fondée sur un texte de référence de la Commission européenne : est-ce à dire que toute activité qui ne serait, par exemple, pas conduite conformément aux meilleures pratiques disponibles dans les États les plus avancés devrait traduire un défaut de diligence ?

⁸⁰ Voy. en ce sens T. OLIVEIRA, *op. cit.*, p. 221 relevant que « *la standardisation technique ne se confond pas avec la détermination des mesures qui la véhiculent. La discrétion de l'État dans le choix de celles-ci reste a priori limitée par les notions du "raisonnable" et du "approprié"* ». En ce sens, voy. CIJ, *Usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)*, *op. cit.*, p. 80, § 199 dont J. Sohnle dégage l'idée que « *l'a priori conceptuel de la Cour dans ce contexte est qu'il y a plusieurs strates normatives à appliquer : le Statut, la réglementation de la CARU et les dispositions réglementaires adoptées dans les systèmes juridiques nationaux des parties (195-202). Un partage des tâches s'en dégage : la CARU établit principalement les normes générales de qualité, le droit national s'occupe des effluents provenant des installations industrielles (199)* » : J. SOHNLE, « L'arrêt des usines de pâte à papier de la CIJ du 20 avril 2010 Un mode d'emploi pour violer des obligations procédurales sans peine », *RJE*, 2020, vol. 35(4), p. 616

⁸¹ T. OLIVEIRA, « La diligence due dans la prévention des dommages à l'environnement », *op. cit.*

⁸² voy. Commission économique des Nations unies pour l'Europe (A. TANZI (dir.)), *La Convention sur l'eau de la Commission économique pour l'Europe et la Convention sur les cours d'eau des Nations unies, Une analyse de leur contribution harmonisée au droit international de l'eau*, *op. cit.*, pp. 61 et ss.

notification des mesures projetées, et particulièrement celles étant susceptibles d'avoir un impact significatif. Là encore, la précision a son importance, car si l'obligation de notifier toute mesure projetée n'a pas acquis un caractère coutumier⁸³, il en va différemment lorsque celle-ci est susceptible d'entraîner un dommage transfrontière. Telle est du moins la position qui a été adoptée par la Cour internationale de Justice dans son arrêt de 2022 relatif au *Différend concernant le statut et l'utilisation des eaux du Silala*⁸⁴.

Dès l'affaire *Usine de Pâte à papier*, la Cour avait ainsi relevé l'importance de conduire une étude d'impact environnementale et l'avait alors présentée comme un élément au titre de la diligence due, si bien que l'absence d'évaluation de l'impact devrait entraîner automatiquement la violation de l'obligation interdisant le dommage transfrontière⁸⁵. Elle avait réitéré ce raisonnement quelques années plus tard dans l'affaire *Certaines activités menées par le Nicaragua dans la région frontalière* concernant le fleuve San Juan en considérant qu'en « conséquence » de l'obligation de *due diligence*, l'État était tenu de procéder à une étude d'impact. Si l'évaluation confirmait l'existence d'un risque de dommage transfrontière important, l'État était alors tenu « conformément à son obligation de diligence due » « **d'informer et de consulter de bonne foi l'État susceptible d'être affecté** »⁸⁶. Par une logique empruntée des « poupées russes »⁸⁷, elle dégageait ainsi du principe de *due diligence* toute une série d'obligations procédurales au gré d'un raisonnement néanmoins ambigu. En effet, si la distinction entre ces obligations procédurales et les obligations dites « substantielles » a pu être remise en cause⁸⁸, il en va de même du lien entretenu entre ces obligations et le principe de due diligence. Ces obligations apparaissent effectivement à la fois comme un déclencheur⁸⁹ et un mode d'appréciation du standard de *due diligence*⁹⁰, mais s'en détachent dans le même temps dès lors que le « *lien fonctionnel, relatif à la prévention, entre les deux catégories d'obligations [...] n'empêche pas que les États parties soient appelés à répondre séparément des unes et des autres, selon leur contenu propre, et à assumer, s'il y a lieu, la responsabilité qui découlerait, selon le cas, de leur violation* »⁹¹, c'est-à-dire même en

⁸³ Cette obligation de notification se retrouve ainsi aux articles 11 et 12 de la *Convention de New York*, qui précèdent l'établissement d'une procédure relativement détaillée par les articles 13 à 19 du même texte. Mais alors que l'article 11 vise la notification de toutes les mesures projetées, l'article 12 se concentre sur les mesures susceptibles d'avoir un impact significatif.

⁸⁴ CIJ, *Différend concernant le statut et l'utilisation des eaux du Silala (Chili c. Bolivie)*, *op. cit.*, § 117.

⁸⁵ CIJ, *Usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)*, *op. cit.*, p. 83, § 204 : « on peut désormais considérer qu'il existe, en droit international général, une obligation de procéder à une évaluation de l'impact sur l'environnement lorsque l'activité industrielle projetée risque d'avoir un impact préjudiciable important dans un cadre transfrontière, et en particulier sur une ressource partagée. De plus, on ne pourrait considérer qu'une partie s'est acquittée de son obligation de diligence, et du devoir de vigilance et de prévention que cette obligation implique, dès lors que, prévoyant de réaliser un ouvrage suffisamment important pour affecter le régime du fleuve ou la qualité de ses eaux, elle n'aurait pas procédé à une évaluation de l'impact sur l'environnement permettant d'apprécier les effets éventuels de son projet ». Voy. aussi § 78.

⁸⁶ CIJ, *Certaines activités menées par le Nicaragua dans la région frontalière (Costa Rica c. Nicaragua)* et *Construction d'une route au Costa Rica le long du fleuve San Juan (Nicaragua c. Costa Rica)*, *op. cit.*, pp. 706-707, § 104.

⁸⁷ S. MALJEAN-DUBOIS, Y. KERBRAT, « La contribution en demi-teinte de la CIJ au droit international de l'environnement dans les affaires Costa-Rica-Nicaragua », *op. cit.*, p. 1136.

⁸⁸ Voy. notamment J. SOHNLE, « L'arrêt des usines de pâte à papier de la CIJ du 20 avril 2010 : Un mode d'emploi pour violer des obligations procédurales sans peine », *op. cit.*, sp. pp. 619 et ss ; S. MALJEAN-DUBOIS, « Les obligations de diligence dans la pratique : la protection de l'environnement » in S. CASSELLA, SFDI, *Le standard de due diligence et la responsabilité internationale*, *op. cit.*, p. 145-162 ; S. MALJEAN-DUBOIS, Y. KERBRAT, « La contribution en demi-teinte de la CIJ au droit international de l'environnement dans les affaires Costa-Rica-Nicaragua », *op. cit.*, p. 1139 ; T. OLIVEIRA, *op. cit.*, pp. 231 et ss ou encore S. BESSON, *op. cit.*, p. 256, § 215 et p. 263, § 233

⁸⁹ Par exemple, la Cour internationale de Justice a pu considérer que l'étude d'impact constituait un seuil minimum au respect de la *diligence due*, parce que, il est vrai, l'incidence complète du concept au vu de la prévention est dépendante de l'existence d'un risque de dommage « significatif » : voy. T. OLIVEIRA, *op. cit.*, p. 223.

⁹⁰ De même, on peut admettre que ces obligations procédurales aient une dimension substantielle : « obligations procédurales et obligations de fond sont à la fois interdépendantes et inextricablement mêlées : faire diligence appelle le respect d'un certain nombre d'obligations procédurales » : S. MALJEAN-DUBOIS, Y. KERBRAT, « La contribution en demi-teinte de la CIJ au droit international de l'environnement dans les affaires Costa-Rica-Nicaragua », *op. cit.*, p. 1147.

⁹¹ CIJ, *Usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay (Argentine c. Uruguay)*, *op. cit.*, p. 49, § 79.

l'absence de dommage⁹². En outre, certaines de ces obligations peuvent d'office s'analyser comme des obligations de résultat⁹³, sauf encore à distinguer le résultat à atteindre et la manière d'atteindre ce résultat. Dans le cadre de l'obligation coutumière d'étude d'impact, si celle-ci est imposée dès lors qu'apparaît un risque transfrontière « important », une double marge de manœuvre est laissée aux États. D'une part, c'est à l'État et à lui seul qu'il appartient de décider de réaliser une étude d'impact, ce qui place l'obligation coutumière en retrait du droit conventionnel environnemental, en favorisant l'unilatéralisme, là où la coopération serait pourtant de mise⁹⁴. D'autre part, et surtout, « [c'] est à la lumière des circonstances propres à chaque cas que doit être déterminée la teneur de l'évaluation de l'impact sur l'environnement »⁹⁵. Mais quoiqu'il en soit, il reste ici la constitution d'un socle coutumier relativement solide dont les apports pour le droit nucléaire ne sont pas insignifiants.

Enseignements pour le droit nucléaire. Là encore, le lecteur averti pourrait douter de l'apport du droit des cours d'eau international au droit nucléaire. Certes, nous l'avons précédemment évoqué, l'environnement *per se* n'a pas toujours été une préoccupation majeure du droit nucléaire. Mais aujourd'hui, les *Principes fondamentaux de sûreté de l'Agence internationale de l'énergie atomique* (AIEA), qui constituent la clef de voûte des normes de sûreté de l'AIEA, instituent un « *objectif fondamental de sûreté* » qui est celui de « *protéger les personnes et l'environnement contre les effets nocifs des rayonnements ionisants* »⁹⁶. Ainsi, la *Convention sur la sûreté nucléaire* de 1994 énonce, à l'article 1, qu'un de ses objectifs est « [d']établir et maintenir, dans les installations nucléaires, des défenses efficaces contre les risques radiologiques potentiels afin de protéger les individus, la société et l'environnement contre les effets nocifs des rayonnements ionisants émis par ces installations »⁹⁷. En outre, et comme le souligne Christian RAETZKE, « *éviter tout dommage dû à l'exposition aux rayonnements ét[ant] donc, depuis l'origine, le principal objectif du droit applicable aux installations nucléaires* », on peut affirmer que, « *de ce point de vue, le droit nucléaire illustre à la perfection le principe de prévention* »⁹⁸. Aussi, bien que le droit régissant les installations nucléaires civiles se soit d'abord donné comme objectif de ne jamais porter atteinte en quoi que ce soit à la vie ou à la santé humaine, il tend à ne pas admettre que des installations appartenant à l'industrie nucléaire civile provoquent des dommages significatifs à l'environnement du fait de la radioactivité.

Bien évidemment, il ne saurait être question ici d'entrer dans le détail de ce régime. Il s'agit simplement de souligner qu'il existe un certain nombre de normes visant à encadrer les rejets

⁹² Cela est du moins ce qui ressort de l'arrêt *Usines de Pâte à papier* ou encore de l'arrêt rendu dans l'affaire opposant le Nicaragua au Costa Rica à propos de la construction d'une route à proximité le long du fleuve San Juan, où la responsabilité du Costa Rica avait été engagée sans qu'aucune mesure de réparation n'ait été envisagée en l'absence d'un préjudice important le long du Fleuve San Juan.

⁹³ Voy. S. BESSON, *op. cit.*, p. 256, § 215 et p. 263, § 233 ; S. FORLATI, « L'objet des différentes obligations primaires de diligence : prévention, cessation, répression ? » in S. CASSELLA, SFDI (dir.), *Le standard de due diligence et la responsabilité internationale*, *op. cit.*, p. 46.

⁹⁴ Sur cette place ambiguë laissée à la coopération dans l'appréciation de la due diligence, voy. sp. S. MALJEAN-DUBOIS, Y. KERBRAT, « La contribution en demi-teinte de la CIJ au droit international de l'environnement dans les affaires Costa-Rica-Nicaragua », *op. cit.*, p. 1138.

⁹⁵ CIJ, *Certaines activités menées par le Nicaragua dans la région frontalière (Costa Rica c. Nicaragua)* et *Construction d'une route au Costa Rica le long du fleuve San Juan (Nicaragua c. Costa Rica)*, *op. cit.*, p. 707, § 104. Comparez avec la formule moins rigoureuse retenue dans l'arrêt *Usines de pâte à papier* (§ 205). Voy. ainsi Voy. T. DEMARIA, « Réflexions sur les obligations de prévention et de diligence requise en droit de la responsabilité internationale », *op. cit.*, p. 59 : « *Malgré toutes les précautions prises en sens contraire, elle [l'obligation de procéder à une étude d'impact] ressemble plus à une obligation conditionnelle ordinaire. Existe-t-il un risque de dommage transfrontière important ? Si oui, l'EIE doit être réalisée. Sinon, non. À la limite, il n'est pas exclu de voir dans celle-ci une obligation complexe en deux branches : d'une part, une obligation de « comportement déterminé » (que l'on peut interpréter comme étant finalement une obligation de résultat d'effectuer une EIE), d'autre part, une obligation d'effectuer une EIE conforme au droit international. À la rigueur, un certain degré d'indétermination (et donc de due diligence) pourra être aperçu si l'on examine le contenu d'une EIE effectuée, donc pour la seconde branche uniquement* ».

⁹⁶ AIEA, *Principes fondamentaux de sûreté nucléaire, Fondements de sûreté*, n°SF-1, AIEA, 2007, p. 5.

⁹⁷ *Convention sur la sûreté nucléaire*, signée à Vienne 20 septembre 1994, entrée en vigueur le 24 octobre 1996, RTNU, vol. 1963, p. 293.

⁹⁸ C. RAETZKE, *op. cit.*, p. 69.

d'effluents radioactifs de façon à protéger les intérêts des États tiers. Ainsi, si la *Convention sur la sûreté nucléaire* de 1996 contient une disposition visant les rejets contrôlés d'effluents des centrales nucléaires⁹⁹, la *Convention commune* de 1997 est davantage explicite¹⁰⁰. D'une part, elle impose à toutes les parties contractantes de prendre les mesures appropriées pour que les rejets d'effluents soient limités afin de maintenir l'exposition aux rayonnements ionisants au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux, et de façon qu'aucun individu ne soit exposé, dans des situations normales, à des doses de rayonnement dépassant les limites de dose prescrites au niveau national, qui tiennent dûment compte des normes internationales approuvées en matière de radioprotection. D'autre part, aux termes des articles 6 et 13, chaque État Partie est tenu de :

« consulter les Parties contractantes voisines d'une telle installation, dans la mesure où celle-ci est susceptible d'avoir des conséquences pour elles, et de leur communiquer, à leur demande, des données générales concernant l'installation afin de leur permettre d'évaluer l'impact probable de celle-ci en matière de sûreté sur leur territoire » et de prendre « les mesures appropriées pour que de telles installations n'aient pas d'effets inacceptables sur d'autres Parties contractantes ».

C'est ainsi qu'en 2023 et 2024, l'AIEA a adopté deux nouveaux guides de sûreté, l'un relatif au contrôle réglementaire des rejets radioactifs dans l'environnement¹⁰¹ et l'autre relatif à l'évaluation prospective de l'impact radiologique sur l'environnement pour les installations et les activités¹⁰². Or les recommandations posées par ces instruments reprennent, pour partie, des éléments désormais intégrés au standard coutumier de *due diligence*. Il est ainsi fait référence aux études d'impact, aux doses limites acceptables, aux mécanismes d'autorisation préalable par l'autorité réglementaire compétente, aux meilleures techniques disponibles, ou encore au principe ALARA (« *As Low As Reasonably Achievable* ») qui correspond à la définition du principe d'optimisation de la radioprotection et qui impose que les expositions doivent être maintenues aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux¹⁰³.

Certes, on pourra alors nous opposer que ces recommandations ne visent pas nécessairement l'environnement *per se* et qu'elles n'ont qu'une valeur de *soft law*, quand parallèlement, d'aucuns ont pu douter que les conventions internationales suscitées puissent fonder une responsabilité étatique¹⁰⁴.

⁹⁹ Convention sur la sûreté nucléaire, *op. cit.*, art. 15 : « Chaque Partie contractante prend les mesures appropriées pour que, dans toutes les conditions normales de fonctionnement, l'exposition aux rayonnements ionisants des travailleurs et du public due à une installation nucléaire soit maintenue au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre et qu'aucun individu ne soit exposé à des doses de rayonnement qui dépassent les limites de dose prescrites au niveau national ».

¹⁰⁰ *Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets*, signée à Vienne le 5 septembre 1997, entrée en vigueur le 18 juin 2001, RTNU, vol. 2153, p. 378. On pourrait également évoquer, au titre des obligations incombant aux États et dont on retrouve la substance dans le droit conventionnel fluvial la *Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique*, 26 septembre 1986, RTNU, vol. 1457, p. 167 et la *Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire*, 26 septembre 1986, RTNU, vol. 1439, p. 275.

¹⁰¹ AIEA, *Contrôle réglementaire des rejets radioactifs dans l'environnement, Guide général de sûreté, N° GSG-9*, Vienne, Ed. AIEA, 2023.

¹⁰² AIEA, *Évaluation prospective de l'impact radiologique sur l'environnement pour les installations et les activités, Guide général de sûreté, N° GSG-10*, Vienne, Ed. AIEA, 2024.

¹⁰³ Sur ce point, voy. également OCDE/AEN, *Options de rejets des effluents des installations nucléaires – Contexte technique et réglementaire*, Paris, Ed. OCDE, 2003, sp. pp. 17 et ss ; 57 et ss ; C. STOIBER et autres., *Manuel de droit nucléaire*, AIEA, Vienne, 2006, 191 p.

¹⁰⁴ Voy. P. STROHL, La Convention de l'AIEA sur la sûreté nucléaire, AFDI, 1994, vol. 40, pp. 820-821 ou encore, à propos des conventions assistances et notification, M. POLITI, « The Impact of the Chernobyl Accident on the States' Perception of International Responsibility for Nuclear Damage » in F. FRANCONI, T. SCOVAZZI (eds.), *International responsibility for the environmental harm*, Graham & Trotman, Londres,

Mais, *premièrement*, s'il est vrai que la radioprotection a toujours été marquée par une logique anthropomorphique visant à soutenir que les effets préjudiciables à l'homme sont représentatifs des effets nocifs des rayonnements sur l'environnement et que protéger la population tout en appliquant le principe d'optimisation suffit à garantir la protection de l'environnement dans son ensemble¹⁰⁵, force est toutefois de constater une certaine évolution en ce domaine¹⁰⁶.

Deuxièmement, certaines de ces prescriptions se retrouvent au sein d'autres instruments internationaux de droit nucléaire ou intéressant les activités nucléaires. Il en va ainsi de la *Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est* (Convention OSPAR), qui, bien que destinée à protéger les espaces maritimes, n'en demeure pas moins indirectement applicable à la pollution fluviale¹⁰⁷. Or il existe, dans le cadre de cette Convention, reposant par ailleurs sur le principe des meilleures techniques disponibles, un « Comité substances radioactives » chargé d'établir et de faire appliquer des critères de qualité fixés afin de protéger le milieu marin contre les effets préjudiciables des substances radioactives¹⁰⁸. Il en va également ainsi de la célèbre *Convention d'Espoo sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière* de 1991¹⁰⁹ qui instaure un mécanisme précis d'évaluation d'impact sur l'environnement, et dont l'application aux installations nucléaires (et à la prolongation de leur autorisation¹¹⁰) ne fait aucun doute puisqu'elles sont visées par l'Appendice I établissant la liste des activités concernées. L'étude d'impact d'une installation nucléaire doit ainsi décrire l'impact radiologique dans les conditions normales d'exploitation, qui détermine dans une large mesure l'impact général sur l'environnement. Enfin, il en va ainsi du droit de l'Union européenne. D'une part, le droit de l'Union européenne, par le biais d'Euratom, dispose d'un cadre juridique spécifique applicable aux activités nucléaires, dont certaines peuvent directement ou indirectement viser à limiter les effets préjudiciables transfrontières des rejets radioactifs. Tel est précisément l'objet de l'article 37 du *Traité Euratom* qui dispose que chaque État membre est tenu de communiquer à la Commission européenne les données générales de tout projet de rejet d'effluents radioactifs sous n'importe quelle forme permettant de déterminer si la mise en œuvre de ce projet est susceptible d'entraîner une contamination radioactive des eaux, du sol ou de l'espace aérien d'un autre État membre¹¹¹. Tel est également l'objet de certains instruments

1991, p. 479 ou encore S. CARROL, « Transboundary Impacts of Nuclear Accidents : Are the interests of Non-nuclear State Adequately Adressed by Nuclear Safety Instruments ? », *Review of European Community and International Environmental Law*, 1996, vol. 5, pp. 205-210.

¹⁰⁵ Voy. C. RAETZKE, *op. cit.*, p. 75 ; AIEA, *Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté*, n° GSR Partie 3, AIEA, Vienne, 2016, p. 14, § 1.33 et 1.34 ; *Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique*, publication CIPR 103, p. 27.

¹⁰⁶ C. CLEMENT et autres, « Maintenir les recommandations de la CIPR adaptées aux besoins », *Radioprotection*, 2022, vol. 57, pp. 93-106.

¹⁰⁷ *Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est*, signée à Paris le 22 septembre 1992, entrée en vigueur le 25 mars 1998, RTNU, vol. 2354, p. 67. Bien qu'applicable au milieu marin, cette Convention prend également en compte la pollution provenant de sources tellurique (art. 3), ce qui peut conduire à l'application de mesure de prévention aux cours d'eau internationaux.

¹⁰⁸ Sur la réglementation de la Convention OSPAR relative aux substances radioactives : voy. <https://www.ospar.org/work-areas/rsc>

¹⁰⁹ Voy. *Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière*, signée à Espoo le 25 février 1991, entrée en vigueur 10 septembre 1997, RTNU, vol. 1989, p. 309.

¹¹⁰ L'un des sujets qui prêtaient à controverse est le fait de savoir si la prolongation de la durée de vie d'une centrale nucléaire nécessite une EIE. Voir Comité d'application de la Convention d'Espoo (2013), Rapport du Comité d'application sur sa vingt-septième session, ECE/MP.EIA/IC/2013/2, 12-14 mars. En juillet 2019, la Cour de justice de l'Union européenne a toutefois estimé, dans le cadre d'une décision préjudicielle, que la prolongation de l'exploitation des réacteurs belges de Doel devait être précédée d'une évaluation environnementale : CJUE, *Inter-Environnement Wallonie ASBL, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen ASBL c. Conseil des ministres*, 29 juillet 2019, C-411/17. D'ailleurs, la France fait actuellement l'objet d'une procédure devant le Comité des Nations Unies chargées de l'application de la Convention pour ne pas avoir procédé à des études d'impacts préalables à la prolongation de nos centrales nucléaires, notamment la centrale du Tricastin qui, située à proximité de l'Italie, avait d'ailleurs suscité une demande de consultation de la part de cette dernière.

¹¹¹ *Traité instituant la Communauté européenne de l'énergie atomique (Version consolidée)*, JOUE, C 327, 26 octobre 2012, art. 37. Voy. également *Recommandation de la Commission du 11 octobre 2010 sur l'application de l'article 37 du traité Euratom* (2010/635/Euratom),

de droit dérivé, à l'instar de la *Directive 2013/51/Euratom*, qui établit des normes de qualité environnementale pour les eaux de surface destinées à la consommation humaine¹¹², de la *Directive 2013/59/Euratom* fixant les normes de base relatives à la protection contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants, qui vise toutes les situations de risques en cas d'exposition à des rayonnements ionisants, qu'elles soient planifiées, existantes ou d'urgence¹¹³ ou encore de la *Recommandation 2004/2/Euratom* de la Commission européenne visant à normaliser l'évaluation quantitative des rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux¹¹⁴. D'autre part, d'autres instruments européens sont applicables aux activités nucléaires sans les concerner directement, permettant ainsi d'inclure dans la prévention, les effets des activités nucléaires qui ne sont pas liés à la radioactivité. À ces effets non liés à la radioactivité, et qui sont comparables à ceux d'autres installations industrielles, s'appliquent les exigences contenues dans la législation environnementale, à l'instar des directives *Seveso* et surtout la *Directive IED* qui constitue le principal instrument de l'Union européenne pour prévenir et réduire les émissions de polluants des activités industrielles, et cela notamment via la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles¹¹⁵. Cette dernière aurait ainsi un intérêt non négligeable à l'endroit du réchauffement des cours d'eau causés par les prélèvements d'eau de refroidissement des centrales nucléaires.

Troisièmement, et surtout, à l'argument selon lequel ces normes techniques peuvent n'avoir qu'une valeur de *soft law*, quand parallèlement, d'aucuns pourraient douter que les conventions internationales suscitées puissent fonder une responsabilité étatique ou qu'elles s'appliquent à tous les États nucléarisés, on pourra arguer de ce qui a été l'objet de la présente contribution : celui de montrer que la prévention des pollutions fluviales transfrontières a acquis le caractère d'une obligation coutumière dont le respect s'apprécie à travers un standard de diligence requise. Or l'ensemble des normes sus-évoquées, si elles ne peuvent pas toutes, en elles-mêmes, fonder une responsabilité étatique, pourraient, sans aucun doute, en intégrer le contenu et/ou fonder une coopération entre États riverains¹¹⁶. Comme le souligne Günther HANDL, par-delà les paramètres de la *due diligence*, « *it is the conventional nuclear regime itself that can provide a clearer picture as to the degree of due diligence a nuclear State may have to adopt in any given situation order to comply with its customary*

JOUÉ L 279, 23 octobre 2010, p. 36. Pour exemple, voy. *Avis de la Commission du 14 novembre 2024 relative au projet de rejet d'effluents radioactifs résultant du déclassement et du démantèlement de la centrale nucléaire de Fessenheim dans le département du Haut-Rhin, en France* (C/2024/6853), JOUE, 15 novembre 2024, Série C. Voy. aussi l'article 35 du Traité Euratom qui prévoit des visites de vérification de la Commission européenne portant sur les installations, présentes sur le territoire des États membres, nécessaires pour effectuer le contrôle permanent du taux de la radioactivité de l'atmosphère, des eaux et du sol, ainsi que le contrôle du respect des normes de base.

¹¹² *Directive 2013/51/Euratom du Conseil du 22 octobre 2013 fixant des exigences pour la protection de la santé de la population en ce qui concerne les substances radioactives dans les eaux destinées à la consommation humaine*, JOUE L 296, 7 novembre 2013, p. 12.

¹¹³ *Directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom*, JOUE L 13, 17 janvier 2014, p. 1. Voy. notamment le considérant 27 insistant sur la prise en compte de la protection de l'environnement.

¹¹⁴ *Recommandation de la Commission du 18 décembre 2003 sur des informations normalisées sur les rejets radioactifs gazeux et liquides dans l'environnement à partir des réacteurs nucléaires de puissance et des usines de retraitement en fonctionnement normal*, JOUE n° L 2, 06 janvier 2004, p. 36

¹¹⁵ *Directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution) (refonte) (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)*, JOUE L 334, 17 décembre 2010, p. 17 ; *Directive (UE) 2024/1785 du Parlement européen et du Conseil du 24 avril 2024 modifiant la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution) et la directive 1999/31/CE du Conseil concernant la mise en décharge des déchets (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)* PE/87/2023/REV/1, JOUE L 2024/1785, 15 juillet 2024.

¹¹⁶ Voy. *Décret no 98-1004 du 30 octobre 1998 portant publication de l'accord entre le Gouvernement de la République française et le Gouvernement du Royaume de Belgique sur la centrale électronucléaire de Chooz et les échanges d'informations en cas d'incident ou d'accident (ensemble un échange de lettres), signé à Bruxelles le 8 septembre 1998* (1), JORF n° 259, 7 novembre 1998.

international legal obligation regarding the prevention of transboundary nuclear pollution »¹¹⁷.

Loin d'être autonome, le droit nucléaire s'inscrit donc dans un cadre juridique plus vaste, où le principe de prévention des pollutions transfrontalières joue un rôle structurant. À travers un droit international coutumier susceptible de se nourrir de réglementations plus spécifiques au contenu normatif variable se dessine la possibilité d'une régulation symbiotique et d'une approche intégrée qui tend à équilibrer les exigences de développement énergétique et la préservation des écosystèmes. Assurément, au-delà des cadres normatifs existants, l'enjeu reste tant celui de la mise en œuvre effective de cette obligation de prévention que des conséquences à tirer de sa violation du point de vue de la réparation¹¹⁸. Mais dans un contexte de changement climatique et de pression accrue sur les ressources en eau, il apparaît crucial de renforcer la coopération internationale, de standardiser davantage les pratiques et d'anticiper les impacts environnementaux des activités nucléaires. Ainsi, le droit nucléaire peut non seulement s'aligner sur les exigences environnementales globales, mais il doit aussi contribuer activement à leur enrichissement.

¹¹⁷ G. HANDLE, « Preventing transboundary nuclear pollution: a post-Fukushima legal perspective » in S. JAYAKUMAR et autres, *Transboundary Pollution*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2015, p. 198.

¹¹⁸ Sur les problèmes de causalité que soulèvent ces obligations de prévention, voy. sp. T. DEMARIA, « Réflexions sur les obligations de prévention et de diligence requise en droit de la responsabilité internationale », *op. cit.*, pp. 64 et ss.

PARTIE II : *VARIA*

La nécessaire reconnaissance d'un risque autorisé en matière non intentionnelle

Une théorie helvète comme source d'inspiration pour le droit pénal français

Silvain VERNAZ,

Maître de conférences en droit privé et sciences criminelles,
Université de Haute-Alsace

Membre du Centre européen de recherche sur le risque, le droit des accidents collectifs et des catastrophes (CERDACC), membre associé du Centre de droit privé fondamental (CDPF)

Résumé : Notre société cherche souvent à trouver un coupable à chaque accident mais certains dommages relèvent du risque inhérent à la vie. En matière non intentionnelle, la répression doit trouver un équilibre entre sanctionner l'indifférence blâmable et préserver la liberté d'agir, essentielle à la vie en société et au progrès scientifique. Le droit français a cherché à atteindre cet équilibre par trois réformes qui n'ont malheureusement pas abouti à un résultat satisfaisant. Au contraire, le droit suisse fait preuve d'une grande stabilité en utilisant la théorie du risque autorisé : compte tenu du risque associé à l'exercice de certaines activités utiles, une part de risque doit être acceptée en droit pénal. Cette approche s'avère nécessaire car toute décision contraire entraînerait inéluctablement un trouble plus important pour la société que le risque en question. Partant, un regard nouveau sur la non-intention devient envisageable en sciences criminelles.

Mots-clés : imprudence ; négligence ; risque autorisé ; article 121-3 du Code pénal ; loi Fauchon ; accident ; devoir de diligence ; droit pénal suisse ; droit comparé ; nécessité du droit pénal ; seuil de la répression.

Abstract: *Our society tends to assign blame for every accident, but damage is an inherent risk of life. In non-intentional cases, the law must strike a balance between punishing blameworthy indifference and preserving the freedom to act that is essential to life in society and to scientific progress. French law has made several attempts to achieve this balance, but they have not been entirely successful. By contrast, Swiss law offers a more stable approach by using the theory of authorised risk: given the risk associated with carrying out certain useful activities, a certain amount of risk must be accepted in criminal law. This approach is necessary because any decision to the contrary would inevitably result in greater societal disturbance than the risk in question. As a result, a new approach to non-intention can be envisaged in the criminal sciences¹.*

Keywords: *recklessness; neglect; authorized risk; article 121-3 of the Penal Code; Fauchon law; accident; duty of care; Swiss criminal law; comparative law; necessity of criminal law; threshold of repression.*

1. Risque et opinion publique. Dans nos sociétés contemporaines, il existe une aspiration grandissante à vivre une vie exempte de dangers, où toute référence à l'aléa ou à la fatalité serait bannie². L'opinion refuse que certains accidents soient simplement expliqués en termes « *d'imprévisibilité ou de risques inhérents à l'activité humaine* »³ : il faut qu'un responsable soit puni.

¹ An English version of this article has also been published: *The Necessary Recognition of an Authorised Risk in Non-Intentional Criminal Matters: A Franco-Swiss Analysis*, published in the *Revue internationale de droit comparé*, No. 3, 2024.

² J. Graven, « Les délits de négligence en droit pénal suisse », XII^e congrès de l'association internationale de droit pénal, *Les infractions commises par imprudence : prévention et traitement des délinquants*, *Revue internationale de droit pénal*, vol. 50, 1979, p. 345.

³ P. Fauchon, rapport n° 177, sur la proposition de loi tendant à préciser la définition des délits non intentionnels, fait au nom de la commission des lois, Sénat, déposé le 20 janvier 2000.

Ce phénomène s'explique par la place grandissante du ressenti et de l'émotion dans la société – certains parlent d'« émocratie ». Or, la survenue d'un accident suscite nécessairement l'émotion en raison des blessés et des morts qui peuvent en découler. Par conséquent, le grand public est beaucoup plus sensible à l'ampleur du résultat dommageable, qui peut être spectaculaire, qu'à la réalité du comportement qui en est à l'origine⁴. Pourtant, l'être humain ne peut être au contrôle de toute chose.

La question se pose alors de savoir ce que le droit pénal doit sanctionner au titre de l'imprudence. Comme souvent, il se situe sur une ligne de crête. D'une part, il ne doit pas laisser impunies de véritables défaillances blâmables⁵, c'est-à-dire les relâchements de l'attention lorsque le devoir imposait à une personne de rester sur ses gardes et de veiller au respect d'un certain nombre de règles élémentaires⁶. Cette indiscipline témoigne d'une indifférence blâmable à la vie et à l'intégrité d'autrui qui doit être sanctionnée⁷ afin de prévenir les atteintes à l'intégrité physique. D'autre part, il est nécessaire que la contrainte sanctionnatrice ne soit pas trop pesante, au risque de réduire comme peau de chagrin la liberté d'entreprendre nécessaire à toute activité⁸ et d'étouffer l'esprit d'initiative. Une pénalisation excessive fait courir le risque de fragiliser la défense des valeurs sociales que le droit pénal entend protéger (par exemple, la protection de la vie par le chirurgien). Le droit français a essayé de parvenir à ce juste équilibre au fil d'une longue évolution. Cependant le résultat demeure insatisfaisant.

2. La répression de la non-intention dans le droit intermédiaire. Les auteurs du XVIII^e siècle, tels que Jousse⁹ ou Muyart de Vouglans¹⁰, opposaient expressément *l'homicide casuel*, purement accidentel, et *l'homicide par imprudence*, qui aurait pu être évité avec davantage de prudence et de prévoyance, seul le second étant source de responsabilité pénale.

Cette distinction, bien qu'antérieure à la Révolution française, a constitué une base pour le législateur révolutionnaire, qui la maintient dans le Code de 1791¹¹. Dans la deuxième partie du Code, l'art. 1 du titre 2 dispose qu' « *en cas d'homicide commis involontairement, s'il est prouvé que c'est par un accident qui ne soit l'effet d'aucune sorte de négligence ni d'imprudence de la part de celui qui l'a commis, il n'existe point de crime, et il n'y a lieu à prononcer aucune peine* ». À l'inverse, selon l'article 2, « *en cas d'homicide commis involontairement, mais par l'effet de l'imprudence ou de la négligence de celui qui l'a commis, (...) il sera statué par les juges sur les dommages et intérêts, et même sur les peines correctionnelles, suivant les circonstances* ». En revanche, ce Code instaure de manière étonnante une indexation du *quantum* de la peine sur la gravité du résultat dommageable. Ce choix s'explique par le fait que les révolutionnaires voulaient absolument supprimer l'arbitraire du juge, lequel avait donné lieu à tant d'abus¹². Le résultat dommageable constitue

⁴ C. Rokofyllos, *Le concept de lésion et la répression de la délinquance par imprudence, essai de critique*, Librairie générale de droit et de jurisprudence, 1967, p. 26, n° 27.

⁵ Y. Mayaud, « Retour sur la culpabilité non intentionnelle en droit pénal », *Recueil Dalloz*, 2000, p. 603 et s.

⁶ E. Dreyer, *Droit pénal général*, LexisNexis, 6^{ème} édition, 2021, p. 727.

⁷ A. Varinard, « Le déplacement des critères de la faute », *Dix ans après la réforme de 1994. Quels repères dans le Code pénal*, dir. M. Danti-Juan, Cujas, 2005, p. 66.

⁸ P. Mistretta, « La responsabilité pénale médicale à l'aune de la loi du 10 juillet 2000 - Évolution ou révolution ? », *La Semaine Juridique Edition Générale*, n° 28, 2002, p. 149, n° 3.

⁹ D. Jousse, *Traité de la justice criminelle de la France*, tome 3, 1771, p. 519, n° 91 et s.

¹⁰ P.-F. Muyart de Vouglans, *Les lois criminelles de France dans leur ordre naturel*, 1780, livre III, titre 3, IV, p. 168.

¹¹ Loi. Code Pénal. Donné à Paris le 6 octobre 1791, imp. de Prault, Paris, 1790, p. 20. Disponible en ligne : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6532512s/f24.item.textelimage>

¹² H. Brunhes, *L'imprudence devant la loi pénale*, Dijon, thèse, 1932, p. 28.

un critère objectif permettant de rationaliser le système¹³ afin qu'une peine de référence fixe soit appliquée à tous les coupables. En outre, ce critère présente l'avantage de satisfaire l'opinion publique, qui a le plus souvent tendance à réagir en fonction de l'intensité du résultat. Il pose néanmoins le problème de subordonner la rigueur de la répression à des éléments aussi aléatoires que la réalisation ou non du résultat, sans tenir compte de la gravité du comportement qui l'a causé. Une grande partie de la doctrine a alors déploré que le hasard soit érigé « *en arbitre suprême* »¹⁴ de l'intensité de la répression. Ce système imprègne encore aujourd'hui le droit pénal français.

3. Prémices des difficultés en droit français : le Code pénal de 1810. Les rédacteurs du Code pénal de 1810 ne manifestent pas un grand intérêt pour l'étude de la non-intention. Les incriminations sont rédigées en des termes très larges avec l'idée que les distinctions anciennes continueraient de s'appliquer, bien qu'aucune mention explicite ne soit faite de la distinction avec l'homicide casuel. Cette intuition s'est confirmée entre le XIX^e siècle et le début du XX^e siècle, période durant laquelle les auteurs et la jurisprudence ont maintenu cette ligne.

Cependant, cette distinction n'a pas prospéré dans la jurisprudence du début du XX^e siècle. Dans un arrêt du 18 décembre 1912¹⁵, la Cour de cassation a curieusement assimilé la faute pénale d'imprudence à la faute civile de l'article 1382 (actuel article 1240) du Code civil, alors même que la faute civile était alors marquée par un mouvement d'objectivisation, fondé sur l'idée de risque¹⁶, visant à faciliter l'indemnisation des victimes. Cet arrêt a emporté des conséquences désastreuses. Les juges pénaux ont été obligés d'étendre la notion de faute pénale car, s'ils ne retenaient pas de faute pénale d'imprudence, le principe d'unité des fautes, cumulé à celui de l'autorité du droit pénal sur le droit civil, empêchait le juge civil de prononcer la nécessaire indemnisation des victimes. Dès lors, les juges répressifs, par anticipation des décisions civiles, ont commencé à entrer en voie de condamnation pour des « *poussières de fautes* »¹⁷, afin que la victime obtienne ensuite la réparation intégrale de son préjudice.

Cette assimilation a engendré de nombreuses difficultés, tout particulièrement dans le contexte du développement industriel. L'arrivée du machinisme a eu pour effet de découpler les forces de l'être humain, emportant une augmentation de la gravité des risques de dommage. Grâce à la machine, une personne peut plus facilement, à la moindre inattention, causer un accident aux conséquences particulièrement graves¹⁸. Pour pouvoir indemniser, les juges répressifs se sont mis à entrer en voie de condamnation de manière systématique, ce qui a entraîné une dénaturation de la responsabilité pénale en matière non intentionnelle¹⁹.

4. Persistance des difficultés en droit français : le temps des réformes pour circonscrire le champ de la répression. Le Code pénal français de 1994 crée pour la première fois, à l'article 121-3, une disposition générale qui donne une définition commune de l'imprudence pour

¹³ J.-B. Herzog, « La répression des infractions involontaires », *Revue de droit pénal et de criminologie*, 1958-1959, p. 87.

¹⁴ C. Rokofyllos, *Le concept de lésion et la répression de la délinquance par imprudence, essai de critique, op. cit.*, p. 37, n° 38.

¹⁵ Cass. civ. 18 décembre 1912, S. 1914. 1. 249, note Morel, D. 1915. 1. 7.

¹⁶ Sur la théorie du risque en droit civil, qui va jusqu'à supprimer la condition de faute, voir R. Saleilles, *Les accidents du travail et la responsabilité civile, essai d'une théorie objective de la responsabilité délictuelle*, Arthur Rousseau éditeur, 1897.

¹⁷ H. Seillan, *Responsabilité pénale, dangers, accidents, maladies, catastrophes*, Préventique, 2^{ème} édition, 2004, p. 50.

¹⁸ H. Brunhes, *L'imprudence devant la loi pénale, op. cit.*, p. 9, 68 et 157 et H. Sauvard, *Le délit d'imprudence, essai de théorie pénale*, Arthur Rousseau éditeur, 1899, p. 94, p. 128 et s.

¹⁹ C. Rokofyllos, *Le concept de lésion et la répression de la délinquance par imprudence, essai de critique, op. cit.*, p. 54.

toutes les infractions non intentionnelles. Cependant, dans sa première mouture, cette définition reste très évasive.

Le législateur a alors cherché à modifier ce texte pour rompre avec le principe d'unité des fautes civiles et pénales. Il est d'abord intervenu avec la loi du 13 mai 1996, qui visait à préciser les critères d'appréciation des fautes pénales d'imprudences, en se fondant sur les « *diligences normales* » (art. 121-3 al. 3). Toutefois, cette réforme n'a pas réussi à infléchir la sévérité des magistrats ni à rétablir la distinction entre fautes civile et pénale.

C'est la raison pour laquelle le législateur est intervenu une seconde fois par la loi du 10 juillet 2000, appelée loi Fauchon. Cette loi, qui concerne uniquement les personnes physiques, a permis de mettre fin au principe d'unité des fautes civile et pénale, en distinguant les fautes pénales – qui peuvent être simples ou qualifiées – et en introduisant un régime distinct selon que la causalité est directe et indirecte.

Lorsque l'agent a directement commis le dommage, la faute la moins grave, à savoir la faute « simple » (inconsciente), suffit à engager sa responsabilité pénale. Le caractère étroit du lien de causalité justifie alors l'admission d'une faute d'imprudences ordinaire pour caractériser l'infraction. En revanche, lorsque l'agent a indirectement causé le dommage, il doit avoir commis une faute d'une gravité particulière, appelée faute « qualifiée » (consciente). Le caractère distendu de la causalité se trouve ainsi « *en quelque sorte compensé par la gravité particulière que doit revêtir la faute d'imprudences* »²⁰. La faute qualifiée peut être retenue soit en cas de faute « délibérée », lorsque l'agent « *viole de façon manifestement délibérée une obligation particulière de prudence ou de sécurité prévue par la loi ou le règlement* », soit en cas de faute « caractérisée », lorsqu'il expose « *autrui à un risque d'une particulière gravité qu'il ne pouvait ignorer* ». La conséquence de ce système est qu'il exclut de la répression les fautes simples d'imprudences commises par des personnes physiques lorsque la causalité avec le dommage est indirecte.

Ce faisant, le législateur allégeait principalement le risque de condamnation des décideurs publics, tels que les maires. En réalité, il ne réglait pas la plupart des cas problématiques. Pire, il a ainsi mis en place un système fondé sur une distinction absconse entre causalité directe et indirecte. Est auteur indirect la personne qui n'a « *pas causé directement le dommage, mais qui ont créé ou contribué à créer la situation qui a permis la réalisation du dommage ou qui n'ont pas pris les mesures permettant de l'éviter* ». L'auteur direct n'est, quant à lui, même pas défini par la loi et doit être compris par interprétation *a contrario*. Le Professeur Yves Mayaud est sans doute l'un des auteurs qui a le mieux su rendre compte de cette distinction. Selon lui, la causalité directe comprend « *tout ce qui participe d'un mouvement conducteur vers le dommage, pour en alimenter la force et le dynamisme propre* ». À l'inverse, la causalité indirecte n'intervient « *que comme une donnée préalable ou complémentaire, par laquelle le dommage est seulement favorisé ou facilité, mais sans aller jusqu'à en assurer, voir en garantir, la réalisation* ».

5. La critique du droit positif français. La doctrine a souligné la « *rare obscurité* »²¹ du système établi par la loi Fauchon. Le Professeur Michèle-Laure Rassat se montre d'ailleurs très sévère

²⁰ P. Conte, « Le lampiste et la mort », *Droit pénal*, N° 1, 2001, chron. 2, n° 3.

²¹ P. Conte, *Droit pénal spécial*, LexisNexis, 6^{ème} édition, 2019, p. 48.

à cet égard, lorsqu'elle affirme ne « [pas être éloignée] de penser que l'article 121-3 du Code pénal est le plus mauvais de tous ceux contenus dans ce Code », ajoutant vertement « qu'il [ressemble] à un bêtisier offert en contreexemple à des étudiants débutant le droit pénal »²². Le Professeur Philippe Conte estime que cette distinction ne constitue rien d'autre qu'« une plaisanterie à l'usage de glossateurs à l'imperturbable sérieux »²³. Il relève d'ailleurs qu'il suffit pour se rendre compte du caractère absurde et bancal de cette distinction « d'avoir une conversation avec des pénalistes étrangers auxquels on explique (avec beaucoup de peine et un peu de temps) le nouveau système mis en place le 10 juillet 2000 : leur hilarité, constate-t-il, est contagieuse d'aucuns, que la réputation de nos codes (les anciens) impressionne encore, nous font la politesse d'être incroyables »²⁴.

Il convient d'admettre que ces critiques sont fondées dans la mesure où la difficulté à distinguer la causalité directe de la causalité indirecte confère au juge un « pouvoir d'appréciation considérable »²⁵ dans la répression du fait non intentionnel. N'étant que très peu contraint dans son choix de qualification, il peut en effet décider, d'après son bon vouloir, que la causalité est directe ou indirecte selon qu'il souhaite « faire preuve de clémence ou de rigueur » dans le cas d'espèce²⁶. Il s'ensuit que les solutions jurisprudentielles ne sont toujours dictées par l'évidence et d'aucuns se sont même offusqués du fait que certaines décisions sont clairement « à la limite de la crédibilité »²⁷. En réalité, la dynamique va clairement dans le sens de la sévérité, à l'instar de la jurisprudence antérieure. Finalement, il semble que rien n'aura vraiment été réglé par la loi de 2000, dès lors que le juge pénal français peut toujours trouver un moyen de contourner la réforme pour maintenir la répression des faits non-intentionnels²⁸. Ainsi, lorsque la faute est à l'évidence simple, il peut établir l'existence d'une causalité directe en dépit de son caractère distendu et, à l'inverse, quand le lien causal s'avère à l'évidence indirect, il lui sera toujours loisible de retenir une faute qualifiée pour établir la responsabilité du prévenu. Le résultat final a alors de quoi laisser perplexe. Ce qui est certain, c'est que la technique législative qui consiste à envisager des distinctions périlleuses pour laisser ensuite au juge pénal la possibilité de s'en affranchir n'est pas la meilleure.

Le véritable problème réside dans le fait que, après avoir été paralysée pendant près d'un siècle par le principe d'unité des fautes civile et pénale, toute la réflexion sur l'imprudence en droit pénal français se cristallise désormais sur la distinction entre causalités directe et indirecte, alors même que l'étude de la jurisprudence a montré qu'il était bien difficile de tracer une frontière claire entre l'une et l'autre. Cette distinction monopolise les discussions doctrinales, si bien que de nombreux autres paramètres essentiels du fait non intentionnel sont souvent complètement écartés de l'analyse, comme l'autorisation de mener une activité dangereuse, la gestion du risque ou l'utilité de l'activité.

L'objectif n'est pas de proposer une énième réforme des textes incriminant l'imprudence. D'une part, le législateur ne sera probablement pas disposé à revenir sur la loi Fauchon et une nouvelle modification des textes risquerait d'aggraver leur lisibilité. D'autre part, le résultat

²² M.-L. Rassat, *Droit pénal général*, Ellipses, 4^{ème} édition, 2017, p. 339.

²³ P. Conte, « Appréciation du caractère direct ou indirect de la causalité en matière d'homicide par imprudence », *Recueil Dalloz*, 2004, p. 1336 et s.

²⁴ *Ibid.*

²⁵ J.-Y. Maréchal, « Art. 121-3, l'élément moral de l'infraction », *JurisClasseur Pénal code*, LexisNexis, 2019, n° 84.

²⁶ R. Bernardini et M. Dalloz, *Droit criminel, vol. 2 - L'infraction et la responsabilité*, Larcier, 4^{ème} édition, 2021, p. 222.

²⁷ F. Sobo, *L'article 121-3 du Code pénal*, thèse, Poitiers, 2006, p. 399.

²⁸ E. Lemoine, *La répression de l'indifférence sociale en droit pénal français*, L'Harmattan, 2002, p. 144.

d'une telle réforme de fond serait hautement incertain : au vu de l'expérience passée, comment savoir de quelle manière les juges répressifs accueilleraient les termes d'une nouvelle version de la loi et, surtout, comment s'assurer qu'elle ne conduise pas directement à un renforcement de la répression ? Si les textes d'incrimination ne doivent pas être modifiés, un nouveau regard peut toutefois être porté sur eux. Pour ce faire, il convient de prendre du recul sur le système français et d'essayer de déterminer les véritables fondements de la répression du fait non intentionnel. La loi Fauchon offre au juge une certaine marge d'appréciation, laquelle peut être exploitée pour rationaliser le système. Une réflexion doit donc être menée sur les limites de l'imprudence de manière à restituer à l'incrimination une portée juste et équilibrée. A cet égard, le droit comparé peut s'avérer particulièrement utile, notamment à l'aune du droit suisse.

6. L'intérêt du droit suisse en matière non intentionnelle. Le contenu des dispositions du Code pénal suisse relatives à la négligence en matière d'atteintes à la personne n'a pas évolué depuis 1937. Cette grande stabilité des incriminations de négligence impressionne le juriste français, qui n'a eu de cesse de voir les incriminations d'imprudence être modifiées. Cette stabilité s'explique sans doute par le fait que la négligence pénale est restée indépendante de la négligence civile en droit suisse. Ainsi, le droit pénal suisse de la négligence a été pensé, puis s'est développé, indépendamment du droit civil et de ses impératifs indemnitaires. Ce constat entraîne deux conséquences majeures.

Tout d'abord, contrairement à la responsabilité civile où l'indemnisation est fixée en fonction de la gravité du préjudice, le législateur suisse a pénalisé les infractions d'atteintes à la personne par négligence sans égard à l'ampleur du résultat dommageable. Ce choix s'est imposé comme une évidence chez les pénalistes suisses car choisir une sanction en fonction d'un dommage aléatoire, qui n'est ni voulu ni accepté, leur semble porter atteinte tant à l'équité qu'au principe d'attribution de la responsabilité en fonction de la faute commise²⁹.

Ensuite, cette autonomie de la négligence pénale par rapport à la responsabilité civile a conduit la jurisprudence et la doctrine à orienter principalement la réflexion sur le seuil de la répression vers le comportement de l'agent à l'origine du dommage. Une réflexion abondante a permis de voir émerger, dans la seconde moitié du XX^e siècle, une théorie doctrinale originale, appelée « risque autorisé » (*Rechtsfigur des erlaubten Risikos*).

Cette théorie part du principe que le risque est inhérent à la vie et que certains risques utiles à la société doivent être admis par le droit pénal. Imprégnée de la culture d'un pays montagnard qui sait vivre avec le risque, cette théorie vise à circonscrire les comportements à risque qui ne constituent pas une négligence pénale, même lorsqu'ils sont à l'origine d'un dommage. En prenant en compte l'existence d'un certain risque inhérent à la vie, elle a ainsi su poser des limites au champ de l'imprudence, là où les multiples réformes du droit français ont toutes échoué.

Cette théorie doctrinale a été développée essentiellement par les auteurs de Suisse alémaniques. Elle a ensuite été consacrée par le Tribunal Fédéral, qui s'y réfère régulièrement³⁰. Cependant, elle n'a jamais été formalisée, les auteurs helvètes ayant pour

²⁹ B. Corboz, « Les lésions corporelles par négligence (art. 125 CP) », *Les infractions en droit suisse*, Stämpfli, 3^{ème} édition, 2010, p. 148.

³⁰ Voir en particulier ATF 90 IV 8, ATF 116 IV 306, ATF 117 IV 58 ou encore ATF 134 IV 193.

habitude de l'invoquer sans la définir ou en en présentant seulement quelques aspects. Ainsi, toute tentative de présenter la théorie du risque autorisé revient déjà en réalité à faire œuvre créatrice. Au-delà de son intérêt intrinsèque, cette théorie très malléable présente l'avantage de pouvoir être facilement transposée dans les systèmes juridiques non germaniques, comme le droit français, étant donné que les textes sur l'imprudence sont généralement conçus de manière ouverte.

Bien que largement reconnue en Suisse, la notion de risque autorisé a été abondamment débattue par la doctrine. Elle doit être présentée telle qu'elle est appréhendée par les juristes helvètes, offrant ainsi un éclairage précieux pour le juriste français. Elle mettra en évidence la nécessité d'admettre, en France comme en Suisse, un certain risque en droit pénal **(I)**. Le régime élaboré par la doctrine suisse pour le risque autorisé est original. Il se présente comme une méthode destinée à aider le juge à apprécier la nécessité de réprimer un comportement non intentionnel. Certains aspects de cette méthode pourraient être repris par la doctrine et les juges français **(II)**.

I) La notion de risque autorisé

La notion de risque autorisé doit être définie **(A)** puis replacée au sein de la dogmatique pénale suisse **(B)**.

A) La définition du risque autorisé

7. Postulat du risque autorisé. La théorie du risque autorisé part du postulat que de nombreuses activités comportent un risque prévisible d'atteinte à autrui qui ne pourrait être exclu qu'en interdisant l'activité elle-même³¹. La liste de ces activités s'étend à l'infini : circulation routière, ferroviaire et aérienne, génie civil, production industrielle, transport de produits dangereux, production d'énergie, médecine, etc.

Lorsque le risque se réalise, la survenance d'un dommage pourrait tomber sous le coup d'une infraction d'imprudence, puisque « *si une personne peut prévoir que son action risque de porter atteinte à un bien juridique et qu'elle l'entreprend malgré tout, elle se conduit en principe de manière contraire à la prudence* »³² et adopte donc *a priori* une conduite illicite.

Toutefois, la théorie du risque autorisé énonce qu'il n'est pas souhaitable d'interdire toutes les activités à risque, car beaucoup de risques sont indispensables ou utiles à la vie en société. Une telle interdiction conduirait à une asphyxie économique et sociale et empêcherait tout progrès.

Cette théorie s'est particulièrement développée à l'occasion de la révolution industrielle. L'essor du machinisme et des nouvelles techniques a entraîné la survenance d'accidents parfois spectaculaires mais a également et surtout permis une diminution globale des risques d'atteintes à la vie ou à l'intégrité des personnes.

³¹ S. Maeder et M. A. Niggli, « Art. 12 », *Basler Kommentar, Strafrecht I*, dirigé par M. A. Niggli et H. Wiprächtiger, Helbing Lichtenhahn, 4^{ème} édition, 2019, p. 198. Dans cet article, l'ensemble des traductions a été effectué par nos soins.

³² N. Zurkinden, « Strafrecht und selbstfahrende Autos – ein Beitrag zum erlaubten Risiko », *Recht - Zeitschrift für juristische Weiterbildung und Praxis*, 2016, vol. 34-3, p. 151.

À ce titre, il apparaît que les risques inhérents au machinisme et aux techniques novatrices ne demeurent pas, mais que, une fois qu'ils ont été acceptés par la société, ils finissent par diminuer grâce au progrès de la technique et de la science.

C'est dans ce contexte qu'a été élaborée la théorie dite du « risque autorisé ». Son objectif est « *de veiller à ce que l'aspiration sécuritaire n'étouffe pas la reconnaissance du caractère légitime du risque, tant pour assurer la cohérence interne de l'ordre juridique que pour prévenir l'entropie de la société par le refus du risque lié à la recherche du progrès* »³³.

Le risque autorisé se présente donc comme un moyen de défense contre l'accusation de négligence, en encadrant la responsabilité de celui qui crée un risque au cours d'une activité présentant un intérêt pour la société.

8. Formulation du risque autorisé. L'idée d'un risque autorisé a d'abord été formulée en Allemagne (Von Bar, en 1871) et en Autriche, puis plus tard en Suisse. C'est cependant en Suisse alémanique qu'elle s'est le plus développée. En 1937, Schmid propose une définition du risque autorisé à la doctrine qui met l'accent sur l'intérêt prépondérant : « *L'État déclare autoriser, en raison de leur intérêt social, une multitude d'activités dangereuses qui peuvent très facilement causer une atteinte à un bien juridique. Tel est notamment le cas des moyens de transport, des opérations mécaniques, de l'utilisation des armes à feu, des opérations chirurgicales et du recours à l'anesthésie. La société a un beaucoup plus grand intérêt à ce que ces activités soient entreprises qu'à ce qu'elles ne le soient pas, même si elles comportent un certain risque. La raison d'une telle politique criminelle est donc le principe de l'intérêt prépondérant. La mise en œuvre normale de telles sources de danger s'avère donc licite dans la mesure où sont respectées les règles de prudence nécessaires à la préservation de toute atteinte au droit* »³⁴. En 1962, Rehberg consacre un travail majeur à la théorie du risque autorisé, ce qui lui donne un essor considérable dans toute la Suisse, mais également dans les pays germanophones³⁵. Il définit le risque autorisé par référence à la « *sphère d'activité* » (*Tätigkeitskomplex*). Selon lui, « *la théorie du risque autorisé signifie que l'auteur qui tue ou blesse un tiers à l'occasion d'une activité dangereuse dispose d'un motif spécial d'exclusion de la responsabilité pénale dès lors que l'acte en question appartient à une sphère d'activité autorisée par l'ordre juridique au regard de son utilité sociale d'après son objet, son but et ses moyens et que les mesures de prudence requises par le droit ont été appliquées lors de l'exécution de l'action* »³⁶.

Il ressort de la doctrine plusieurs éléments permettant d'établir un risque autorisé. Tout d'abord l'autorisation du risque ne peut avoir lieu que dans le cadre d'une activité qui présente un intérêt pour la société. Ensuite, le risque ne peut être autorisé que s'il a été diminué autant que cela est raisonnablement possible. Le risque doit ainsi avoir été ramené à sa part résiduelle (*Restrisiko*), c'est-à-dire à sa part statistiquement inévitable. Enfin, un risque autorisé ne peut être admis que si l'intérêt social de l'action l'emporte sur la nocivité potentielle. C'est une condition de proportionnalité.

³³ R. Roth, *Le droit pénal face au risque et à l'accident individuels*, Payot, 1987, p. 121.

³⁴ V. Schmid, *Das Delikt der Fahrlässigen Tötung, mit Berücksichtigung der Strassenverkehrunfälle*, thèse, Zurich, 1937, p. 10 et s.

³⁵ J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, thèse, Zürich, 1962, p. 18.

³⁶ *Ibid.*, p. 52.

9. Fondement du risque autorisé. Le risque autorisé se fonde sur deux principes qui sous-tendent la logique pénale en Suisse. D'un côté, il repose sur le principe d'adéquation sociale selon lequel la répression pénale doit être en adéquation avec le contexte social³⁷. Certains actes couramment admis par la société pourraient techniquement tomber sous le coup de la loi pénale mais doivent échapper à la répression en raison de l'absence ou de la faiblesse de leur gravité et de la tolérance dont ils bénéficient (cadeaux à l'instituteur qui ne sont pas de la corruption, bousculades dans une file d'attente de télésiège qui ne sont pas des voies de fait, propos diffamatoires dans le cercle familial restreint, etc.). Certains comportements à risque, comme l'exploitation d'une carrière, la pratique du sport, l'exercice de la médecine ou d'un sport, seraient en adéquation avec la société et doivent être garantis à ce titre.

De l'autre côté, il repose sur le principe d'*ultima ratio* d'après lequel le droit pénal ne doit intervenir qu'en dernier recours, lorsque toutes les autres branches du droit ne suffisent pas à appréhender et à sanctionner un comportement dommageable. Le droit pénal doit donc autolimiter son intervention. Ce principe s'explique par le fait que la sanction pénale « *ne fait pas cavalier seul dans l'ordre juridique* »³⁸. Elle constitue un élément d'une stratégie plus globale de l'ordre juridique qui vise à protéger les intérêts individuels et collectifs³⁹. Dans les domaines à risque, les lois pénales jouent un rôle auxiliaire de gendarme du droit, en ce qu'elles ne doivent intervenir que subsidiairement, c'est-à-dire lorsque la seule force du système régulateur de l'ordre juridique ne suffit plus à garantir la sécurité pour l'avenir.

En raison de ces deux principes, lorsque le risque est autorisé, le reproche de négligence disparaît. Toutefois, la place du risque autorisé au sein de la dogmatique pénale s'avère délicate à identifier.

B) La place du risque autorisé en droit pénal

10 – Risque autorisé et fait justificatif – Certains auteurs ont considéré le risque autorisé comme un nouveau fait justificatif. Cependant, cette hypothèse est contrariée par la comparaison entre le mécanisme du risque autorisé et les caractéristiques communes aux mécanismes des faits justificatifs.

En premier lieu, tout fait justificatif doit répondre à un principe de nécessité du moyen employé. Les dommages causés doivent constituer le moyen « *strictement nécessaire pour atteindre le but qui les justifie* »⁴⁰. L'agent doit avoir été dans l'impossibilité de remplir son devoir ou d'exercer son droit sans commettre l'infraction. En matière de légitime défense par exemple, celui qui est attaqué doit blesser son agresseur pour préserver sa propre intégrité. Une telle nécessité ne se retrouve pas dans le cadre du risque autorisé. Lorsque l'on gère une activité utile présentant un risque, l'obtention de l'objectif recherché ne nécessite pas la survenance du dommage. Au contraire – et bien heureusement –, la plupart du temps, l'objectif est atteint sans que le risque ne se réalise. Dans le cadre du risque autorisé, la nécessité s'entend uniquement de la nécessité d'admettre un résultat statistiquement inévitable et non de la nécessité du dommage comme moyen pour parvenir à l'objectif recherché.

³⁷ H. Welzel, « Studien zum System des Strafrechts », *Zeitschrift für die gesamte Strafrechtswissenschaft*, 1939, vol. 58.

³⁸ P. Graven, *L'infraction pénale punissable*, 2^{ème} édition mise à jour par B. Sträuli, Stämpfli, Précis de droit, Berne, 1995. p. 9.

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ P. Graven, *L'infraction pénale punissable*, *op. cit.*, p. 150.

En deuxième lieu, il existe dans tous les faits justificatifs un principe de proportionnalité qui requiert de mettre en balance le bien juridique atteint et le bien juridique protégé, de telle sorte que « *le bien juridique défendu doit en principe être au minimum de même valeur que celui atteint* »⁴¹. Dans le cadre de l'état de nécessité par exemple, il est admis de franchir un feu rouge si la vie du passager transporté est en danger et que celui-ci doit être amené à l'hôpital en urgence. Même si la définition du risque autorisé contient un élément de proportionnalité, elle ne contient pas de mise en balance comparable. Le risque autorisé ne prend pas seulement en compte la valeur du bien juridique mis en danger mais également la probabilité qu'une atteinte lui soit portée. En outre, la nocivité de l'atteinte potentielle doit être comparée non seulement au bien juridique protégé (tel que l'intégrité physique) mais aussi à la valeur de l'avantage général que l'activité présente pour la société dans son ensemble (l'amélioration de la mobilité, l'amélioration de la santé publique, la production d'énergie, la diminution de la mortalité, etc.).

En troisième lieu, les faits justificatifs viennent habituellement justifier le résultat, en supprimant la valeur négative (*Erfolgsunwert*)⁴² car, si l'agent n'avait pas agi, le résultat aurait été pire. En matière de légitime défense par exemple, le fait qu'un agresseur ait été assommé doit être considéré positivement puisque cet acte permet de protéger la vie de la victime. Dans l'exemple de l'état de nécessité, le passage au rouge constitue finalement un comportement positif puisqu'il permet de porter assistance à une personne en péril. Rien de comparable dans le risque autorisé puisque, si l'agent n'avait pas agi, il n'y aurait eu aucun dommage. Lorsque le dommage survient dans le cadre du risque autorisé, sa valeur négative n'est pas supprimée. Le risque autorisé n'a pas vocation à annuler la valeur négative du résultat mais plutôt à caractériser la valeur positive du comportement.

En quatrième et dernier lieu, les faits justificatifs correspondent toujours à un droit d'exception qui autorise un agent à adopter un comportement *a priori* illicite en raison des circonstances particulières de l'espèce⁴³. Il est difficile d'admettre un tel caractère exceptionnel au comportement qui se tient dans les limites du risque autorisé puisque, précisément, il s'agit du comportement requis dans la situation à risque. Ce qui est exceptionnel dans le risque autorisé, ce n'est pas tant le comportement adopté que le résultat dommageable qui peut en découler.

Ces différentes caractéristiques mettent en évidence que le moyen de défense du risque autorisé ne saurait s'apparenter à un fait justificatif. C'est la raison pour laquelle la doctrine majoritaire considère aujourd'hui le risque autorisé comme une théorie permettant d'exclure les éléments constitutifs de l'infraction d'imprudence.

11. Risque autorisé et devoir de diligence. Il est possible de considérer que le risque autorisé permet, sous certaines conditions, de supprimer la valeur négative du comportement, fût-il à l'origine d'un dommage, en prenant en considération son utilité et le fait qu'il a été licitement mis en œuvre⁴⁴. La doctrine a ainsi rapproché le risque autorisé d'une notion voisine que connaît aussi le droit français, à savoir le devoir de diligence.

⁴¹ P. Noll, « Übergesetzliche Rechtfertigungsgründe im besondern die Einwilligung des Verletzten », *Verlag für Recht und Gesellschaft, Schweizerische Kriminalistische Studien*, vol. 10, 1955. p. 49.

⁴² J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, op. cit., p. 154.

⁴³ *Ibid.*, p. 157.

⁴⁴ J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, op. cit., p. 232.

Certains auteurs ont partiellement assimilé les deux⁴⁵ en considérant que le risque autorisé s'analysait comme une sous-catégorie du devoir général de diligence. Le risque autorisé correspondrait à la partie objective du devoir de diligence, à savoir le respect des règles de prudence et de sécurité permettant de ramener le risque à sa part résiduelle. D'autres auteurs⁴⁶ ont considéré que le risque autorisé ne devait pas être séparé de la partie subjective du devoir de diligence, à savoir la question de la prévisibilité du dommage, laquelle détermine si l'agent a correctement géré le risque lié à son activité. Toutefois, malgré la convergence entre risque autorisé et respect du devoir de diligence, il est possible de relever une différence, en ce que le risque autorisé prend en compte l'intérêt social prépondérant pour déterminer quels comportements peuvent être admis, critère étranger au devoir de diligence. L'intérêt social prépondérant peut conduire à admettre que des dommages n'aient pas pu être évités alors même qu'ils étaient statistiquement prévisibles. Il s'agit *a priori* d'un fonctionnement inverse à celui du devoir de diligence, qui implique habituellement que lorsqu'un danger pour l'être humain est identifié, il doit être écarté. Il est ainsi possible d'envisager le risque autorisé comme un « super devoir de diligence », un « devoir de vigilance rénové », qui intégrerait le paramètre de l'intérêt social prépondérant et de la nécessité du risque.

Au contraire, des auteurs⁴⁷ ont estimé que le risque autorisé est une notion plus large que le devoir de diligence. Il s'agirait selon eux d'une notion-cadre (*Oberbegriff*) qui hébergerait un agrégat de composantes de droit positif ayant vocation à être prises en compte au moment de caractériser ou non les éléments constitutifs de l'infraction. Parmi ces composantes se retrouveraient non seulement le devoir de diligence mais aussi des principes généraux, tels que *l'ultima ratio*, l'adéquation sociale, l'unité de l'ordre juridique ou encore l'analyse bénéfice-risque. Le risque autorisé permettrait de structurer ces différentes composantes en un ensemble cohérent donnant une sorte de méthode ou de protocole particulier d'analyse juridique des situations dans lesquelles un risque s'est réalisé. Par son approche transversale, le risque autorisé prendrait le contre-pied d'une étude compartimentée et constituerait ainsi un outil adapté pour appréhender les comportements non intentionnels de manière globale. Ce positionnement transversal du risque autorisé permet en réalité d'expliquer en grande partie la peine qu'a éprouvée la doctrine helvète pour replacer cette théorie au sein de la dogmatique pénale.

En clair, des hésitations subsistent sur le point de savoir si le risque autorisé doit être assimilé au devoir de diligence, qu'il viendrait alors parachever en y intégrant de nouveaux paramètres, ou si le risque autorisé doit être considéré comme une notion-cadre incluant entre autres le devoir de diligence⁴⁸. Cette question semble devoir rester ouverte et elle ne constitue de toute façon que la preuve du lien très étroit qui existe entre le risque autorisé et le devoir de diligence.

⁴⁵ K. Engisch, « Der Unrechtstatbestand im Strafrecht », *Hundert Jahre deutsches Rechtsleben, Festschrift zum hundertjährigen Bestehen des Deutschen Juristentages*, vol. 1, C. F. Müller, 1960, p. 417 et s.

⁴⁶ H. Welzel, *Das Deutsche Strafrecht*, De Gruyter, Berlin, 7^{ème} édition, 1960, p. 115 et s. Voir également H. Fünfsinn, *Der Aufbau des fahrlässigen Verletzungsdelikts durch Unterlassen im Strafrecht*, Peter Lang, 1985, p. 177 et s. et M. Killias et al., *Grundriss der Allgemeinen Teils des Schweizerischen Strafgesetzbuchs*, Stämpfli, 2^{ème} édition, 2017, p. 133.

⁴⁷ M. Maiwald, « Zur Leistungsfähigkeit des Begriffs "erlaubtes Risiko" für die Strafrechtssystematik », *Festschrift für Hans-Heinrich Jescheck zum 70. Geburtstag*, vol. 1, Duncker & Humblot, 1985, p. 420 et s. ; W. Preuß, *Untersuchung zum erlaubten Risiko im Strafrecht*, Duncker & Humblot, thèse, Berlin, 1974, p. 225 et s. ; C. Prittowitz, *Strafrecht und Risiko, Untersuchungen zur Krise von Strafrecht und Kriminalpolitik in der Risikogesellschaft*, Vittorio Klostermann, vol. 22, 1993, p. 280.

⁴⁸ Dans ce sens, voir également N. Zurkinden et S. Vernaz, « L'erreur chirurgicale : regards croisés sur l'imprudence pénale en France et en Suisse », *Revue pénale suisse*, tome 136, 2018, p. 112.

C'est par ce biais que le risque autorisé peut être intégré dans la plupart des droits nationaux qui connaissent chacun à leur manière le devoir de diligence. En droit français, ce devoir est prévu expressément à l'article 121-3 al. 3 du Code pénal qui vise « *les diligences normales* ». Ce critère demeure un fondement du système instauré par la loi Fauchon puisque la faute simple correspond à une violation inconsciente du devoir de diligence, tandis que la faute qualifiée renvoie à une violation consciente de ce devoir. La théorie du risque autorisé est ainsi en mesure de bousculer et renouveler l'approche de l'article 121-3 al. 3 et 4 du Code pénal.

II) Le régime du risque autorisé

12. Méthode du risque autorisé. La mise en œuvre de la théorie du risque autorisé a fait l'objet de nombreux développements dans la doctrine, notamment alémanique, et ce tout particulièrement dans les dernières années en raison de l'émergence des voitures autonomes. Toutefois, il n'est pas possible de trouver dans ces écrits de description absolue et universelle de la façon dont le risque autorisé doit être appréhendé en pratique. Pour déterminer cela, il est nécessaire d'examiner l'ensemble des travaux doctrinaux afin d'en dégager une synthèse cohérente.

Il apparaît que la détermination du risque autorisé peut être décomposée en étapes qui s'articulent en entonnoir : les conditions de chaque étape doivent être remplies pour passer à l'étape suivante, sans quoi le risque ne sera pas autorisé. Chaque étape circonscrit progressivement le risque autorisé, à l'image de « poupées russes ».

Cette méthode de raisonnement pourrait inspirer le juge pénal français pour établir si le prévenu a observé les « *diligences normales* » de l'article 121-3 alinéa 3 du Code pénal. Il lui suffirait ensuite d'étayer son analyse en se fondant sur les catégories – très flexibles – de la loi Fauchon, c'est-à-dire en identifiant d'abord si le prévenu est un auteur direct ou indirect et, en établissant ensuite, fonction de cette qualification, si une violation inconsciente (faute simple) ou consciente (faute qualifiée) est nécessaire pour engager la responsabilité de l'agent.

L'existence d'un risque autorisé au sens du droit suisse peut se déterminer en deux temps principaux. Tout d'abord, le juge doit s'assurer que l'agent a bien géré le risque dans le respect des normes qui régissent son domaine d'activité. Cet aspect correspond à l'exigence de « *diligences normales* » du droit français, l'adjectif « *normal* » renvoyant notamment à la norme en tant que règle de conduite à observer **(A)**. Ensuite, le juge doit évaluer la gestion du risque par l'agent, dans le cadre de son activité, en tenant compte des circonstances de l'espèce. Il ne doit alors pas attendre de l'agent d'avoir géré ce risque comme une personne idéale, abstraite des servitudes inhérentes à la condition humaine⁴⁹, mais seulement d'une manière normale. Ici encore un lien peut être effectué avec les « *diligences normales* » du droit français, la « normalité » prenant alors un autre visage, celui du caractère raisonnable **(B)**.

⁴⁹ J. Penneau, *Faute et erreur en matière de responsabilité médicale*, thèse, Paris, 1973, p. 81.

A) Une gestion du risque respectueuse des normes

13. Normalité comme conformité à la norme. Les juristes suisses admettent que toutes les activités humaines sont régies par un certain nombre de normes de prudence et de sécurité qui fixent la conduite à adopter dans le domaine. Chaque individu sait qu'il doit y conformer son comportement, s'il veut atteindre de manière licite et adéquate le résultat proposé à son action⁵⁰ et demeurer dans le cadre du risque autorisé.

Ces normes sont élaborées par l'autorité ou l'organe compétent qui, après avoir recouru à une certaine analyse bénéfice-risque, estiment que l'activité en question ne pourra présenter un rapport favorable qu'à condition que certaines prescriptions aient été respectées.

Il existe une grande diversité de normes. La doctrine helvète distingue généralement les normes d'autorisation d'une activité des normes visant directement la façon de mener l'activité.

14. Normes d'autorisation. En premier lieu se trouve les normes relatives à l'autorisation d'une activité. Si le principe est celui de la liberté d'action (*Betätigungsfreiheit*), selon lequel ce qui n'est pas interdit est autorisé, il apparaît que la plupart des activités dangereuses requiert l'obtention d'une autorisation. Deux types d'autorisation peuvent être distingués : les autorisations de police (*Polizeibewilligungen*) d'une part et les autorisations exceptionnelles (*Ausnahmebewilligungen*) d'autre part⁵¹. Les autorisations de police permettent d'attester que l'activité est entreprise dans le respect de certains prérequis de sécurité posés par la loi. Elles permettent à leur titulaire d'accéder licitement à l'activité sans pour autant que l'autorisation ne comporte en elle-même des indications sur la conduite à tenir. C'est le cas par exemple de l'obligation d'obtenir un permis de conduire pour prendre part à la circulation routière. Les autorisations exceptionnelles sont quant à elles des mesures de faveur de l'administration, encadrées par la loi, qui sont accordées en raison de l'intérêt escompté de l'activité. À titre exceptionnel, la pratique d'une activité qui présente un risque peut être autorisée, alors même que celle-ci entre en contradiction avec les règles de l'ordre juridique existant. C'est l'exemple des manifestations sportives automobiles, pour lesquelles la violation des règles de la circulation routière peut être autorisée par l'administration sous les conditions qu'elle fixe. Ces autorisations exceptionnelles sont plus qu'un simple « *billet d'entrée* »⁵² dans l'activité puisqu'elles posent des exigences sur la façon dont l'activité devra être conduite. Ces exigences sont posées par l'administration après une analyse bénéfice-risque *in concreto*. Le respect de ces exigences est nécessaire pour demeurer dans le risque autorisé.

15. Normes d'origine étatiques. En second lieu, il existe des normes qui concernent directement la façon de mener l'activité. Ces normes, prises par les autorités compétentes, ont pour but de limiter *ex ante* les risques identifiables, en régulant les comportements abstraitement dangereux⁵³. Elles fixent des exigences minimales quant au contrôle à observer

⁵⁰ Y. Hannequart, *La responsabilité pénale de l'ingénieur*, Vaillant-Carmanne, 1959, p. 72.

⁵¹ N. Zurkinden, « Strafrecht und selbstfahrende Autos – ein Beitrag zum erlaubten Risiko », *recht - Zeitschrift für juristische Weiterbildung und Praxis*, 2016, vol. 34-3, p. 149.

⁵² *Ibid.*, « *Eintrittskarte* ».

⁵³ *Ibid.*, p. 148.

sur le résultat final de l'activité⁵⁴ et définissent des lignes de conduite qui permettent d'établir la façon dont l'activité doit être menée. Ces normes sont généralement issues d'autres branches que le droit pénal, comme le droit civil, le droit du travail, le droit de la circulation routière, etc. Elles sont néanmoins reçues par le juge pénal en vertu du principe de l'unité de l'ordre juridique (*Einheit der Rechtsordnung*) selon lequel l'ordre juridique est un ensemble indivisible qui assure une cohérence dans les rapports entre les différentes branches du droit qui coexistent⁵⁵. Dès lors, celui qui se comporte comme la loi le demande ou l'autorise agit licitement dans toutes les branches du droit⁵⁶.

En droit français, prendre un risque en violant une norme d'autorisation ou une norme étatique peut être considéré soit comme une faute simple si la violation est inconsciente – ce qui sera rarement ce que les juges déduiront des circonstances –, soit comme une faute qualifiée si la violation est consciente – il s'agit d'une faute délibérée. Dans ce cas, même un lien de causalité indirect avec le dommage suffit à engager la responsabilité de l'agent. En droit français, un tel risque ne serait donc pas non plus admis.

16. Normes d'origine privées. Cependant, de nombreuses activités à risque échappent à l'intervention étatique car la création d'une loi ou d'un règlement n'est pas nécessaire dans toutes les disciplines. Le juge doit alors se référer aux normes privées⁵⁷ afin d'évaluer la manière dont l'agent a géré le risque. Les normes privées permettent de préciser le standard de comportement attendu. Parce qu'elles sont extrêmement nombreuses, il n'est pas possible d'en dresser une liste exhaustive. Parmi elles se trouvent notamment les règles de l'art (*Kunstregeln*), les règlements intérieurs des entreprises ou des lieux publics ou encore les normes de construction de type Document technique unifié.

Ces normes privées sont reçues par le juge répressif en raison du principe helvète de cohérence des ordres juridiques, selon lequel « *l'État consent à l'existence parallèle d'ordres juridiques* »⁵⁸ qui font œuvre normative, tel que l'ordre médical. Il consent dès lors à reconnaître que ces ordres juridiques non étatiques doivent être pris en compte par les ordres juridiques étatiques. Ce principe de cohérence constitue en quelque sorte un pendant de celui d'unité de l'ordre juridique⁵⁹ pour les normes privées.

De manière plus indirecte, le droit français porte également une telle exigence de respect de ces normes. Ces dernières sont supposées être connues des professionnels qui exercent l'activité. Dès lors, leur non-respect exposerait le plus souvent ces professionnels à commettre une faute caractérisée, en « *exposant autrui à un risque d'une particulière gravité qu'ils ne pouvaient ignorer* ». Les juges admettront facilement une telle faute, étant donné la sévérité particulière de la jurisprudence à l'égard des professionnels en matière d'imprudence. En France également, ces normes privées doivent donc impérativement être observées pour échapper à l'accusation d'imprudence.

⁵⁴ J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, *op. cit.*, p. 227.

⁵⁵ R. Roth, *Le droit pénal face au risque et à l'accident individuels*, *op. cit.*, p. 42.

⁵⁶ N. Zurkinder, « *Strafrecht und selbstfahrende Autos* », *op. cit.*, p. 148.

⁵⁷ J. Lelieur, K. Okyay, S. Vernaz, *La privatisation de la norme au prisme du droit comparé*, Mare et Martin, 2025. Voir l'introduction de l'ouvrage qui définit la norme privée.

⁵⁸ R. Roth, *Le droit pénal face au risque et à l'accident individuels*, *op. cit.*, p. 102.

⁵⁹ *Ibid.*

Le respect de l'ensemble de ces normes est donc nécessaire à la reconnaissance du risque autorisé qui exclut la responsabilité pénale. Il demeure néanmoins insuffisant. L'agent doit encore avoir fait preuve d'une gestion raisonnable du risque.

B) Une gestion raisonnable du risque

17. Normalité comme caractère raisonnable. Toute activité est soumise à une part d'initiative⁶⁰. Même en l'absence d'obligation normative préexistante, chacun est « tenu d'exercer son activité dans des conditions de nature à prévenir les risques auxquels les tiers sont exposés »⁶¹. L'agent doit adopter un comportement raisonnablement prudent mais non exceptionnellement prudent. Il ne correspond ni à l'incurie ni à la minutie excessive⁶². Il constitue « le soin normal que chaque personne doit apporter à l'accomplissement de ses devoirs, compte tenu [de] son activité et des circonstances de fait qui peuvent l'entourer »⁶³. Le juge répressif doit ainsi vérifier que les limites du risque autorisé n'ont pas été franchies dans le cas concret. Il lui revient de vérifier que l'agent n'avait pas une connaissance particulière du risque qui s'est réalisé. Il doit également évaluer si l'agent a raisonnablement diminué le risque général, seul un risque résiduel pouvant être autorisé.

18. Éradication du risque spécial. Pour apprécier la gestion raisonnable du risque, le juge pénal doit d'abord vérifier que l'agent a éradiqué les risques spéciaux. Une distinction est opérée selon que le risque était général ou spécial. Un risque est général lorsqu'il correspond à celui qui est abstraitement induit par la mise en œuvre de l'activité elle-même⁶⁴. Seul ce risque peut être autorisé. À l'inverse, le risque est spécial lorsqu'une connaissance particulière (*Sonderwissen*)⁶⁵ existait concernant la présence d'un risque spécifique dans la situation. Celui qui peut prévoir que son action risque de porter atteinte de manière concrète à des biens juridiques, tels que la vie ou l'intégrité physique, doit s'en abstenir⁶⁶. À défaut, la réalisation du risque devient la manifestation d'une imprévoyance coupable, qui ne peut être couverte par le risque autorisé⁶⁷. À cet égard, la notion de risque spécial n'est pas sans rappeler la définition de la faute caractérisée du droit français, qui vise un risque d'une particulière gravité que l'agent ne pouvait ignorer. En droit français également, un tel risque spécial ne saurait être admis.

Prenons deux exemples pour illustrer cette distinction. Le Professeur Martin Schubarth relève qu'une majorité de conducteurs conduit de nuit avec les seuls feux de croisement, à une vitesse trop élevée pour être en mesure de s'arrêter à temps en cas d'obstacle. « *Avec des feux de croisement, quand aucune autre source d'éclairage n'est présente, la visibilité s'étend à 50 mètres, de telle sorte que, dans des conditions optimales et selon la capacité de freinage du véhicule, la vitesse devrait être située au maximum entre 60 km/h et 80 km/h* »⁶⁸. En réalité, au-delà de cette vitesse, un obstacle sur la route ne saurait être évité par le conducteur. Cependant, il ne peut être exigé que le conducteur diminue sa vitesse dans le but d'éviter tous les accidents, dans toutes les circonstances, « simplement en raison de la possibilité abstraite,

⁶⁰ Y. Mayaud, *Violences involontaires et responsabilité pénale*, Dalloz, 2003, p. 135.

⁶¹ Y. Mayaud, « *Violences involontaires : théorie générale* », *op. cit.*, n° 156.

⁶² J. Penneau, *Faute et erreur en matière de responsabilité médicale*, *op. cit.*, p. 41.

⁶³ *Ibid.*

⁶⁴ V. Laube, « *Der schmale Grat der Fahrlässigkeit – Einige Überlegungen zum Jungfrau-Drama* », *Jusletter*, 16 novembre 2009, réf. 11.

⁶⁵ N. Zurkinden, « *Strafrecht und selbstfahrende Autos* », *op. cit.*, p. 154.

⁶⁶ S. Gless, E. Silverman et T. Weigend, « *If robots cause harm, who is to blame? Self-driving cars and criminal liability* », *op. cit.*, p. 15.

⁶⁷ J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, *op. cit.*, p. 31.

⁶⁸ M. Schubarth, « *Gedanken zur Risikogesellschaft und zum Recht auf Leben im Straßenverkehr* », *Strassenverkehr*, 2011, n° 2, p. 8.

qu'un [individu ou un obstacle], qu'il n'a pas vu ou qu'il n'a pas pu voir, surgisse sur la route »⁶⁹. Dans une telle configuration, « un trafic raisonnable avec des engins motorisés serait en pratique impossible »⁷⁰. Chacun devrait alors tellement abaisser sa vitesse que la circulation serait complètement paralysée⁷¹. C'est pour cette raison que, si un accident se produit alors que le conducteur roule diligemment à la vitesse maximale autorisée, le résultat ne peut pas lui être imputé sur le fondement de sa vitesse : il s'agit d'un risque général de la conduite qui entre dans le cadre du risque autorisé. Il en irait différemment si des panneaux indiquent un danger ou si les véhicules en sens inverse font des appels de phare pour prévenir d'un obstacle sur la route.

Un second exemple est donné par Heine et Philipp Truniger⁷², avec l'organisation d'un concert. Si l'organisateur d'un concert est administrativement autorisé à monter entre 93 et 100 décibels, il peut légitimement croire qu'il agit de manière licite s'il respecte les conditions de l'autorisation. Si un spectateur souffre d'une perte d'audition en raison du volume du concert, l'organisateur ne pourra pas se voir reprocher pénalement une atteinte corporelle, car il s'agira alors simplement de la réalisation du risque autorisé, tel que prévu par l'autorisation administrative. Cependant, l'autorisation de ce risque n'est pas absolue : si l'organisateur a connaissance d'une source de danger particulier dans le cas concret, comme la présence imprévue d'enfants ou la défectuosité de quelques protections sonores, il doit ajuster les conditions dans lesquelles se déroule le concert⁷³. Si, en dépit de cette connaissance particulière, il s'obstine à maintenir la puissance sonore au niveau maximal de l'autorisation et que le risque de lésions auditives se réalise, l'organisateur sort alors du cadre du risque autorisé et aura commis une imprévoyance coupable.

19. Diminution du risque général. Une fois les risques spéciaux écartés, le risque général doit encore être raisonnablement diminué. Un risque ne peut ainsi pas être autorisé s'il était possible de mettre en place un autre comportement (*anders Handelnkönnen*)⁷⁴ qui aurait permis de faire courir un risque moindre, tout en parvenant à un résultat similaire. Rehberg propose trois critères⁷⁵ pour vérifier que la voie choisie est effectivement la moins risquée pour réaliser l'action et que les moyens mis en place sont les plus adaptés pour prévenir le risque dans les circonstances de l'espèce.

Premièrement, l'agent doit mettre en œuvre des contre-mesures pour contenir le risque. Ce critère ressort du fait que le risque qu'un comportement cause un dommage est déterminé non seulement en fonction des moyens mis en œuvre pour atteindre l'objectif escompté mais aussi et surtout en fonction des contre-mesures que l'agent a simultanément adoptées dans la situation concrète pour éviter la réalisation du risque⁷⁶. « Par exemple, une action généralement décrite comme dangereuse, telle que le dynamitage, peut, grâce à des contre-mesures appropriées, perdre en grande partie de son potentiel à causer des dommages – par

⁶⁹ *Ibid.*

⁷⁰ *Ibid.*

⁷¹ *Ibid.*

⁷² G. Heine et P. Truniger, « Die strafrechtliche Verantwortlichkeit des Konzertveranstalters », *Revue pénale suisse*, tome 128, 2010, p. 94 dont la pensée est résumée chez N. Zurkinden, « Strafrecht und selbstfahrende Autos », *op. cit.*, p. 150.

⁷³ G. Heine et P. Truniger, « Die strafrechtliche Verantwortlichkeit des Konzertveranstalters », *op. cit.*, p. 96, résumé chez N. Zurkinden, « Strafrecht und selbstfahrende Autos », *op. cit.*, p. 154.

⁷⁴ J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, *op. cit.*, p. 206.

⁷⁵ *Ibid.*, p. 196.

⁷⁶ *Ibid.*, p. 197.

*exemple, si l'accès à la zone à risque est entièrement interdit [au public] »⁷⁷. Ce premier critère trouve toutefois une limite économique. Si le risque doit effectivement être abaissé par des contre-mesures, cette obligation ne saurait avoir pour conséquence de rendre économiquement impossible une activité utile⁷⁸ car, si les possibilités de contre-mesures sont illimitées, les budgets restent quant à eux restreints par la viabilité économique des projets. L'exigence doit donc être modérée en fonction du *ratio* qui existe entre le coût de la mesure permettant une diminution du risque et la part de risque que ce coût permettrait d'éliminer.*

Deuxièmement, l'agent doit conserver la maîtrise des moyens qu'il met en œuvre, c'est-à-dire du risque qu'il crée. En l'absence d'une telle maîtrise, une action peut devenir extrêmement dangereuse. « *Ainsi, le fait de brûler des déchets du jardin peut devenir dangereux si l'auteur ne maîtrise pas l'incendie »⁷⁹.*

Troisièmement et dernièrement, l'agent doit vérifier l'existence de biens juridiques dans la sphère d'influence raisonnablement prévisible des moyens qu'il met en œuvre (*Wirkungsbereich der Handlungsmittel*). « Par exemple, une action communément décrite comme dangereuse, comme le tir à l'arme à feu, s'avère normalement inoffensive lorsqu'aucun bien juridique à protéger ne se trouve dans sa sphère d'influence, par exemple si les tirs sont effectués dans le désert »⁸⁰.

Ces moyens employés pour diminuer ce risque général doivent être appréciés au temps de l'action. D'une manière générale, tous les comportements qui ont conduit à l'accident peuvent facilement être considérés *a posteriori* comme imprudents ou négligents⁸¹ ; c'est le biais rétrospectif. Dans l'abstrait, il est toujours possible d'imaginer une manière différente d'agir, mieux adaptée à la situation, qui aurait permis d'éviter le dommage⁸². Cependant, pour ne pas être influencé par un tel biais, le juge doit se replacer avant la production de l'accident, « en reconstituant le climat concret où l'action humaine s'est produite avec toutes les données d'incertitude, de probabilité, de relativité des méthodes » et de faillibilité humaine⁸³. L'effort de recontextualisation doit en outre être effectué sur un certain laps de temps. Le juge doit choisir le laps de temps nécessaire à l'appréciation des diligences globales dans lesquelles s'inscrit le fait dommageable en fonction du contexte et pas seulement au moment de la réalisation du risque.

Une fois le risque ramené dans ces conditions à son plus bas niveau, il n'en reste plus qu'une part résiduelle. La théorie du risque autorisé conduit à considérer que, le risque résiduel ne pouvant être évité, il doit être admis dès lors qu'il présente une certaine valeur⁸⁴. Une telle proposition constitue un véritable apport à l'acception française des « *diligences normales* » car elle peut prévenir une extension sans fin du champ de la faute pénale non intentionnelle.

20. Valeur du risque résiduel. La valeur du risque résiduel dépend directement de son intérêt pour la société : soin, mobilité des personnes, protection de l'environnement, sécurité des

⁷⁷ *Ibid.*

⁷⁸ *Ibid.*, p. 206.

⁷⁹ *Ibid.*

⁸⁰ *Ibid.*

⁸¹ C. Grapin, *La responsabilité chirurgicale*, Sauramps Médical, 2000, p. 663.

⁸² J. Penneau, *Faute et erreur en matière de responsabilité médicale*, *op. cit.*, p. 151

⁸³ Y. Hannequart, *La responsabilité pénale de l'ingénieur*, *op. cit.*, p. 74.

⁸⁴ G. Stratenwerth, *Schweizerisches Strafrecht, Allgemeiner Teil I*, *op. cit.*, p. 171 et C. Prittwitz, *Strafrecht und Risiko*, *op. cit.*, p. 318.

personnes, développement sportif, production industrielle ou d'énergie, etc. Pour déterminer le risque autorisé, il incombe au juge pénal d'examiner l'intérêt de l'action de l'agent au regard de l'activité puis d'évaluer la valeur du risque par le biais d'une mise en balance bénéfico-risque (« *die Nutzen-Risiko-Abwägung* »)⁸⁵ dans le cas particulier.

Pour que le résultat de cette mise en balance soit favorable à l'auteur de l'action, la valeur positive du comportement (*Handlungswert*) – c'est-à-dire le bénéfice de l'activité pour l'humain, estimé indépendamment du préjudice causé – doit être strictement supérieure la valeur négative de l'action, qui se trouve dans sa dangerosité⁸⁶. L'évaluation réalisée à cette ultime étape peut être résumée grâce à la formule suivante :

Valeur positive de l'action > Valeur négative de l'action ⇒ Balance favorable

Puisque les valeurs positive et négative de l'action ne sauraient être appréciées d'après une méthode mathématique, le juge les apprécie en son âme et conscience dans le cas concret, *ex ante*.

C'est à partir de leur comparaison que le juge peut déterminer le résultat de la mise en balance. Ainsi, « plus l'objectif de l'action présente un intérêt social fort, plus le droit de créer un danger nécessaire à la réalisation de cet objectif sera largement admis »⁸⁷. Inversement, plus l'objectif de l'action est superflu, plus le risque autorisé pour la réalisation de cet objectif diminue⁸⁸.

La portée de cette formule doit être bien comprise puisqu'elle ne revient pas à dire que, lorsque la valeur de l'action est élevée, la protection des biens juridiques concernés diminue à raison de l'utilité de mener l'action. Bien au contraire, les intérêts fondamentaux des parties potentiellement lésées doivent être protégés⁸⁹ et c'est bien pour cette raison que la mise en balance ne peut être effectuée qu'à partir de la valeur d'un risque résiduel⁹⁰.

La doctrine a toutefois souligné la difficulté particulière à effectuer cette mise en balance. C'est la raison pour laquelle certains auteurs⁹¹, à l'instar d'Engisch⁹², ont cherché à pallier ce vide en proposant une méthode doctrinale pour aider le juge à évaluer le rapport « bénéfico-risque ». Le raisonnement se présente en trois temps, qui correspondent à trois critères qu'il propose de mettre en balance successivement : la valeur, l'ampleur et la probabilité.

Premièrement, « *la valeur de l'objectif recherché [doit être comparée] à la gravité du risque encouru par le bien juridique – s'agit-il par exemple de sauver des vies humaines ou simplement d'éliminer un défaut ? Le risque encouru est-il seulement un léger préjudice corporel ou une atteinte à la vie ?* »⁹³. Dans le domaine médical, ce critère se traduit par

⁸⁵ N. Zurkinder, « Crash beim Testbetrieb selbstfahrender Fahrzeuge », *op. cit.*, réf. 28.

⁸⁶ J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, *op. cit.*, p. 232.

⁸⁷ *Ibid.*, p. 27.

⁸⁸ C. Prittwitz, *Strafrecht und Risiko*, *op. cit.*, p. 299.

⁸⁹ J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, *op. cit.*, p. 201 et s.

⁹⁰ *Ibid.*

⁹¹ Voir J. Rehberg, *Zur Lehre vom Erlaubten Risiko*, *op. cit.*, p. 202 ; S. Flachsmann, *Fahrlässigkeit und Unterlassung*, thèse, Zurich, 1992, p. 99 et s. ; et N. Zurkinder, « Crash beim Testbetrieb selbstfahrender Fahrzeuge », *op. cit.*, réf. 36 et s.

⁹² K. Engisch, *Untersuchungen über Vorsatz und Fahrlässigkeit im Strafrecht*, *op. cit.*, p. 288 et s. ; voir également, N. Zurkinder, « Crash beim Testbetrieb selbstfahrender Fahrzeuge », *op. cit.*, réf. 37.

⁹³ K. Engisch, *Untersuchungen über Vorsatz und Fahrlässigkeit im Strafrecht*, *op. cit.*, p. 288.

l'exigence d'un traitement médicalement indiqué⁹⁴, c'est-à-dire dont l'objectif thérapeutique est supérieur à la gravité de l'atteinte que le médecin fait courir à son patient.

Deuxièmement, « *l'ampleur du résultat recherché [doit être comparée] à l'étendue de la menace d'atteinte à un bien juridique* »⁹⁵. Il s'agit ici de mettre en balance l'ensemble des bienfaits que l'action promet avec le nombre de biens juridiques mis en danger. Dans le cadre d'un traitement, le médecin ne doit en principe pas effectuer un acte qui porte davantage atteinte à l'intégrité du patient que ne le fait naturellement la maladie. Lorsque l'atteinte est localisée à un organe, le traitement ne doit pas mettre inutilement en danger plusieurs autres organes de même importance.

Troisièmement, « *la probabilité de réalisation du bienfait escompté [doit être comparée] à la probabilité que survienne l'atteinte au bien juridique* »⁹⁶. Cette dernière comparaison revient à se demander si la probabilité d'atteindre le résultat souhaité est plus grande que celle que le risque se réalise. Pour pouvoir entreprendre un traitement médical, la probabilité de succès de ce traitement doit en principe être plus grande que la probabilité que se réalise le risque qu'il fait courir au patient.

Aucun de ces critères n'est prépondérant. Il revient donc au juge pénal de décider si ces critères sont adaptés à l'espèce qui lui est soumise et, le cas échéant, de déterminer leur poids dans la mise en balance globale. Cette méthode présente l'intérêt de décomposer les différents enjeux présentés par la situation pour permettre au juge une meilleure appréciation du rapport « bénéfice-risque » dans ces situations complexes. Elle lui permet ainsi de déterminer de manière définitive l'existence ou non d'un risque autorisé dans le cas d'espèce, tout en lui fournissant les éléments précieux pour étayer sa solution. Le juge français pourrait également intégrer ces critères dans son raisonnement pour déterminer si le devoir d'accomplir les « *diligences normales* » a été respecté, tout en tenant compte de l'existence du risque inhérent aux activités humaines. Même dans le cas où les « *diligences normales* » n'ont pas été accomplies, ces critères pourraient aider le juge répressif français à évaluer le degré de gravité de la violation commise, qu'elle soit consciente ou inconsciente.

21. Conclusion. Le risque autorisé constitue une théorie du droit suisse qui propose une perspective originale sur le fait non intentionnel. Il met en lumière la nécessité de prendre en compte la part de risque inhérente à la vie en société, tout en redéfinissant les contours de la responsabilité pénale. Il revêt un intérêt considérable pour le comparatiste français en quête de critères innovants pour mieux cerner les « *diligences normales* » dans les activités comportant un risque important.

Face aux défauts persistants de l'incrimination française de la non-intention, les modifications textuelles s'avèrent peu efficaces. Les textes sont rédigés de manière volontairement ouverte et nécessitent de toute manière une grande part d'interprétation. En intégrant la théorie du risque autorisé, les juges français pourraient transformer leur perception du risque et porter un regard renouvelé sur ces incriminations. Cette évolution ne compromettrait nullement la

⁹⁴ R. Roth, *Le droit pénal face au risque et à l'accident individuels*, op. cit., p. 84.

⁹⁵ K. Engisch, *Untersuchungen über Vorsatz und Fahrlässigkeit im Strafrecht*, op. cit., p. 288.

⁹⁶ K. Engisch, *Untersuchungen über Vorsatz und Fahrlässigkeit im Strafrecht*, op. cit., p. 288 et s.

prise en compte des intérêts des victimes d'accident, qui demeurent pleinement protégées par les différents mécanismes d'indemnisation prévus en responsabilité civile⁹⁷.

Dans une société moderne, confrontée aux progrès scientifiques et technologiques, il est indispensable d'accepter une part de risque car, comme l'affirme Hannequart, « *si le risque est le mal, il est aussi la gloire de l'homme. La vie est un risque et les plus grandes œuvres humaines sont en général inséparables de l'affrontement du danger* »⁹⁸. Le droit pénal, en réponse, doit donc reconnaître et intégrer cette réalité, en accordant au risque sa juste place.

⁹⁷ E. Dreyer, *Droit pénal général*, LexisNexis, 6^{ème} édition, 2021, p. 732.

⁹⁸ Y. Hannequart, *La responsabilité pénale de l'ingénieur*, *op. cit.*, p. 51.

Réflexions sur l'appréhension de l'inceste par le droit pénal malgache : les risques encourus par les enfants

Tahina Sylvie RAHARIMALALA

Doctorante en droit, École doctorale en sciences humaines et sociales,
Équipe d'accueil doctorale en sciences juridiques, Université d'Antananarivo
(Madagascar)

Résumé : L'appréhension de l'inceste en droit pénal malgache présente deux aspects. D'abord, concernant les personnes majeures, le consentement est indifférent dans l'infraction d'inceste. L'inceste constitue un délit, même en présence du consentement. Ce qui importe, c'est le respect de certaines mœurs familiales, c'est-à-dire la représentation des valeurs familiales considérées comme essentielles. Ensuite, concernant les personnes mineures, l'inceste est considéré comme un crime. Il est associé à un abus sexuel envers un enfant par un ascendant ou une personne détenant l'autorité parentale. L'article portera principalement sur ces deux types d'inceste, tout en intégrant une analyse comparative entre le droit malgache et certains systèmes juridiques étrangers pour mettre en évidence les spécificités et les lacunes du droit malgache.

Mots-clés : Inceste ; droit pénal ; abus sexuel sur enfant ; consentement.

Abstract : *The understanding of incest in Malagasy criminal law has two aspects. First, regarding adults, consent is irrelevant to the offense of incest. Incest is considered a crime even in the presence of consent. What matters is the adherence to certain family morals, namely the representation of values deemed essential to the family unit. Second, for minors, incest is considered a crime associated with sexual abuse of a child by a relative or someone with parental authority. The article will primarily focus on these two types of incest while incorporating a comparative analysis between Malagasy law and certain foreign legal systems to highlight the specificities and shortcomings of Malagasy law.*

Keywords : *Incest ; criminal law ; child sexual abuse ; consent.*

Entreprendre une réflexion sur l'inceste en droit pénal fait ressortir le lien entre le droit et la morale, spécialement l'influence de la morale culturelle, c'est-à-dire des mœurs, sur le droit. À cet effet, l'évolution de ce dernier n'est affirmée pleinement que lorsque celle des mœurs, entendues comme l'ensemble des valeurs considérées comme essentielles au sein d'une société, l'aura permis. Si dans certains droits, la dépénalisation de l'adultère¹ ou de l'homosexualité² avait pu être réalisée, c'est parce que les mœurs qui y sont observées avaient évolué ainsi que le regard porté sur ces situations. Le droit ne peut totalement s'affranchir de la morale, d'ailleurs sa fonction déclarative lui permet de signifier que la société ne reconnaît pas certaines conduites, car contraires aux valeurs fondamentales de celle-ci.

La notion d'inceste pourrait suivre la même logique puisqu'elle témoigne de cette corrélation entre le droit et la morale. En effet, bien que l'inceste touche plusieurs domaines, notamment anthropologique, sociologique, biologique, et même religieux³, c'est surtout une « *notion d'essence morale* »⁴ que le droit a saisie en faisant de l'inceste une « *prohibition quasi*

¹Par exemple, la dépénalisation de l'adultère s'était opérée, en France, par la loi n° 75-617 du 11 juillet 1975 portant réforme du divorce et en Belgique par la loi du 20 mai 1987 abrogeant les articles 387 et 390 du C. pén. belge en matière d'adultère.

²La dépénalisation de l'homosexualité dans certains pays a conduit à la réalisation de l'égalité face au mariage. Par exemple, le mariage s'ouvre aux personnes de même sexe, depuis 2000 aux Pays-Bas, 2003 en Belgique, 2005 en Espagne et au Canada, 2013 en France, 2017 en Allemagne, etc.

³C. Estrosi, *Faut-il ériger l'inceste en infraction spécifique*, La documentation française, 2005, p. 5 s.

⁴*Ibidem*.

universelle »⁵. Généralement, on associe l'inceste à un tabou, à un interdit⁶, et même à un abus sexuel envers les enfants par les membres de la famille ou encore un viol dans le cadre familial⁷. Cependant, la notion d'inceste n'est pas figée, elle évolue dans le temps et dans l'espace influencée par l'évolution des mœurs observées dans chaque société. Si dans certains pays, à l'instar de la France, certaines formes d'inceste sont licites surtout la relation incestueuse entre adultes consentants⁸, dans d'autres, l'inceste, même consenti constitue une infraction, tel est le cas en Allemagne⁹, en Angleterre¹⁰, en Suisse¹¹, au Canada¹² ainsi qu'à Madagascar¹³. En Italie, il ne constitue une infraction que lorsqu'il est notoire¹⁴. Mais généralement, il constitue toujours une infraction lorsqu'il touche un mineur. En Belgique, avant l'entrée en vigueur de la loi du 21 mars 2022 modifiant le Code pénal belge en ce qui concerne les infractions sexuelles, l'inceste n'était appréhendé qu'à travers l'interdiction de relations incestueuses par le mariage et l'établissement du double lien de filiation faisant apparaître la nature incestueuse du lien unissant les parents¹⁵. Mais depuis cette loi, l'inceste est devenu une infraction spécifique concernant les mineurs¹⁶.

La définition de l'inceste proposée par le professeur Henri Conte, nous paraît la plus exhaustive, embrassant toutes les conceptions de l'inceste. Il définit l'inceste comme « *l'ensemble des relations sexuelles ou établies, entre deux personnes issues d'une même filiation ou apparentées qui donne le plus souvent lieu à des interdictions d'unions civiles selon des degrés déterminés par la loi ou parfois même à des sanctions pénales* »¹⁷. L'interdiction de l'inceste se manifeste alors soit en droit civil à travers les empêchements aux mariages et la filiation, soit en droit pénal par le biais des infractions pénales, soit les deux.

Pour mieux analyser le cas de l'inceste en droit malgache, l'aborder dans une perspective de droit comparé est judicieux.

À cet effet, il est intéressant d'évoquer l'évolution des réformes législatives en droit français qui ont abouti à la loi n° 2021-478 du 21 avril 2021 visant à protéger les mineurs des crimes et délits sexuels et de l'inceste¹⁸. Le terme « *inceste* » a été introduit pour la première fois dans le Code pénal français en 2010 par la loi n° 2010-121¹⁹. Cette loi n'avait pas pour vocation de créer une infraction spécifique d'inceste, mais seulement de mettre en place une « *surqualification* » des infractions sexuelles commises à l'égard des mineurs. Ainsi, les infractions de viol, d'agression sexuelle et d'atteinte sexuelle commises à l'égard d'un mineur

⁵H. Conte, « L'inceste consenti », *Revue Lexsociété*, 2023, hal-03953266v2, p. 7

⁶D. Germain, « L'inceste en droit pénal : de l'ombre à la lumière », *RSC*, n° 3, 2010, p. 600.

⁷H., Conte, *op. cit.*, p. 2

⁸V. à ce propos, H. Conte, *ibidem*.

⁹À ce propos, J. Queudet et M. Thedieck, « L'inceste consenti en droit pénal. Les leçons du droit allemand », *Revue Lexsociété*, 2023.

¹⁰C. Estrosi, *op. cit.*, p. 68.

¹¹*Ibidem*.

¹²À ce propos, M-P. Robert, « réflexion sur la criminalisation de l'inceste et ses justifications : au-delà du tabou universel », *Les cahiers de droit*, Vol. 62, n° 4, 2021, p. 1251-1284.

¹³Art. 335.3 du C. pén. Malgache.

¹⁴F. Guelfi, « La pénalisation de l'inceste », *Revue Lexsociété*, 2023, p. 14.

¹⁵G. Mathieu et A-C. Rasson, « L'interdit de l'inceste : une norme symbolique évanescence ? », *Journal du Droit des Jeunes*, n° 219, 2012, p.25.

¹⁶Art. 417/18 du C. pén. belge, issu de la loi du 21 mars 2022 modifiant le Code pénal en ce qui concerne le droit pénal sexuel, entrée en vigueur le 01 juin 2022 ; V. à ce propos, S. Wattier, « L'infraction d'inceste dans le nouveau Code pénal sexuel : la reconnaissance juridique d'une réalité sociétale », in T. Bayet et N. Colette-Basecqz (dir.), *Droit pénal sexuel : nouvelles dispositions et approche pratique des acteurs de terrain*, Anthemis, 2023, p.83-98.

¹⁷H. Conte, *op. cit.*, p. 5

¹⁸Loi n° 2021-478 du 21 avril 2021 visant à protéger les mineurs des crimes et délits sexuels et de l'inceste, *JORF* n° 0095, 22 avril 2021.

¹⁹Loi n° 2010-121 du 8 février 2010 tendant à inscrire l'inceste commis sur les mineurs dans le code pénal et à améliorer la détection et la prise en charge des victimes d'actes incestueux, *JORF* n°0033, 8 février 2010.

étaient surqualifiées d'inceste²⁰ lorsqu'elles ont été commises au sein de la famille par un ascendant, un frère, une sœur ou par toute autre personne, y compris s'il s'agit d'un concubin d'un membre de la famille, ayant sur la victime une autorité de droit ou de fait. Cependant, cette formulation trop générale des liens familiaux²¹ permettant la qualification d'incestueuses des infractions sexuelles a été remise en question par le Conseil constitutionnel, saisi à travers deux questions prioritaires de constitutionnalité²². Les articles ont été jugés contraires au principe constitutionnel de légalité des délits et des peines qui implique la précision de la loi pénale²³. La loi de 2016 relative à la protection de l'enfant²⁴ était alors intervenue pour réintroduire la notion d'inceste dans le Code pénal français et pour énumérer les personnes en milieu familial susceptibles d'entraîner la qualification d'incestueux des viols, agressions sexuelles et atteintes sexuelles²⁵. La loi n° 2018-703 du 3 août 2018 renforçant la lutte contre les violences sexuelles et sexistes²⁶ a, par la suite, apporté des modifications en termes de nouvelles infractions²⁷, ainsi que des modifications de certaines infractions existantes²⁸. C'est la loi du 21 avril 2021 qui a finalement érigé l'inceste en une infraction spécifique tout en maintenant la surqualification dans certains cas. L'apport principal de cette loi a été de modifier la substance des infractions sexuelles à l'encontre des mineurs en supprimant toute référence à la violence, contrainte, menace et surprise, affectant par la même occasion l'inceste.

Dans le sillage du droit français, la Belgique a également réformé les dispositions de son Code pénal concernant le droit pénal sexuel. Par la loi du 21 mars 2022²⁹, l'inceste est désormais prévu et défini comme « *les actes à caractère sexuel commis au préjudice d'un mineur par un parent ou allié ascendant en ligne directe, par un parent ou allié en ligne collatérale jusqu'au troisième degré, ou toute autre personne occupant une position similaire au sein de la famille des personnes précitées* »³⁰. Il en résulte que l'inceste ne concerne que les mineurs. S'agissant

²⁰S'agissant des viols et des agressions sexuelles, l'art. 222-31-1 du C. pén. français était rédigé comme suit : « les viols et les agressions sexuelles sont qualifiés d'incestueux lorsqu'ils sont commis au sein de la famille sur la personne d'un mineur par un ascendant, un frère, une sœur ou par toute autre personne, y compris s'il s'agit d'un concubin d'un membre de la famille, ayant sur la victime une autorité de droit ou de fait » ; et pour les atteintes sexuelles sans violences, l'art. 227-27-2 du C. pén. français disposait que « les infractions définies aux art. 227-25, 227-27 sont qualifiées d'incestueuses lorsqu'elles sont commises au sein de la famille sur la personne d'un mineur par un ascendant, un frère, une sœur ou par toute autre personne, y compris s'il s'agit d'un concubin d'un membre de la famille, ayant sur la victime une autorité de droit ou de fait ».

²¹Formulations telles « commis au sein de la famille », « ou par toute autre personne ».

²²L'une le 16 septembre 2011 concernant l'art. 222-31-1 du C. pén. français, et l'autre le 17 février 2012 concernant l'art. 227-27-2 du même code.

²³Décision n° 2011-163 QPC du 16 septembre 2011 et décision n° 2011-222 QPC du 17 février 2012.

²⁴Loi n° 2016-297 du 14 mars 2016 relative à la protection de l'enfant, *JORF* n° 0063, 15 mars 2016.

²⁵Selon l'art. 44 de la loi n° 2016-297 du 14 mars 2016 relative à la protection de l'enfant, *JORF* n° 0063, 15 mars 2016 : les viols, les agressions sexuelles, les atteintes sexuelles sont qualifiés d'incestueux lorsqu'ils sont commis sur la personne du mineur par « 1° un ascendant ; 2° un frère, une sœur, un oncle, une tante, un neveu ou une nièce ; 3° le conjoint, le concubin d'une des personnes mentionnées aux 1° et 2° ou le partenaire lié par un pacte civil de solidarité avec l'une des personnes mentionnées aux mêmes 1° et 2°, s'il a sur le mineur une autorité de droit ou de fait ». Mais cette loi a été jugée « symbolique » puisqu'elle n'apportait pas une aggravation de la peine se contentant simplement de la constatation « incestueuse » des infractions et d'autre part, elle ne bénéficiait qu'aux victimes mineures excluant ainsi les victimes majeures alors que la majorité de la victime n'enlève en rien les liens familiaux qui peuvent exister entre cette dernière et l'auteur de l'acte.

²⁶Loi n° 2018-703 du 3 août 2018 renforçant la lutte contre les violences sexuelles et sexistes, *JORF* n° 0179, 5 août 2018.

²⁷Notamment l'infraction d'outrage sexiste (art. 621-1 du C. pén. français) et l'infraction de voyeurisme (art. 226-3-1 du C. pén. français).

²⁸Notamment l'extension de la matérialité du viol désormais défini comme pouvant être « commis sur la personne d'autrui ou sur la personne de l'auteur » ; la redéfinition de la contrainte morale qui peut résulter de la différence d'âge existant entre la victime et l'auteur des faits et de l'autorité de droit ou de fait que celui-ci exerce sur la victime et que cette autorité de fait pouvant être caractérisée par une différence d'âge significative entre la victime mineure et l'auteur majeur (concerne tous les mineurs) ; si la victime est mineure de 15 ans, la contrainte morale ou la surprise sont caractérisées par l'abus de vulnérabilité de la victime ne disposant pas du discernement nécessaire pour ces actes ; l'allongement de la prescription de l'action publique des infractions sexuelles sur les mineurs de 20 à 30 ans à partir de la majorité de la victime. Concernant l'inceste, la loi a étendu la qualification à toutes personnes sans distinction d'âge.

²⁹Loi du 21 mars 2022 modifiant le Code pénal en ce qui concerne le droit pénal sexuel, entrée en vigueur le 06 juin 2022.

³⁰Art. 417/18 du C. pén. belge.

des majeurs, le Code pénal belge évoque plutôt les actes à caractère sexuel intrafamiliaux non consentis,³¹ excluant ainsi ceux librement consentis entre personnes majeures.

Pour Madagascar, la prohibition de l'inceste est consacrée par l'article 335.3 du Code pénal. Introduit par la loi n° 2007-038 du 14 janvier 2008 sur la lutte contre la traite des personnes et le tourisme sexuel³², cet article dispose que : « *tout rapport sexuel entre proches parents ou alliés jusqu'au 3^{ème} degré inclus, en ligne directe ou collatérale, dont le mariage est prohibé par la loi ou tout abus sexuel commis par le père ou la mère ou un autre ascendant ou une personne ayant autorité parentale sur un enfant est qualifié d'inceste* ». L'année 2007 a été marquée par l'adoption de plusieurs réformes législatives³³ entreprises surtout dans un objectif de mise en conformité de la législation malgache avec les dispositions des différents instruments internationaux ratifiés par Madagascar³⁴ et surtout dans un souci d'égalité entre homme et femme³⁵ et de protection de l'enfant³⁶. Cette loi sur la lutte contre la traite des personnes et le tourisme sexuel s'inscrivait dès lors dans cette perspective³⁷. Toutefois, cette loi a été réformée par la loi n° 2014-040 du 20 janvier 2015 sur la lutte contre la traite des êtres humains. Cette réforme a été surtout entreprise dans le but d'intégrer toutes les situations de traite qui n'ont pas été prévues par la loi de 2007³⁸ et concrétise les instruments juridiques internationaux ratifiés par Madagascar³⁹. Elle a également été instaurée pour mieux appréhender et démanteler les réseaux de traite des personnes ainsi que pour une meilleure protection des victimes⁴⁰. À cet effet, une nouvelle catégorie de personnes vulnérables, qui regroupe les enfants et les femmes, est reconnue. Les dispositions relatives à l'inceste n'ont pas été retouchées par cette loi, celles de 2007 demeurent alors en vigueur.

Avant l'inscription de l'inceste dans le Code pénal malgache par la loi n° 2007-038 sur la lutte contre la traite des personnes et le tourisme sexuel, celui-ci n'était pas moins appréhendé. Sans l'évoquer expressément, le Code pénal le réprimait à travers les circonstances aggravantes des infractions sexuelles commises à l'égard des enfants. Ainsi, le viol et les attentats à la pudeur (avec ou sans violence) étaient aggravés s'ils sont commis par les ascendants sur la personne d'un mineur.

³¹L'art. 417/19 du C. pén. belge dispose que : « on entend par actes à caractère sexuel intrafamiliaux non consentis les actes à caractère sexuel non consentis commis par un parent ou allié ascendants ou descendants en ligne directe, par un parent ou allié en ligne collatérale jusqu'au troisième degré, par un partenaire ou toute autre personne occupant une position similaire au sein de la famille des personnes précitées » ; V. à ce propos, N. Colette-Basecqz, et E. Bourcelet, « Les actes sexuels intrafamiliaux non consentis, l'exploitation sexuelle des mineurs et la prostitution », in T. Bayet, et N. Colette-Basecqz, (dir.), *op. cit.*, p.83-98.

³²Loi n° 2007-038 du 14 janvier 2008 modifiant et complétant certaines dispositions du Code pénal sur la lutte contre la traite des personnes et le tourisme sexuel, *JO* n° 3173, 19 mars 2008, p. 1187. Toutefois les dispositions de cette loi, notamment celles relatives à la traite des personnes ont été modifiées par la loi n° 2014-040 du 20 janvier 2015 sur la lutte contre la traite des êtres humains, *JO* n° 3614, 13 avril 2015, p.2080-2090. Celles relatives à l'inceste demeurent en vigueur.

³³Notamment l'adoption de la loi n° 2007-022 du 20 août 2007 relative au mariage et aux régimes matrimoniaux, *JO* n° 3163, 28 janvier 2008, p. 131 et de la loi n° 2007-023 du 20 août 2007 sur les droits et la protection des enfants, *JO* n° 3163, 28 janvier 2008, p. 158.

³⁴Notamment la Convention sur l'Élimination des Discriminations à l'égard des Femmes (CEDEF), ratifiée par Madagascar le 17 mars 1989, et la Convention sur les droits de l'enfant (CIDE), ratifiée par Madagascar le 19 mars 1991.

³⁵Cas de la loi sur le mariage et les régimes matrimoniaux.

³⁶Cas de la loi sur les droits et la protection de l'enfant et insidieusement, celle sur le mariage et les régimes matrimoniaux et enfin celle sur la lutte contre la traite des personnes et le tourisme sexuel.

³⁷Exposé des motifs de la loi n° 2007-038 du 14 janvier 2008 modifiant et complétant certaines dispositions du Code pénal sur la lutte contre la traite des personnes et le tourisme sexuel, *JO* n° 3173, 19 mars 2008, p. 1187.

³⁸Selon cette nouvelle loi sur la traite des êtres humains, celle-ci couvre désormais l'exploitation de la prostitution d'une personne ou d'un groupe de personnes, l'exploitation du travail domestique, le travail forcé et des pratiques analogues à l'esclavage, le mariage forcé, la vente de personnes, l'adoption illégale, la servitude pour dette civile, l'exploitation de la mendicité d'autrui, le trafic d'organe, ainsi que l'exploitation sexuelle des enfants à des fins commerciales. (Article 1 de la loi n°2014-040 du 20 janvier 2015 sur la lutte contre la traite des êtres humains, *JO* du 13 avril 2015, n° 3614, p.2080-2090).

³⁹V. Exposé des motifs de la loi n°2014-040 du 20 janvier 2015 sur la lutte contre la traite des êtres humains, *JO* du 13 avril 2015, n° 3614, p. 2080-2090.

⁴⁰*Ibidem*.

Par ailleurs, il est intéressant de soulever la récente réforme du Code pénal malgache par la loi n° 2024-001 qui modifie le régime des peines afflictives et infamantes en introduisant la peine de castration lorsqu'un viol sur un mineur a été commis. Bien que la réforme ne vise pas expressément l'inceste, celui-ci se trouve nécessairement impacté dans l'éventualité d'un viol commis par un membre de la famille de la victime. D'ailleurs, cette nouvelle loi a révisé l'article 333 du Code pénal malgache concernant les circonstances aggravantes des attentats aux mœurs en apportant une précision sur les ascendants coupables, les étendant désormais à tous les degrés, alors qu'auparavant le Code pénal malgache ne mentionnait que les ascendants d'une manière générale.

La définition de l'inceste établie par le Code pénal appelle deux principales observations. D'abord, celui-ci réprime toute relation sexuelle même consentie entre personnes majeures du moment qu'elles font partie de la catégorie des personnes visées dans la première partie de l'article 335.3 (I). Ensuite, il associe l'inceste à l'abus sexuel des enfants par leurs ascendants, ce qui dénote une volonté de protection assez forte à leur égard (II).

I) La prohibition de l'inceste consenti entre personnes majeures

Selon l'article 335.3 du Code pénal malgache, « *tout rapport sexuel entre proches parents ou alliés jusqu'au 3^e degré inclus, en ligne directe ou collatérale, dont le mariage est prohibé par la loi [...] est qualifié d'inceste* ».

La lecture de cette disposition permet d'une part de dégager les éléments constitutifs de l'infraction d'inceste à savoir l'exigence d'un rapport sexuel, d'un lien de sang ou d'alliance entraînant la prohibition du mariage (A), et d'autre part, de relever que le consentement n'a pas sa place dans l'infraction d'inceste (B).

A) Les éléments constitutifs de l'inceste entre adultes

Quand on évoque l'inceste, généralement on fait référence aux relations sexuelles entre membres de la même famille. Présenté ainsi, il est donc « *consubstantiel à la famille* »⁴¹ et ne peut s'en détacher. Cependant, on ne peut concevoir une notion uniforme ou universelle de la famille. Chaque société a sa propre conception conformément à ses valeurs culturelles. Mais d'une façon générale, elle se constitue d'« *un groupe de personnes unies par des liens particuliers* »⁴². Ces liens peuvent être fondés par la parenté – la famille par le sang –, ou par l'alliance – la famille par alliance. C'est à ces deux figurations familiales que la plupart des pays se réfèrent généralement lorsqu'elle conçoit l'inceste.

Si au Canada, il ne peut y avoir inceste que lorsque les personnes entretenant une relation sexuelle sont liées par le sang⁴³, donc la famille par le sang, dans d'autres pays, l'inceste peut exister dans le cadre d'une famille par le sang, mais également dans le cadre de celle par alliance.

⁴¹D. Germain, *op. cit.* p. 606.

⁴²A.-M. Leroyer, *Droit de la famille*, PUF, 2011, p. 46 s., cité par B. Tacite, « le tiers en famille : du parent social au beau-parent statutaire », Thèse en vue de l'obtention de Doctorat en droit privé, Université des Antilles – Pôle Guadeloupe, 2019, p.13.

⁴³Selon l'art. 155(1) du C. criminel canadien : « Quiconque sachant qu'une autre personne, par les liens du sang, son père ou sa mère, son enfant, son frère, sa sœur, son grand-père, sa grand-mère, son petit-fils ou sa petite-fille, selon le cas, a des rapports sexuels avec cette personne ».

En France, depuis la récente réforme du Code pénal, les agressions sexuelles et les viols sont qualifiés d'incestueux lorsqu'ils sont commis par la famille unie par le sang (un ascendant, un frère, une sœur, un oncle, une tante, un grand-oncle, une grand-tante, un neveu ou une nièce), mais également par la famille unie par les liens sociaux (le conjoint, le concubin ou le partenaire lié par un PACS d'une des personnes citées ci-dessus lorsqu'il a sur la victime une autorité de droit ou de fait)⁴⁴.

À Madagascar, le Code pénal fait référence non seulement à la famille par le sang, mais aussi celle par alliance jusqu'au 3^{ème} degré.

À cet effet, l'article 335.3 du Code pénal malgache évoque les proches parents ou alliés en ligne directe ou collatérale jusqu'au 3^e degré.

La parenté unit les personnes dont l'une descend de l'autre (parenté en ligne directe) ou qui descendent toutes d'un auteur commun (parenté en ligne collatérale)⁴⁵ ; l'alliance quant à elle, unit les personnes par un engagement de vie commune, c'est-à-dire le mariage, ainsi que le PACS pour le droit français.

Le degré de parenté ou d'alliance se mesure de la même manière. En ligne directe, on compte autant de degrés qu'il y a de générations entre les personnes⁴⁶. En ligne collatérale, on cherche d'abord l'auteur commun puis on descend jusqu'à la personne concernée⁴⁷.

Dès lors, l'inceste concerne les rapports sexuels, en ligne directe, entre les parents et leurs enfants (premier degré), entre les grands-parents et leurs petits-enfants (deuxième degré) et enfin entre les grands-parents et leurs arrière-petits-enfants (troisième degré) ; en ligne collatérale, entre frère et sœur (deuxième degré) ainsi qu'entre oncle/tante et nièce/neveu (troisième degré).

Il est à remarquer que lorsque le Code pénal malgache fait référence aux liens de parenté par le sang ou par alliance, il ajoute une condition supplémentaire qui est la prohibition du mariage. En effet, il ne suffit pas, pour constituer l'inceste entre personnes majeures, que ces dernières soient liées (par la filiation ou par l'alliance), il faut que ces liens entraînent la prohibition du mariage. La répression de ce type d'inceste semble alors fondée sur la conception du droit civil de ce que représente l'inceste à savoir les empêchements au mariage⁴⁸. Conception qui est elle-même basée sur des considérations d'ordre moral représentées par les bonnes mœurs familiales, c'est-à-dire des valeurs familiales considérées par l'ensemble des individus comme essentielles.

Suivant cette logique, d'une part, si le mariage n'est pas prohibé par la loi, l'inceste ne serait pas alors constitué : c'est le cas du mariage entre cousins germains. En effet, la loi n° 2007-022 sur le mariage et les régimes matrimoniaux⁴⁹, en son article 9 prévoit les empêchements au mariage. Ce dernier dispose que : « *entre parents et alliés légitimes ou naturels, le mariage*

⁴⁴Art. 222-22-3 du C. pén. français.

⁴⁵F. Terré et D. Fenouillet, *Droit civil. Les personnes, la famille, les incapacités*, 7^e éd., Dalloz, 2005, p. 274.

⁴⁶Ainsi, entre le père et son fils, on compte le premier degré de parenté en ligne directe, à son petit-fils on compte le second.

⁴⁷Ainsi, un frère et une sœur sont au second degré, l'oncle et la nièce au troisième, les cousins germains au quatrième.

⁴⁸Qui entraîne par la suite l'interdiction de l'établissement du double lien de filiation.

⁴⁹Loi n° 2007-022 du 20 août 2007 relative au mariage et aux régimes matrimoniaux, JO n° 3163, 28 janvier 2008, p. 131.

est prohibé : 1) en ligne directe à tous degrés ; 2) en ligne collatérale, entre frère et sœur, oncle et nièce, tante et neveu » ; d'autre part, si par l'évolution des mœurs familiales, un mariage qui était prohibé ne l'est plus, il n'y aurait plus d'inceste⁵⁰.

De plus, l'article 335.3 du Code pénal malgache exige l'existence d'un rapport sexuel. L'élément matériel de cette infraction n'implique donc pas tout type de contact sexuel, mais seulement celui réalisant une pénétration sexuelle.

Le principe de légalité des délits et des peines qui implique une précision de la loi pénale ne permet pas une interprétation extensive de celle-ci. À cet effet, toute pratique sexuelle n'impliquant pas une pénétration sexuelle serait alors exclue des éléments matériels de ce type d'inceste. Par conséquent, les attouchements sexuels en sont écartés. Par contre, si on fait une analogie sur la définition du viol, qui implique également une pénétration sexuelle, les actes de pénétrations buccales ainsi que celles anales entreraient alors dans le cadre de l'inceste.

À juste titre, dans le souci de respecter cette précision de la loi pénale et également dans l'optique d'inclure tout type d'acte sexuel, le droit français, depuis la récente réforme, a étendu les éléments matériels des infractions sexuelles, spécifiquement ceux du viol, aux actes bucco-génitaux⁵¹. L'inceste dont pourrait être victime une personne majeure ne peut être qu'une surqualification du viol ou de l'agression sexuelle puisque l'inceste consenti ne constitue pas une infraction en droit pénal français, et celui envers une personne mineure est réprimé de façon autonome.

Si on se réfère au droit canadien, qui réprime également l'inceste consenti, l'acte matériel de « *rapport sexuel* » a pu être interprété par la jurisprudence canadienne, et ce de manière restrictive, n'incluant que l'acte de pénétration sexuelle « *même au moindre degré et bien qu'il n'y ait pas émission de semence* »⁵². Au départ, si la jurisprudence canadienne n'a considéré que l'inceste entre deux personnes de sexe opposé, excluant celui pouvant exister entre un père et son fils ou entre frères par exemple⁵³, désormais, la pénétration anale est considérée par la jurisprudence canadienne comme constitutive d'inceste et que ce dernier peut concerner deux personnes de même sexe⁵⁴.

B) Indifférence du consentement dans l'infraction d'inceste entre adultes

Le consentement, notion phare du droit des obligations, n'est appréhendé par le droit pénal qu'à travers les infractions sexuelles, notamment par le constat de son absence. En effet, ces dernières, pour qu'elles soient constituées, exigent l'absence de consentement par la preuve de la violence, contrainte, menace ou surprise. Ce faisant, il devient la ligne de démarcation entre le licite et l'illicite. Ainsi, la caractérisation de sa présence ou de son absence permet de

⁵⁰En droit allemand, bien que l'inceste consenti figure dans la section 12 du C. pén. allemand (*Strafgesetzbuch*) – StGB – concernant les crimes et délits contre l'état civil, le mariage et la famille, l'inceste est surtout réprimé pour des raisons d'ordre eugénique. Seules les relations sexuelles impliquant certains membres de la famille par le sang peuvent constituer l'inceste. Il n'est réprimé qu'entre un ascendant et descendant, et entre frères et sœurs biologiques. Il n'y a pas non plus d'inceste entre personnes de même sexe, ni entre membres de la famille adoptive, ni encore entre famille par alliance. V. à ce propos, J. Queudet et M. Thedieck, *op. cit.* p. 9 s.

⁵¹Art.222-23, art. 222-23-1, art. 222-23-2 du C. pén. français.

⁵²Affaire R. v. A.B.R., 2018. BCSC.2345, par. 123.(6), cité par M.-P, ROBERT, *op. cit.*, p. 1257.

⁵³Cité par M.-P, ROBERT, *ibid.*, p. 1258.

⁵⁴Directeur des poursuites criminelles et pénales c. M.G., 2014. QCCQ. 10602, cité par M.-P, ROBERT, *ibidem*.

distinguer les relations sexuelles des violences sexuelles⁵⁵. Cela s'illustre pleinement dans le droit contemporain qui est désormais basé sur un modèle consensuel alors qu'auparavant il était fortement empreint de la morale. Le consentement apparaît alors comme le seul critère de la sexualité légitime⁵⁶. Plus encore, le libre consentement est regardé comme la norme en matière de sexualité et devient la « *morale même de la sexualité* »⁵⁷ et ce en dépit du fait que l'activité sexuelle en question soit regardée comme choquante. On songe notamment aux pratiques sexuelles qui peuvent être interprétées comme portant atteinte à l'intégrité physique⁵⁸. Cette centralité du consentement s'est surtout développée à mesure que le droit à l'autonomie personnelle est reconnu. Ce dernier qui consiste à « *protéger, de façon générale et positive, un droit pour la personne d'effectuer certains choix pour elle-même* »⁵⁹, s'est épanoui grâce au droit au respect de la vie privée. Si l'on se réfère uniquement au droit européen, le droit à l'autonomie personnelle était surtout consacré pour la première fois par la Cour européenne des Droits de l'Homme dans son arrêt *Pretty c. Royaume-Uni*⁶⁰ et ce sur la base de l'article 8 de la Convention de sauvegarde des Droits de l'Homme et des Libertés fondamentales⁶¹.

Le consentement, « *base de l'activité sexuelle licite* »⁶², pilier du droit à l'autodétermination personnelle, est alors perçu positivement comme une expression de la liberté individuelle⁶³, spécialement la liberté sexuelle. En effet, celle-ci s'est progressivement affirmée comme une dimension fondamentale de l'autonomie individuelle et une composante du droit au respect de la vie privée⁶⁴, celle-ci inclut le droit de mener sa vie sexuelle comme on l'entend⁶⁵ notamment la possibilité d'entretenir des relations avec le partenaire de son choix et dans les conditions convenues avec ce dernier⁶⁶. Partant, le consentement devient alors le principal voire l'unique critère de la liberté individuelle en général⁶⁷ et la liberté sexuelle en particulier.

C'est dans cette perspective que l'inceste consenti n'est plus réprimé dans les pays qui mettent le consentement au centre de l'expression de la liberté sexuelle, à l'instar de la France qui ne réprime l'inceste entre adultes que lorsque le consentement fait défaut par la preuve de la violence, contrainte, morale ou surprise.

Cependant, faire du consentement « *l'unique critère de la liberté individuelle* »⁶⁸ donc de la liberté sexuelle, comporte un « *leurre* »⁶⁹ surtout s'agissant du cadre particulier de l'inceste. Un doute sur la légitimité du consentement peut être émis surtout lorsque la relation incestueuse est entretenue entre membres de la famille très proches ou encore lorsque les

⁵⁵C. Le magueresse, *Les pièges du consentement. Pour une redéfinition pénale du consentement sexuel*, Editions iXe, 2021 p.48.

⁵⁶D. Borillo et D. Lochak, *La liberté sexuelle*, PUF, 2005, p.3.

⁵⁷J-F. Chassaing, « Le consentement. Réflexions historiques sur une incertitude en droit pénal », in D. Borillo et D. Lochak, *ibid.*, p. 76.

⁵⁸Comme le sadomasochisme.

⁵⁹M. Fabre-Magnan, *L'institution de la liberté*, PUF, 2023, p.69.

⁶⁰CEDH 29 avril 2002, n° 2346102, *Pretty c. Royaume-Uni* : dans cette affaire une femme paralysée et souffrant d'une maladie dégénérative incurable demandait à ce que son mari puisse l'assister à se suicider.

⁶¹Art. 8 de la CEDH : « toute personne a droit au respect de sa vie privée et familiale, de son domicile et de sa correspondance »

⁶²J-F. Chassaing, *op. cit.*, p. 75.

⁶³C. Le Magueresse, *op. cit.*, p.93.

⁶⁴D. Borillo et D. Lochak, *op. cit.*, p.1.

⁶⁵*ibid.*, p.4.

⁶⁶D. Borillo, « Liberté érotique et "exception sexuelle", in D. Borillo et D. Lochak, *ibid.*, p. 48.

⁶⁷M. Fabre-Magnan, *op. cit.*, p.101.

⁶⁸*ibidem*.

⁶⁹Terme utilisé par M. Fabre-Magnan, *ibid.*, p. 77 s. : l'auteure critique l'exclusivité du consentement comme unique critère de la licéité des relations sexuelles. À cet effet, elle décrit le critère du consentement comme à double tranchant et peut se retourner contre les individus qu'il est censé soutenir, en les obligeant et en les déclarant responsable de ce qui leur arrive puisqu'ils ont consenti.

faits incestueux ont commencé dès l'enfance sans que cela ne soit découvert, et se poursuivent jusqu'à l'âge adulte. Si l'on met de côté les risques génétiques possiblement encourus, n'y aurait-il pas l'existence dans ce cas, d'une relation d'autorité entre les intéressés qui pourrait fausser l'intégrité du consentement ?

En réalité, l'indifférence du consentement dans l'infraction d'inceste se justifie par le fait que la valeur juridique protégée n'est pas la même que celle protégée dans les autres infractions qui prennent en compte l'existence du consentement. En effet, dans ces infractions, la valeur juridique protégée est la liberté sexuelle ou encore la protection de l'intégrité physique de la personne. Pour le cas de l'inceste, ce qui importe c'est l'observation de certaines mœurs familiales⁷⁰, c'est-à-dire la représentation des valeurs familiales considérées comme essentielles. En ce sens, la valeur juridique protégée par l'interdiction de l'inceste serait la protection de la famille. Elle est encore comprise dans l'opinion publique comme l'expression de la protection de la famille⁷¹, spécialement son intégrité et ce afin d'éviter la confusion des rôles qui résulterait des relations incestueuses⁷². D'autres avancent que ce serait la protection des membres vulnérables de la famille comme les enfants⁷³ et on ne peut qu'adhérer à cela surtout lorsque la forme la plus « *bruyante* » de l'inceste concerne les abus sexuels commis par les parents envers leurs enfants. Le Code pénal malgache le prévoit ainsi, spécialement lorsqu'un enfant est concerné⁷⁴.

II) L'inceste, un synonyme d'abus sexuel envers les enfants

Selon la deuxième partie de la définition fournie par l'article 335.3 du Code pénal malgache, « *tout abus sexuel commis par le père ou la mère ou un autre ascendant ou une personne ayant autorité parentale sur un enfant est qualifié d'inceste* ».

La lecture de cette disposition nous permet d'affirmer qu'elle concerne exclusivement les enfants, entendus dans le sens de mineur de moins de 18 ans conformément aux dispositions de la Convention internationale des droits de l'enfant et celles relatives au droit interne⁷⁵. Ensuite, que la manière dont on saisit l'inceste commis à l'égard des enfants passe par celle de l'abus sexuel. Et enfin, que les personnes susceptibles d'être poursuivies par ce type d'inceste semblent plus limitées par rapport à celles incluses dans la définition de l'inceste fournie par la première partie de l'article 335.3 du Code pénal malgache alors que l'esprit de la réforme de la loi était clairement dans le sens d'une protection accrue de l'enfant. Toutefois, la nouvelle loi réformant le Code pénal malgache vient contredire cette impression en portant une précision sur les circonstances aggravantes des attentats aux mœurs, notamment lorsque ceux-ci sont commis par les ascendants.

Partant, étudier ce type d'inceste ne saurait se faire sans s'interroger au préalable ce qu'implique un abus sexuel envers les enfants (A), et en circonscrivant par la suite les personnes susceptibles d'être concernées (B).

⁷⁰C'est le cas pour Madagascar puisque l'infraction d'inceste se trouve parmi la catégorie de celle contre les mœurs.

⁷¹J. Queudet et M. Thedieck, *op. cit.* p. 20.

⁷²M-P. Robert, *op. cit.*, p. 1271.

⁷³*Ibid.*, p. 1273 s.

⁷⁴Selon l'art. 335.3 du C. pén. malgache : « [...] tout abus sexuel commis par le père ou la mère ou un autre ascendant ou une personne ayant autorité parentale sur un enfant est qualifié d'inceste ».

⁷⁵Notamment la loi n° 2007-023 du 20 août 2007 sur les droits et protection des enfants, JO n° 3163, 28 janvier 2008, p.158.

A) Abus sexuels envers les enfants traduisant l'inceste

Comment peut-on définir l'abus sexuel sur enfant, quels peuvent-être ses éléments constitutifs, recouvre-t-il la même notion que les violences sexuelles ou encore l'exploitation sexuelle ? Tant de questions qui permettent de délimiter ce que l'on entend par abus sexuel sur enfant.

Issu de la loi n° 2007-038 du 14 janvier 2008 sur la lutte contre la traite des personnes et le tourisme sexuel, le terme « *abus sexuel* » n'en reçoit pas pour autant de définition. Celle-ci, par l'introduction de l'article 335.3 du Code pénal, l'évoque à propos de l'inceste sans en fournir ce qu'il implique exactement. De plus, la réforme de 2014 qui a modifié cette loi sur la traite ne l'aborde pas non plus. Celle-ci retient plutôt les notions d'abus d'une situation de vulnérabilité⁷⁶ et d'exploitation⁷⁷.

Dans le dictionnaire Le petit Robert de la langue française de 2021, le terme abus recouvre « *l'action d'abuser [d'une chose] ; usage mauvais, excessif ou injuste* ». Partant, l'abus sexuel sur enfant serait alors l'usage mauvais, excessif ou injuste d'un enfant sexuellement ? Ce rapprochement paraît extrême puisque cela sous-entendrait qu'il pourrait y avoir un usage non abusif ou normal d'un enfant sur le plan sexuel, même le terme usage est péjoratif s'agissant d'un enfant et laisse entrevoir une forme « *d'exploitation* ». Au regard de notre droit positif qui ne pose pas explicitement un âge de la « *majorité sexuelle* », toute relation sexuelle avec un enfant constitue une infraction, d'autant plus s'il s'agit d'une personne disposant d'une autorité de droit ou de fait envers l'enfant.

La Convention internationale des droits de l'enfant, quant à elle, préfère le terme de « *violences sexuelles* » à celui d'abus sexuel⁷⁸ traduisant ainsi sa gravité. Son article 19.1 aborde la protection de l'enfant contre les violences sexuelles pendant qu'il se trouve sous la garde de ses parents, de son ou de ses représentants légaux.

C'est la Convention de Lanzarote⁷⁹ qui fournit une définition des abus sexuels sur des enfants en son article 18 § 1 et qui recouvrent « *a) le fait de se livrer à des activités sexuelles avec un enfant qui, conformément aux dispositions pertinentes du droit national, n'a pas atteint l'âge légal pour entretenir des activités sexuelles ; b) le fait de se livrer à des activités sexuelles avec un enfant en faisant usage de la contrainte, de la force ou de menaces ; ou en abusant d'une position reconnue de confiance ou d'autorité ou d'influence sur l'enfant, y compris au sein de la famille ; ou en abusant d'une situation de particulière vulnérabilité de l'enfant, notamment en raison d'un handicap physique ou mental*

⁷⁶Selon l'art. 1 al. 8 de la loi n° 2014-040 du 20 janvier 2015 sur la lutte contre la traite des êtres humains, JO n° 3614, 13 avril 2015, p.2080-2090 : « L'expression "abus d'une situation de vulnérabilité" s'entend de l'abus de toute situation dans laquelle la personne concernée estime qu'elle n'a pas d'autre choix réel ni acceptable que de se soumettre incluant les situations suivantes :

- Entrée dans le pays de manière illégale ou dans les documents requis ; ou
- Etat de grossesse ou toute maladie ou déficience physique ou mentale, y compris la dépendance à une substance ; ou
- Capacité réduite à former des jugements étant enfant ou souffrant d'une maladie, d'une infirmité ou d'une déficience physique ou mentale ; ou
- Condition de survie précaire sur le plan social ».

⁷⁷Selon l'art. 1 al. 4 de la loi n° 2014-040 du 20 janvier 2015 sur la lutte contre la traite des êtres humains, JO n° 3614, 13 avril 2015, p. 2080-2090 : « L'expression "exploitation" s'entend de l'obtention d'avantages financiers ou autres au moyen de la réduction d'une personne à tout type de services, à la prostitution, à la servitude sexuelle ou autres ». Cette loi évoque entre autres l'exploitation sexuelle des enfants à des fins sexuelles et l'exploitation de la prostitution.

⁷⁸En tout cas dans sa version française, puisque la version anglaise évoque celui de « *sexual abuse* ».

⁷⁹Convention du Conseil de l'Europe sur la protection des enfants contre l'exploitation et les abus sexuels du 25 octobre 2007, STCE n°201.

ou d'une situation de dépendance ». Cette définition a l'avantage d'être assez large et de prendre en compte des situations dans lesquelles se trouve l'enfant vulnérable (jeune âge, usage de la force, menace, contrainte...) même dans le contexte de la famille.

Toutefois, la définition proposée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) nous paraît la plus expressive surtout dans le contexte de l'inceste. L'OMS considère que « *les abus sexuels consistent à associer un enfant à une activité sexuelle qu'il ne comprend pas entièrement sans qu'il puisse donner son consentement éclairé et sans qu'il ait été préparé par son développement à donner son consentement, ou qui constituent une violation à des lois et tabous en vigueur* »⁸⁰.

Dans cette définition, l'OMS évoque d'une part, une condition essentielle à l'accomplissement d'une activité sexuelle « *saine* » – un consentement éclairé – qu'un enfant ne peut exprimer sans discernement nécessaire, acquis à mesure qu'il grandit, d'autre part, elle se réfère à une violation des lois et tabous observés dans un pays. Ainsi, elle reconnaît l'existence d'une certaine normativité sexuelle inspirée des valeurs essentielles propres à chaque société, et qui interdit l'association des enfants à des comportements qui ne sont pas appropriés pour eux.

Quant à l'exploitation sexuelle des enfants, elle recouvre les mêmes comportements que ceux de l'abus sexuel sur enfant à la seule différence qu'elle sous-tend l'idée de contrepartie en échange de l'activité sexuelle avec l'enfant.

L'utilisation du terme « *abus sexuel* » par le législateur malgache présente l'avantage d'englober tout type de comportement sexuel avec ou sans utilisation de la contrainte, menace ou violence que ce soit avec contact ou sans contact. Le premier implique un contact sexuel avec l'enfant comme le fait d'entretenir une relation sexuelle avec celui-ci ; le second implique l'association de l'enfant à des activités sexuelles qui ne nécessitent pas forcément un contact avec l'abuseur, tel est le cas lorsque ce dernier laisse assister l'enfant à des activités sexuelles.

Néanmoins, l'assimilation de l'inceste à l'abus sexuel envers les enfants n'aurait-elle pas l'effet d'exacerber la fausse interprétation de l'inceste par l'opinion publique ? En effet, si l'on observe la réalité de l'inceste dépeinte par les médias⁸¹, celui-ci consisterait en des violences sexuelles sur enfant, ce qui n'est pas réellement représentatif de l'inceste. Même s'il est incontestable que la plupart des cas d'inceste relayés par les médias concernent des cas de violences sexuelles incestueuses⁸² sur mineur, on ne peut pas l'y réduire. Comme le souligne le Professeur Didier Guével, « *l'inceste n'est pas synonyme de violences sexuelles* »⁸³. Pour illustrer ses propos, ce dernier oppose le vol à l'effraction, affirmant que les deux ne sont pas synonymes et que l'un peut aller sans l'autre, et que de la même manière, il peut y avoir inceste sans violence et sans minorité⁸⁴.

⁸⁰OMS, *Rapport de la Consultation sur la Prévention de la Maltraitance de l'Enfant*, Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1999, p. 15.

⁸¹<https://www.linfo.re/ocean-indien/madagascar/de-plus-en-plus-d-enfants-sont-victimes-d-inceste-a-madagascar>, [consulté le 30 octobre 2023] : d'après cette chronique, de plus en plus d'enfants sont victimes d'inceste à Madagascar.

⁸²« 80% des cas de violences sexuelles mineur sont incestueux », rapporte une chronique journalière, <https://newsmada.com/2023/04/12/violences-sexuelles-sur-mineur-80-des-cas-sont-incestueux/>, [consulté le 30 octobre 2023].

⁸³D. Guével, « Les enfants nés d'un inceste », *Revue Lexsociété*, 2023, 0.61953/lex.3343 hal-03953317, p. 3

⁸⁴*Ibidem*.

Toutefois, on peut comprendre l'intention du législateur malgache qui veut envoyer un message fort et souligner ainsi la gravité des comportements commis à l'égard d'un enfant dans le cocon familial, celui censé le protéger contre toutes formes de violences y compris sexuelles.

Dans le même ordre d'idée, la récente réforme du Code pénal malgache témoigne également de cette volonté de protection renforcée des enfants en introduisant la peine de castration pour les viols commis sur les mineurs. L'ambition affichée par le législateur est clairement de « *neutraliser les prédateurs sexuels* »⁸⁵. Bien que le viol sur mineur ne soit pas représentatif de l'abus sexuel des enfants, il demeure cependant sa forme la plus grave et la plus médiatisée.

La réforme ne concerne pas la matérialité du viol puisque les éléments constitutifs restent inchangés, mais plutôt les peines. Aux peines afflictives et infamantes a été rajoutée la peine de castration chimique ou chirurgicale. Sans remettre en question cette intention de protection du législateur, des doutes sur la pertinence de l'introduction de ces peines de castration peuvent être soulevés, surtout eu égard aux engagements internationaux pris par Madagascar⁸⁶ ainsi que des principes constitutionnels universellement établis. Suite à de nombreuses critiques et après le contrôle de constitutionnalité de ladite loi par la Haute Cour Constitutionnelle, seule la castration chirurgicale⁸⁷ a été maintenue, car jugée conforme à la Constitution et aux Conventions internationales ratifiées par le fait qu'il ne constitue pas un « *acte de torture et de traitement inhumain et cruel* »⁸⁸ et il peut « *être procédé à une telle intervention sans pour autant causer une douleur ou des souffrances aiguës, physiques ou morale* »⁸⁹. Cette décision de la Haute cour constitutionnelle reste sujette à de nombreuses critiques spécialement du fait que la castration chirurgicale pose un problème éthique et déontologique⁹⁰ pour les médecins qui seront appelés à pratiquer une telle intervention. Elle pourrait également aller à l'encontre du serment des médecins, lequel favorise la santé et le bien-être des patients.

Le législateur cherche à marquer l'opinion publique en adoptant des mesures sévères, cependant encourager une vengeance personnelle par une atteinte à l'intégrité physique de l'auteur apporterait-il un apaisement pour la victime ? D'autant plus que cette peine n'est pas cohérente par rapport à la définition même du viol. En effet, ce dernier est défini comme étant « *tout acte de pénétration sexuelle, de quelque nature que ce soit, par quelque moyen que ce soit, commis sur la personne d'autrui par violence, contrainte, menace ou surprise* »⁹¹. À cet égard, le viol peut être constitué par l'introduction d'un objet dans l'organe sexuel de la

⁸⁵Exposé des motifs de la loi n° 2024-001 du 26 février 2024 modifiant et complétant certaines dispositions du Code pénal malgache.

⁸⁶Notamment le Pacte international relatif aux droits civils et politiques ratifié par Madagascar le 21 juin 1971 et la Convention des Nations Unies contre la torture ratifiée par Madagascar le 13 décembre 2005 (donnant suite à l'adoption de la loi n° 2008-008 du 25 juin 2008 contre la torture et autres peines ou traitements cruels, inhumains ou dégradants).

⁸⁷La castration chimique a été retirée, car ayant un caractère temporaire et réversible et entre en contradiction avec l'objectif poursuivi par le législateur qui est de neutraliser définitivement les prédateurs sexuels et de diminuer le risque de récidive : art. 12 de la décision n°07-HCC/D3 du 23 février 2021 concernant la loi n° 2024-001 du 26 février 2024 modifiant et complétant certaines dispositions du Code pénal malgache.

⁸⁸Art. 13 de la décision n°07-HCC/D3 du 23 février 2021 concernant la loi n°2024-001 du 26 février 2024 modifiant et complétant certaines dispositions du Code pénal malgache.

⁸⁹*Ibidem*.

⁹⁰Selon l'art. 37 du Décret n° 2012-632 du 13 juin 2012 portant Code de déontologie médicale, JO n° 3447, 1 octobre 2012, p.2834 : « le médecin ne doit jamais participer à des actes de torture ou autre forme de traitements cruel, inhumains ou dégradants quels que soient les arguments invoqués (faute commise, accusation, croyance...) et ce dans toutes circonstances ».

⁹¹Art. 332 du C. pén. malgache

victime, et pas seulement par la pénétration sexuelle par un organe sexuel. Dans ce contexte, la peine de castration serait-elle cohérente avec l'objectif poursuivi par le législateur, ou ne constituerait-elle pas plutôt un acte de vengeance ?

Le droit français, quant à lui, au lieu du terme plus général d'abus sexuel, évoque plutôt le viol incestueux et l'agression sexuelle incestueuse sur mineur. Création de la loi n° 2021-478 du 21 avril 2021 visant à protéger les mineurs des crimes et délits sexuels et de l'inceste, ces nouvelles infractions concernent tous les mineurs contrairement aux nouveaux viols et agressions sexuelles sur mineur de 15 ans également créés par cette nouvelle loi. Les infractions sexuelles incestueuses présentent les mêmes éléments matériels que celles sur mineur de 15 ans et n'exigent pas, contrairement aux infractions sexuelles de base, la preuve d'une violence, contrainte, morale ou surprise pour prouver l'absence de consentement.

Ses éléments matériels sont plutôt explicites et recouvrent les actes de pénétration sexuelle de quelque nature qu'il soit, ou tout acte bucco-génital commis sur la personne d'autrui ou sur la personne du mineur pour le viol et les autres atteintes sexuelles autres que viol pour l'agression sexuelle.

B) Les personnes concernées par l'inceste à l'égard d'un enfant

Les personnes impliquées par l'inceste envers un enfant sont limitativement énumérées dans la seconde partie de l'article 335.3 du Code pénal malgache. Il s'agit du père ou de la mère ou d'un autre ascendant ou d'une personne ayant une autorité parentale sur l'enfant.

Par rapport à l'inceste entre adultes, les personnes impliquées dans celui à l'égard des enfants semblent être plus restreintes, étant limitées aux ascendants et à la personne titulaire de l'autorité parentale. Par définition, un ascendant représente l'auteur direct d'une personne, soit au premier degré (père, mère), soit à un degré plus éloigné dans la ligne paternelle ou maternelle (grands-parents paternels, grands-parents maternels, etc.)⁹². Par conséquent, les frères et sœurs ainsi que les oncles et tantes, qui sont des collatéraux, sont exclus de la liste des personnes concernées par l'inceste à l'égard de l'enfant.

L'ancienne version de l'article 333 du Code pénal malgache⁹³ sur les circonstances aggravantes des attentats aux mœurs, qui était encore d'application avant l'entrée en vigueur de la loi n° 2024-001 confirme cette analyse. En effet, il aborde seulement les ascendants de la personne sur laquelle a été commis l'attentat. Le nouvel article 333 du Code pénal malgache modifié par la loi de 2024, en voulant apporter une précision à la qualité et le degré de l'ascendant, n'a fait qu'ajouter une confusion quant aux personnes concernées. En effet, cet article dispose que : « *si les coupables sont les ascendants en ligne directe ou en ligne collatérale, à tout degré, de la personne sur laquelle a été commis l'attentat, [...], la peine sera celle de [...]* ». Les ascendants en ligne directe déjà évoqués ci-dessus n'appellent pas une interprétation particulière, mais qui sont exactement les ascendants en ligne collatérale ? Le législateur ne

⁹²G. Cornu, *Vocabulaire juridique*, Quadrige, Paris, PUF, 2018.

⁹³Celui issu de l'ordonnance n° 62-013 du 10 août 1962 modifiant ou complétant certains articles du Code pénal et tendant à simplifier la procédure en matière criminelle et correctionnelle. Selon cet article, « si les coupables sont les ascendants de la personne sur laquelle a été commis l'attentat, [...], la peine sera celle des travaux forcés à perpétuité dans le cas prévu à l'alinéa 1 de l'article 332, celle des travaux forcés à temps dans le cas prévu à l'alinéa 1 de l'article 331, à l'alinéa 3 de l'article 332, celle de 5 à 10 ans d'emprisonnement dans les cas prévus aux alinéa 3 de l'article 331 et 4 de l'article 332 ».

voulait-il pas évoquer plutôt la parenté en ligne collatérale ? Mais au lieu de substituer « *ascendant* » par « *parenté* », il s'est simplement contenté d'ajouter « *en ligne directe ou en ligne collatérale* ». Dans sa quête d'une répression sévère des viols intrafamiliaux⁹⁴, le législateur semble ne pas avoir été attentif dans l'exécution de celle-ci. En effet, si le législateur voulait élargir les personnes du milieu familial susceptibles d'être poursuivies dans le cadre d'un viol intrafamilial, la précision s'imposait puisque conformément au principe de la légalité des délits et des peines, et au principe de la précision de la loi pénale qui en découle, cette dernière est d'interprétation stricte. Privilégier une formulation claire et qui ne prête pas à confusion est alors de rigueur.

Il est également à remarquer que la loi en utilisant la conjonction de coordination « ou » ne pose pas une condition cumulative entre la qualité d'ascendant et la détention de l'autorité sur l'enfant. En effet, même si le père ou la mère ne disposent pas de l'autorité parentale, parce qu'il y a exercice unilatéral⁹⁵ ou déchéance⁹⁶ de celle-ci, ou encore parce que la filiation n'est pas légalement établie à l'égard du père⁹⁷, la qualité d'ascendant suffit pour constituer l'inceste et même si celle-ci est établie par la commune renommée⁹⁸.

Quant à la condition de l'autorité parentale, elle permet d'inclure les personnes dotées de la fonction parentale sans être les parents biologiques de l'enfant, mais dont la filiation est légalement établie. En effet, en se référant à l'autorité parentale, le Code pénal malgache marque l'importance du rôle des parents dans la protection de l'enfant. Il intervient ainsi pour sanctionner « *l'oubli des devoirs éducatifs les plus fondamentaux* »⁹⁹ de la part de ceux censés protéger l'enfant contre toutes formes de violence, car nul doute que l'inceste constitue une violence particulièrement grave envers un enfant, une violence qui n'est pas comparable psychologiquement à un viol ou à une agression sexuelle commise par une personne extérieure à la famille. L'inceste constitue une forme de violence à la fois singulière et particulièrement destructrice¹⁰⁰.

Toutefois, en ne reconnaissant que la seule autorité de droit, le Code pénal malgache exclut de cette liste, les personnes dans le cercle familial pouvant avoir une autorité de fait sur l'enfant. On songe notamment aux beaux-parents ou encore les frères et sœurs alors qu'ils peuvent exercer une fonction parentale auprès de l'enfant, même si cette fonction n'est pas

⁹⁴V. Exposé des motifs de la loi n° 2024-001 du 26 février 2024 modifiant et complétant certaines dispositions du Code pénal malgasy.

⁹⁵Exercice unilatéral de plein droit dans le cas de décès de l'un des parents (art. 20 de la loi n° 2007-023 du 20 août 2007 sur les droits et la protection des enfants, JO n° 3163, 28 janvier 2008, p. 158.) ou lorsque la filiation n'est établie qu'à l'égard de la mère (art. 21 de la loi n° 2007-023 du 20 août 2007 sur les droits et la protection des enfants, JO n° 3163, 28 janvier 2008, p. 158.) ; Exercice unilatéral exceptionnel dans l'intérêt de l'enfant prononcé par le juge des enfants (art. 19 al. 2 de la loi n° 2007-023 du 20 août 2007 sur les droits et la protection des enfants, JO n° 3163, 28 janvier 2008, p. 158).

⁹⁶Selon l'art. 22 de la loi n° 2007-023 du 20 août 2007 sur les droits et la protection des enfants, JO n° 3163, 28 janvier 2008, p. 158 : « Perd l'exercice de l'autorité parentale ou en est provisoirement privé celui des père et mère qui se trouve dans l'un des cas suivants :

- s'il est hors d'état de manifester sa volonté, en raison de son incapacité, de son-absence, de son éloignement ou de toute autre cause ;
- s'il a consenti une délégation de ses droits constatée par décision de justice ;
- s'il a été condamné sous l'un des divers chefs de l'abandon de famille, tant qu'il n'a pas recommencé à assumer ses obligations pendant une durée de six mois au moins ;
- si un jugement de retrait total ou partiel de l'autorité parentale a été prononcé contre lui ».

⁹⁷L'établissement du lien de filiation maternelle se fait par l'accouchement.

⁹⁸À l'image des empêchements aux mariages prévus par les art. 9 et 10 de la loi n° 2007-022 du 20 août 2007 relative au mariage et régimes matrimoniaux, JO n° 3163, 28 janvier 2008, p. 158. En cas d'absence d'établissement de la filiation légitime, les empêchements aux mariages peuvent être formés par l'établissement du lien de filiation par commune renommée.

⁹⁹A. Montas et G. Roussel, « La pénalisation explicite de l'inceste : nommer l'innommable », *Archives de politique criminelle*, n° 32, 2010, p. 308.

¹⁰⁰*Ibid.*, p. 307.

légalement établie. À cet égard, les abus sexuels commis par ces personnes ne pourront pas être poursuivis au titre de l'inceste.

En droit français, à l'exception de l'ascendant qui n'a pas besoin d'une autorité sur l'enfant pour constituer une infraction sexuelle incestueuse, les autres personnes dans le cercle familial de l'enfant doivent avoir une autorité de droit ou de fait pour être susceptibles de commettre d'infractions sexuelles incestueuses. Il s'agit du frère, de la sœur, de l'oncle, de la tante, du grand-oncle, de la grand-tante, du neveu ou de la nièce ; ainsi que leurs conjoint, concubin ou partenaire lié par un pacte civil de solidarité¹⁰¹. La nouvelle liste des personnes concernées est plutôt claire et limitative pour répondre au principe de la précision de la loi pénale, car dans l'ancienne loi de 2010 qui avait introduit l'inceste dans le Code pénal français, celle-ci était plutôt vague, ce qui avait conduit par l'annulation de cette loi.

Dans la logique des développements précédents, on peut avancer que l'esprit de la répression de l'inceste appréhendé comme un abus sexuel envers un enfant n'est plus seulement regardé comme une atteinte aux mœurs, à l'instar de l'inceste entre adultes, mais surtout comme une atteinte à l'intégrité physique de l'enfant puisqu'aucun enfant ne peut consentir à un inceste. Plus encore, il peut être envisagé comme une protection d'un membre vulnérable de la famille, l'enfant étant « *la partie faible de la relation familiale* »¹⁰². Assimiler l'inceste envers un enfant à l'abus sexuel permet alors de souligner sa particulière gravité et de « *considérer la spécificité des actes scandaleux commis au sein de la cellule familiale* »¹⁰³, laquelle devrait demeurer « *un lien d'élaboration de l'identité de la personne humaine, tant sur le plan psychique, sexuel, que social* »¹⁰⁴.

Conclusion :

L'étude de l'article 335.3 du Code pénal malgache nous conduit à formuler certaines observations, notamment en ce qui concerne sa clarté et sa compréhension.

La lecture de l'article laisse comprendre qu'il y a deux types d'infractions d'inceste : un délit lorsqu'il touche deux personnes majeures et un crime lorsqu'il concerne un enfant, ce qui est cohérent avec l'esprit de la réforme introduisant l'inceste dans le Code pénal malgache, qui est la protection de l'enfant. Mais ce qui peut prêter à confusion c'est le fait que l'article ait opéré une énumération différente concernant les personnes visées pour les deux types d'inceste et, celles pour l'inceste entre majeurs paraissent plus étendues que celles pour l'inceste à l'égard des enfants laissant de côté les autres personnes du cercle familial comme les frères et sœurs par exemple. Peut-être que l'esprit de la répression de l'inceste en tant qu'abus sexuel envers un enfant se penche plutôt pour une répression de l'abus d'autorité d'un parent envers un enfant ?

En tout cas, pour une lecture simple et intelligible de la répression de l'inceste par le Code pénal malgache, peut-être aurait-il fallu poser une définition générale de l'inceste en

¹⁰¹Art. 222-23-2 du C. pén. Français.

¹⁰²M. Beague, « L'enfant confronté à de la violence intrafamiliale : le droit protège-t-il les faibles ou les forts ? », in G. Mathieu et al., *L'étranger, la veuve et l'orphelin...Le droit protège-t-il les plus faibles ?* Liber amicorum Jacques Fierens, Collection de la Faculté de droit de l'UNamur, Larcier, 2020, p. 134.

¹⁰³A. Montas et G. Roussel, *op. cit.*, p. 303.

¹⁰⁴A., Batteur, « L'interdit de l'inceste », *RTD Civ*, 2000, p. 759, cité par, H. Conte, *op. cit.*, p. 21.

fournissant une liste unique des personnes du cercle familial concernées par celui-ci, par la suite la distinction se fera à travers les peines prononcées plutôt que de donner deux définitions différentes et de faire l'amalgame entre inceste et abus sexuel sur enfant, notion d'autant plus insaisissable que celui d'inceste. Cela aurait le mérite de clarifier les comportements incriminés et de fournir une seule liste des personnes visées.

La récente réforme du Code pénal malgache par la loi de 2024, qui modifie le régime de la répression du viol sur mineur, ajoute encore plus de confusion quant à ces personnes visées. Si l'on peut se référer à l'article 333 du Code pénal malgache sur les circonstances aggravantes des attentats aux mœurs lorsqu'il s'agit d'un viol commis par un membre du cercle familial de la victime, certes le degré de parenté a été étendu, mais l'erreur sémantique opérée par le législateur – mentionnant l'ascendant en ligne collatérale au lieu de parenté en ligne collatérale – ne permet pas d'établir avec certitude la liste des personnes concernées par le viol intrafamilial.

Selon nous, il aurait fallu profiter de cette réforme pour uniformiser les infractions sexuelles commises sur un mineur, surtout lorsque l'auteur fait partie du cercle familial de ce dernier. En effet, l'infraction d'inceste et le viol sur mineur aggravé par la qualité d'ascendant de l'auteur coexistent ensemble dans le Code pénal malgache alors que ce dernier peut être constitutif du premier. Ceci étant, le juge aura alors le choix entre deux qualifications qui représentent les mêmes éléments matériels. Soit il va se prononcer sur le viol, soit il va se prononcer sur l'inceste.

Au risque d'une interprétation erronée de la loi pénale, la lisibilité et la clarté de celle-ci sont de rigueur.

En outre, la répression de l'inceste consentie entre personnes majeures conduit, du moins pour une partie, à la précarité des situations des enfants pouvant naître de l'inceste, puisque le droit positif actuel ne réalise pas l'égalité des enfants notamment par l'interdiction de l'établissement des liens de filiation faisant apparaître l'inceste contrairement à certains droits étrangers qui répriment également l'inceste même consenti¹⁰⁵.

¹⁰⁵En droit allemand par exemple, malgré la répression de ce dernier, rien n'empêche l'établissement de la filiation à l'égard des deux parents conformément au principe de non-discrimination des enfants établi par la Convention internationale des droits de l'enfant. V. à ce propos, J. Queudet et M. Thedieck, *op. cit.*, p. 5.

Étude des risques de rupture de cuves nucléaires irradiées âgées par chocs froids sous pression accidentels

Thierry de LAROCHELAMBERT

Chercheur associé à l'Institut FEMTO-ST (CNRS-UMR6174),
Département Énergie, Université de Franche-Comté.

Résumé : L'amélioration des méthodes d'investigation expérimentale et de simulation numérique du vieillissement thermique sous irradiation des matériaux nucléaires, et plus particulièrement des aciers faiblement alliés et des internes de cuves nucléaires, permet aujourd'hui de mieux connaître et évaluer l'évolution de leur fragilisation mécanique sous l'effet des séquences de flux neutronique et des contraintes thermomécaniques pendant toute la durée de service des réacteurs nucléaires.

D'autre part, la prévision des conséquences d'éventuels chocs froids sous pression, susceptibles de survenir accidentellement dans un réacteur nucléaire âgé encore en service, et en pleine puissance est désormais plus accessible et de plus en plus réaliste, grâce à l'amélioration des méthodes de calcul de dynamique des fluides couplées aux simulations numériques du comportement thermo-élasto-mécanique des alliages métalliques, de la dynamique neutronique et de ses impacts aux échelles nano, méso et méta des structures impactées.

Cependant, la chaîne d'accumulation des incertitudes tout au long du processus d'évaluation de la fragilisation des matériaux d'une part, et du déroulement accidentel d'un éventuel choc froid sous pression d'autre part, conduit à interroger la validité et l'incertitude de l'évaluation des facteurs de marge résiduels garantissant l'absence de risque de rupture de cuve nucléaire lors d'un tel choc, et par conséquent la sécurité du réacteur en cas de prolongation de service supplémentaire sur une durée déterminée.

Cet article présente dans une première partie l'état de l'art des dernières recherches internationales sur l'accélération du vieillissement des aciers faiblement alliés aux fluences neutroniques élevées. Il détaille ensuite les méthodes de calcul et de simulation numérique les plus récentes de rupture de cuves nucléaires irradiées et fragilisées au cours de séquences possibles de chocs froids sous pression. Dans une troisième partie, il expose en détail les résultats obtenus au cours du travail de recherche présenté ici sur l'évaluation des risques et incertitudes cumulées de rupture des cuves nucléaires 900 MWe les plus âgées et fragilisées en France en fonction de leurs éventuelles prolongations de service au-delà de 40 années. Il interroge enfin les implications morales et juridiques des personnes morales et physiques quant aux décisions de prolongation de service de réacteurs nucléaires âgés dont les cuves pourraient présenter des facteurs de marge insuffisants en cas de chocs froids sous pression accidentels.

Mots-clés : vieillissement thermique ; irradiation ; ténacité ; facteur d'intensité des contraintes ; rupture de cuve nucléaire à eau pressurisée ; choc froid sous pression ; démantèlement ; prolongation de service.

Abstract: *Improved methods of experimental investigation and numerical simulation of thermal ageing under irradiation of nuclear materials - and in particular of low-alloy steels and internals of nuclear vessels - now allow us to better understand and evaluate the evolution of their mechanical embrittlement under the influence of neutron flux sequences and thermomechanical stresses during the service life of nuclear reactors.*

On the other hand, the prediction of the consequences of possible pressurized thermal shocks (PTS), likely to occur accidentally in an older nuclear reactor still operating at full power, is now more accessible and increasingly realistic, thanks to improved computational fluid dynamics codes coupled with numerical simulations of the thermo-elasto-mechanical behavior of metal alloys, neutron dynamics and its effects on the nano-, meso- and meta-scales of the affected structures.

However, the accumulation of uncertainties throughout the process of assessing i) the embrittlement of materials; ii) the accidental course of a possible pressurized thermal shock, leads us to question the validity and uncertainty of the assessment of residual margin factors guaranteeing the absence of risk of nuclear vessel

fracture during such a shock, and consequently the safety of the reactor in the event of further service extension over a given period.

The first part of this paper reviews the recent international research on accelerated aging of low alloy steels at high neutron fluences. It then describes the latest computational and numerical simulation methods for the fracture of irradiated and embrittled nuclear vessels during possible sequences of pressurized thermal shocks. In the third part, the results obtained in the research work presented here on the assessment of the cumulative risks and uncertainties of failure of the oldest and most embrittled 900 MWe nuclear reactors in France, depending on their possible extension beyond 40 years of operation, are detailed. Finally, it examines the moral and legal implications for legal entities and individuals of decisions to extend the service life of older nuclear reactors whose vessels may have insufficient margin factors in the event of accidental pressurized thermal shocks.

Keywords: thermal ageing; irradiation; fracture toughness; stress intensity factor; reactor pressure vessel fracture; pressurized thermal shock; decommissioning; lifetime extension.

Sommaire :

1. Introduction
2. État de l'art des recherches récentes sur la fragilisation des aciers sous irradiation neutronique
 - 2.1. Revue des travaux expérimentaux et des modèles antérieurs de fragilisation des aciers de réacteurs nucléaires
 - 2.2. Avancées récentes sur le vieillissement des aciers sous irradiation neutronique
3. État de l'art des simulations de rupture de cuves irradiées par chocs froids sous pression
 - 3.1. Physique de la rupture de cuve nucléaire par choc froid sous pression
 - 3.2. Méthodes de simulation de la rupture de cuve par choc froid sous pression
 - 3.3. Récentes avancées en simulation numérique des ruptures de cuve par CFP
4. Évaluation des risques de rupture des cuves 900 MWe fragilisées
 - 4.1. Évaluation et incertitudes du vieillissement des aciers des cuves nucléaires
 - 4.2. Évaluation et incertitudes des chocs froids sous pression
 - 4.3. Évaluation et incertitudes des risques de rupture de cuves nucléaires 900 MWe
 - 4.4. Résultats d'analyse d'intégrité des cuves nucléaires 900 MWe
5. Conclusions

1. Introduction

Les récents progrès scientifiques réalisés par les laboratoires de recherche internationaux sur la fragilisation des matériaux irradiés ont permis de mieux mesurer et comprendre les mécanismes de leur vieillissement grâce à l'amélioration considérable des outils de détection et d'analyse à l'échelle atomique et à l'augmentation des puissances de calcul informatique pour la simulation numérique des déplacements atomiques dans les matériaux irradiés sous *flux neutroniques*¹. Ces évolutions ont aussi fortement accru la précision et l'étendue des codes de simulation numérique des séquences d'accidents de réacteurs nucléaires et des phénomènes de rupture de cuves nucléaires qu'ils peuvent engendrer lors de chocs froids sous pression (CFP, ou *PTS, pressurized thermal shocks*). Ces avancées

¹ *Flux neutronique* : l'énergie dégagée par le cœur (barres d'oxyde d'uranium enrichi) au centre d'une cuve nucléaire provient de la réaction en chaîne de fission des noyaux d'uranium U235 (92 protons, 143 neutrons) qui se cassent en noyaux plus légers (*produits de fission* radioactifs) par absorption des *neutrons* n produits en permanence par ces réactions de fission, par exemple : $^{235}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{94}\text{Sr} + {}^{140}\text{Xe} + 2\,{}^1_0\text{n} + \gamma$ (photon *gamma*).

Il en résulte un flux permanent de neutrons s'échappant du cœur et traversant la cuve (nombre de neutrons par seconde à travers chaque cm² de surface de cuve).

ont été largement abordées et décrites très récemment lors d'un colloque du CERDACC² de l'Université de Haute-Alsace sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires civiles, et publiées dans les actes de ce colloque^{3,4}.

Les derniers travaux publiés sur ces questions dans les revues scientifiques internationales à comité de lecture confirment et étendent encore ces avancées en apportant des données expérimentales supplémentaires renforcées par apprentissage automatique (*machine learning*) sur les relations entre les concentrations de précipités d'atomes alliés déplacés par les flux neutroniques, le durcissement des *aciers*⁵ par irradiation et les *fluences*⁶ neutroniques reçues, autorisant une prédiction accrue de la fragilisation des cuves nucléaires aux fluences élevées lors de la prolongation de service des réacteurs nucléaires.

Par ailleurs, le parc nucléaire actuel en France, qui a été mis en service sur une période de 22 ans entre 1977 et 1999, est âgé et fragilisé (cuves irradiées avec fissures détectées et/ou non détectées, générateurs de vapeur corrodés, dégradation thermique des coudes moulés, corrosion sous contraintes des conduits de circuits de refroidissement d'injection de secours et de réacteur à l'arrêt, etc.). Ce vieillissement général devient problématique et rend le parc nucléaire de plus en plus vulnérable à des événements externes (sécheresses, canicules, inondations, submersions, séismes) et à des défaillances de fonctionnement d'origine matérielle ou humaine. L'indisponibilité croissante de nombreux réacteurs nucléaires en France (jusqu'à 32 réacteurs à l'arrêt en août 2022 sur les 56 réacteurs en service, 64 % de la puissance nucléaire installée)⁷ conduit à des coûts de réparation, maintenance et remplacement croissants des équipements nucléaires (à l'exception des cuves, non remplaçables), au recours accru aux importations d'électricité européenne et à la mise en route de centrales électriques d'appoint à combustibles fossiles, du fait des retards accumulés dans la mise en place des systèmes énergétiques renouvelables nécessaires. La *baisse du facteur de charge*⁸ global du parc nucléaire en France, inhérente au déploiement progressif des productions d'électricité renouvelable et de cogénération, à l'amélioration de l'efficacité des équipements électriques et à la mise en place des politiques de sobriété énergétique en France, se voit renforcée par le vieillissement du parc électronucléaire du fait de la part prépondérante initiale de la production électrique d'origine nucléaire en France (Fig. 1). Elle peut être partiellement compensée par une politique de *renforcement des exportations d'électricité* et de production très coûteuse et subventionnée d'*hydrogène d'électrolyse*⁹, dont l'efficacité énergétique est cependant très faible dans les transports (22 % pour un véhicule à hydrogène, contre 85 % pour les véhicules électriques) et la production de chaleur^{10,11}

² Centre européen de recherches sur le Risque, le Droit des Accidents collectifs et des Catastrophes. <https://www.cerdacc.uha.fr/>

³ De Larochelambert T (2020). *Sûreté, démantèlement et prolongation de fonctionnement des réacteurs nucléaires & transition énergétique*. Sûreté et sécurité des installations nucléaires civiles, p 85-147. Editions Mare & Martin, Droit de la sécurité et de la défense. Direction Muriel Rambour. ISBN 978-2-84934-536-8. <https://www.mareetmartin.com/livre/surete-et-securite-des-installations-nucleaires-civiles>.

⁴ De Larochelambert T (2019). *Vieillessement des aciers sous irradiation – Risques de rupture des cuves des réacteurs nucléaires*. Global Chance. https://global-chance.org/IMG/pdf/vieillessement_aciers_et_cuves_nucleaires_projet_scientifique_fessenheim1_prtdl_colloquercerdacc_uha_22-11-2019.pdf.

⁵ Les *aciers* (alliages fer-carbone) utilisés pour la fabrication des cuves elles-mêmes sont des aciers particuliers, enrichis d'éléments chimiques en faibles concentrations et choisis pour donner aux aciers des propriétés mécaniques intéressantes (bonne soudabilité, résistance à la traction, aux chocs, à la corrosion et à l'irradiation Cf. Réf. 2 et 3, § 2.1.3).

⁶ *Fluence* : c'est le nombre total de neutrons reçus par unité de surface de la paroi interne de la cuve (surtout celle de la virole de cœur) depuis le démarrage du réacteur jusqu'à l'instant considéré. On la calcule par intégration du *flux* neutronique sur toute cette durée.

⁷ RTE. *Bilan électrique 2022*. <https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-synthese>.

⁸ *Facteur de charge* : rapport de l'énergie électrique produite (à puissance réelle) pendant une durée donnée à l'énergie électrique potentiellement produite pendant la même durée (à puissance nominale).

⁹ Cany C, Mansilla C, da Costa P, Mathonnière G (2017). *Adapting the French nuclear fleet to integrate variable renewable energies via the production of hydrogen: Towards massive production of low carbon hydrogen?*. International Journal of Hydrogen Energy 42, 13339-13356. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.01.146>.

¹⁰ Hauglustaine D, Paulot F, Collins W, Derwent R, Sand M, Boucher O (2022) Climate benefit of a future hydrogen economy, Communications Earth Environment 3, 295, <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00626-z>.

¹¹ Ocko IB, Hamburg SP (2022). *Climate consequences of hydrogen emissions*. Atmospheric Chemistry and Physics. 22, 9349-9368. <https://doi.org/10.5194/acp-22-9349-2022>, 2022.

(hydrogène mélangé au gaz naturel), et dont le pouvoir de décarbonation des industries fortement émettrices est relativement restreint¹².

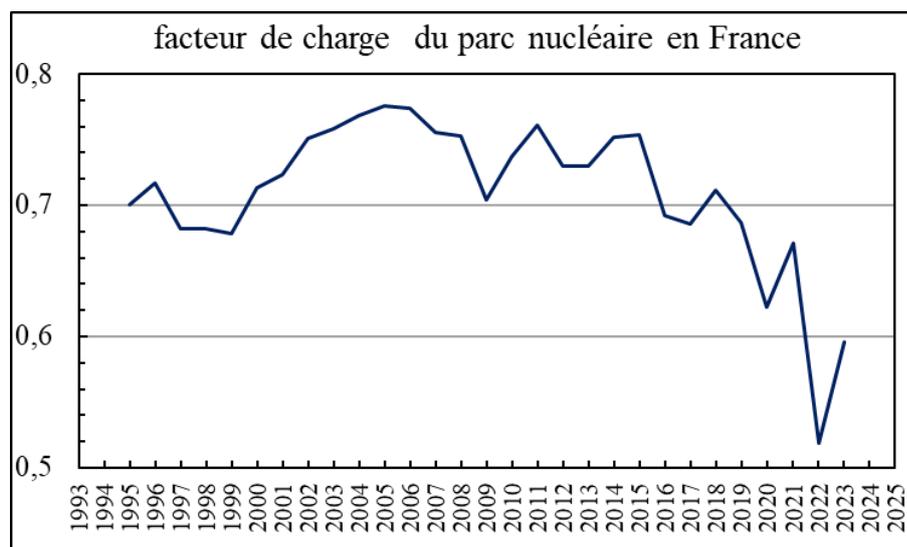


Fig. 1. Évolution du facteur de charge moyen annuel du parc nucléaire en France (d'après RTE).

Le déploiement accéléré et important des productions électriques renouvelables variables (éolien, photovoltaïque) et des *systèmes énergétiques renouvelables intelligents* (SERI)¹³, indispensable à la baisse des coûts de l'électricité et à l'abaissement rapide des émissions de gaz à effet de serre (GES), peut entraîner la modulation de puissance plus fréquente et plus ample des réacteurs nucléaires utilisés pour le *suivi de charge*¹⁴ du réseau de transport électrique si l'installation simultanée des unités de cogénération renouvelable et de stockages multi-énergies multi-échelles n'est pas mise en œuvre. Les limitations du parc nucléaire actuel à la manœuvrabilité pour le suivi de charge (relâchement d'*eaux boriquées*¹⁵, fissuration de gaines combustible par interaction pastilles-gaine avec contamination du circuit primaire, vieillissement thermique sous contrainte des pressuriseurs et générateurs de vapeur, etc.)¹⁶ seraient alors de plus en plus sévères, ce qui pourrait accélérer encore le vieillissement du parc nucléaire, les arrêts intempestifs ou programmés des réacteurs les plus fragilisés, la baisse du facteur de charge moyen du parc et la hausse concomitante du prix du MWh nucléaire.

Hormis le recours à une production d'hydrogène assez problématique, plusieurs solutions robustes sont envisageables et peuvent être combinées pour prévenir ces risques, dont :

¹² Korberg AD, Thellufsen JZ, Skov IR, Chang M, Paardekooper S, Lund H, Mathiesen BV (2022). *On the feasibility of direct hydrogen utilisation in a fossil-free Europe*. International Journal of Hydrogen Energy 48, 8, 2877-2891. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.10.170>.

¹³ De Larochelambert T (2023). *Le couplage intersectoriel intégré au cœur des Systèmes Énergétiques Renouvelables Intelligents – Contribution à la SFEC, Atelier Couplage Sectoriel*. https://global-chance.org/IMG/pdf/le_couplage_intersectoriel_integre_au_coeur_des_seri_pr_t_de_larochelambert_femto-st_sfec_mars_2023.pdf.

¹⁴ *Suivi de charge* : pour ajuster à chaque instant la puissance appelée par la demande d'électricité sur le réseau et la puissance produite par l'ensemble des équipements de production électrique connectés au réseau, les services de régulation et les producteurs d'électricité modulent la puissance électrique de ces équipements injectée sur le réseau selon des critères précis de stabilité de fréquence et de tension. Les centrales et barrages hydroélectriques, les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), les centrales nucléaires sont sollicitées (et rémunérées) pour garantir ce service de suivi de charge (modulation des puissances injectées pour suivre la demande).

¹⁵ *Eau boriquée* (ou eau borée) : solution aqueuse d'acide borique (18 à 20 %) utilisée en cas de situation d'urgence nécessitant l'arrêt rapide de la réaction neutronique en chaîne pour réduire très fortement la puissance dégagée par les réactions de fission nucléaire au sein du cœur combustible d'un réacteur. Le noyau de bore B10 est en effet un puissant neutrophage (il absorbe très fortement les neutrons lents).

¹⁶ Cany C, Mansilla C, Mathonnière G, da Costa P (2018). *Nuclear power supply: Going against the misconceptions. Evidence of nuclear flexibility from the French experience*. Energy 151, 289-296. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.064>.

- la généralisation des *mesures de sobriété systémique* (éclairage nocturne des voiries, commerces, bureaux, monuments ; chauffage des bâtiments publics en périodes de fermeture ; températures de consigne de chauffe abaissées et de climatisation relevées ; réduction des vitesses autorisées des véhicules ; etc.) ;
- la généralisation des *techniques automatiques et intelligentes de flexibilité de la demande électrique* par programmation des équipements (électroménager, chauffage de l'eau chaude sanitaire, pompes à chaleur ; pilotage des charges directes de batteries des véhicules aux heures de faible demande et de forte production photovoltaïque et éolienne, etc.) ;
- l'amélioration de l'*efficacité* (isolation et rénovation thermique globale des bâtiments ; remplacement des chauffages électriques par des pompes à chaleur de coefficient de performance élevé ; remplacement des lampes halogènes et sodium par des éclairages à LEDs ; mise à niveau des moteurs et génératrices électriques ; gestion automatique efficace des serveurs de réseaux numériques et des centres de données¹⁷ ; etc.) ;
- le déploiement des *stockages électriques* par nouvelles stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), par stations de batteries électrochimiques (sodium-ion, lithium-ion, redox-flow), par charge-décharge des véhicules électriques en modes V2G (*vehicle-to-grid*)¹⁸ et V2B (*vehicle-to-building*)¹⁹ ;
- l'installation d'unités de *co- et trigénération*²⁰ biomasse, biogaz, gaz de synthèse renouvelables sur réseaux de chauffage et de froid ;
- la production croissante de *chaleur renouvelable directe* (solaire thermique, géothermie de surface, géothermie profonde), avec déploiement simultané des réseaux de chaleur 4G et 5G²¹ et intégration étendue dans les bâtiments individuels et collectifs non raccordés aux réseaux de chaleur ;
- la *fermeture planifiée et concomitante des réacteurs nucléaires les plus fragilisés*, pour prévenir les risques d'accidents nucléaires graves, relever le facteur de charge des réacteurs restés en service et abaisser le coût général du parc nucléaire existant.

Dans cette perspective, la *politique de prolongation de service jusqu'à 50 ou 60 ans et/ou de fermeture programmée des réacteurs nucléaires les plus âgés et surtout les plus fragilisés* doit être questionnée sous ses différents aspects (prise de décision, mise en œuvre, coûts, gestion des réseaux électriques, etc.) en fonction des données scientifiques internationales les plus récentes et les plus solides.

L'objectif de cette étude est d'exposer les connaissances actuelles sur les mécanismes de vieillissement sous contrainte thermomécanique des aciers de cuve irradiés (section 2), la tenue mécanique des cuves fragilisées lors de situations accidentelles de chocs froids sous pression (section 3), et d'évaluer les risques réels de rupture des cuves de réacteurs 900 MWe les plus fragilisées, en tenant compte des incertitudes de mesure et de calcul qui les conditionnent (section 4). Les questions morales et juridiques liées à la prise de décision de prolongation de réacteurs nucléaires fragilisés seront alors étudiées et mises en perspective (section 5).

¹⁷ Orgerie A-C, Lefèvre L (2020). *Le vrai coût énergétique du numérique*. Pour La Science 518, 48-59.

<https://www.pourlascience.fr/sd/environnement/le-vrai-cout-energetique-du-numerique-20490.php>.

¹⁸ Bibaka B, Hatice Tekiner-Moğulkoç (2021). *A comprehensive analysis of Vehicle to Grid (V2G) systems and scholarly literature on the application of such systems*. Renewable Energy Focus 36, 1-20, <https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.10.001>.

¹⁹ Lo KY, Yeoh JH, Hsieh IYL (2023). *Towards Nearly Zero-Energy Buildings: Smart Energy Management of Vehicle-to-Building (V2B) Strategy and Renewable Energy Sources*. Sustainable Cities and Society 99, 104941, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104941>.

²⁰ *Cogénération* : production simultanée de chaleur et d'électricité par une seule unité (ou centrale) à partir d'une seule source de chaleur (combustion de biomasses ou de gaz renouvelables, concentrateur solaire) capable de comprimer un fluide circulant en circuit fermé pour faire tourner un groupe turbine à gaz – alternateur et refroidir celui-ci par un échangeur chauffant un réseau de chaleur. *Trigénération* : production conjointe d'électricité, de la chaleur et de froid en ajoutant des modules de réfrigération à absorption et à compression.

²¹ Lund H, Østergaard PA, Nielsen TB, Werner S, Thorsen JE, Gudmundsson O et al. (2021). *Perspectives on fourth and fifth generation district heating*. Energy 227, 120520, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120520>.

2. État de l'art des recherches récentes sur la fragilisation des aciers sous irradiation neutronique

2.1. Revue des travaux expérimentaux et des modèles antérieurs de fragilisation des aciers de réacteurs nucléaires

Les mécanismes complexes de dégradation des propriétés mécaniques des matériaux (et plus particulièrement des aciers) sous l'effet des flux de *neutrons*²² qui les traversent ont été intensément étudiés depuis plusieurs décennies dans les laboratoires de recherche nucléaire et métallurgique. L'accumulation des données mondiales d'analyse mécanique et chimique sur ces matériaux, principalement issues des tests sur des éprouvettes standard constituées de matériaux divers placées dans des réacteurs de recherche ou sur des éprouvettes de matériaux de cuves de réacteurs industriels en service extraites des capsules de tests disposées autour de leurs cœurs de combustibles depuis leur mise en service (*programme de surveillance de l'irradiation*, ou PSI), a permis de caractériser progressivement ces mécanismes grâce aux progrès remarquables des appareils et méthodes de mesure jusqu'à l'échelle atomique.

Par ailleurs, l'augmentation exponentielle des puissances de calcul informatique a considérablement augmenté la vitesse et la précision des algorithmes de simulation numérique de ces mécanismes. Tous ces progrès récents, étalés sur les deux dernières décennies, ont non seulement très largement amélioré la caractérisation du vieillissement des matériaux sous irradiation neutronique, mais aussi révélé la complexité des mécanismes sous-jacents à l'échelle nanométrique (celle des atomes), micrométrique (celle des structures cristallines) et mésométrique (celle des réacteurs). En particulier, ils ont mis en évidence l'influence des très nombreux paramètres physiques qui participent de ces mécanismes, avec une précision croissante, mais encore imparfaite.

L'ensemble de ces travaux de recherche²³, longuement décrits et expliqués dans l'étude précédente²⁴ citée plus haut, a conduit aux résultats suivants, confirmés et précisés ultérieurement par les dernières avancées (cf. section 2.2) :

- l'irradiation continue des aciers de cuves nucléaires par le flux ϕ de neutrons qui les traversent en provenance des barres de combustibles nucléaires (oxydes d'uranium, mélanges d'oxydes d'uranium et de plutonium) au cœur des réacteurs provoque en permanence des *cascades de déplacements successifs des atomes* de ces aciers, et plus particulièrement des atomes de leurs alliages (cuivre, manganèse, nickel, silicium, phosphore, soufre, carbone) dont les sections efficaces de choc neutronique de déplacement sont particulièrement élevées dans la gamme de spectre énergétique des neutrons [0,1 – 10 MeV] très majoritaire de ce flux ;
- ces *déplacements atomiques* et les *lacunes* laissées par les atomes déplacés dans la matrice fer-carbone des aciers irradiés créent des regroupements fragilisants (*précipités de solutés*,

²² *Neutron* : particule de matière sans charge électrique (d'où son nom), de masse au repos $m_n = 1,67493 \times 10^{-27}$ kg. Avec les *protons*, de charge électrique positive et de masse légèrement inférieure, les *neutrons* sont les particules de matière constituant les *noyaux atomiques* de tous les atomes. Les propriétés chimiques d'un corps simple quelconque (hydrogène, carbone, azote, oxygène, fer, cuivre, uranium, etc.) ne dépendent que du nombre de protons Z dans les noyaux de ses atomes (1 pour l'hydrogène, 6 pour le carbone, 7 pour l'azote, 8 pour l'oxygène, 26 pour le fer, 29 pour le cuivre, 92 pour l'uranium, etc.) et non du nombre de neutrons. Par contre, la stabilité d'un noyau atomique dépend fortement du nombre de neutrons par proton et du nombre total de nucléons (protons + neutrons). Trop de neutrons par proton rend un noyau radioactif par désintégration β^- par émission d'un électron e^- , d'un antineutrino électronique $\bar{\nu}_e$ et transmutation d'un des neutrons en proton si le noyau est léger, ou par désintégration α par émission d'un noyau d'hélium si le noyau est lourd ; trop peu de neutrons par proton le rend radioactif par désintégration β^+ (émission d'un positon e^+ , d'un neutrino électronique ν_e et transmutation d'un des protons en neutron).

²³ Odette GR, Yamamoto T, Williams TJ, Nanstad RK, English CA (2019). *On the history and status of reactor pressure vessel steel ductile to brittle transition temperature shift prediction models*. Journal of Nuclear Materials 526, 151863.

<https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2019.151863>.

²⁴ Cf. Réf. 2 et 3.

*amas d'atomes interstitiels, complexes lacunes-solutés*²⁵) qui sont fortement conditionnés par la structure microcristalline de ces aciers autant qu'ils la modifient. Il en résulte un *durcissement* des aciers (augmentation de la limite élastique $\Delta\sigma_y$) croissant avec la fluence neutronique ϕ_t , qui se traduit par un comportement de moins en moins *ductile*, déformable et de plus en plus *fragile*, cassant, et par un abaissement de la *résilience* K_{CV} ou K_{CU} (résistance aux chocs) et de la *ténacité* K_{IC} (résistance à la propagation des fissures). La *température de transition ductile fragile* RT_{NDT} de l'acier entre son comportement *ductile* et son comportement *fragile* croît progressivement avec la *fluence neutronique*²⁶ ϕ_t absorbée, depuis sa valeur initiale souvent inférieure à 0 °C jusqu'à des valeurs de plusieurs dizaines de °C ou au-dessus de 100 °C aux fluences élevées : les aciers irradiés deviennent fragiles à des températures moyennes lorsqu'ils sont refroidis brutalement aux pressions élevées de fonctionnement des réacteurs. Le risque que des microfissures existantes se propagent alors spontanément et traversent l'épaisseur de la cuve fortement irradiée jusqu'à sa rupture devient alors important ;

- la fragilisation des aciers irradiés dépend étroitement de nombreux facteurs physiques et chimiques importants, principalement la *fluence neutronique* ϕ_t (en n/cm²) en tout premier lieu ; le *flux neutronique*²⁷ (en n cm⁻² s⁻¹) dans une moindre mesure ; la *composition chimique d'alliage* (fractions en % de masse x_i de cuivre, manganèse, nickel, silicium, phosphore, soufre, etc.) ; les *traitements thermiques et mécaniques antérieurs* éventuels des aciers ;
- les mécanismes de fragilisation des aciers irradiés sont surtout liés à l'irradiation par diffusion radio-renforcée (RED, *radio-enhanced diffusion*) et ségrégation radio-induite (RIS, *radio-induced segregation*) de précipités riches en cuivre (RCP), de précipités de solutés (MNSP) et de co-précipités, et dans une moindre mesure à la diffusion thermique des atomes interstitiels et lacunes ;
- le durcissement des aciers irradiés est dû aux précipités et aux complexes solutés-lacunes qui forment des obstacles au glissement des dislocations sur les microstructures cristallines ;
- les *précipités riches en cuivre* (CRP) se forment *rapidement* et continuent de croître progressivement avec la fluence ;
- les *précipités de manganèse, nickel, silicium* (MNSP) se forment *beaucoup plus lentement* que les CRP avec la fluence, et leur composition évolue aux fluences élevées vers des phases intermétalliques avec le fer ; ils contribuent fortement au durcissement et à la fragilisation accrus des aciers irradiés aux fluences élevées. Ce phénomène d'**apparition lente de précipités de solutés** (LBP, « *late blooming phases* ») *accélère la fragilisation des aciers*, particulièrement pour les aciers faiblement alliés comme le 16MND5 des cuves nucléaires construites en France, en ce sens qu'il fait croître la limite d'élasticité de l'acier quasi proportionnellement à la fluence neutronique au-delà d'une fluence seuil de l'ordre de 4×10^{19} n/cm². *Ce phénomène semble même renforcé lorsque les aciers faiblement alliés subissent des flux neutroniques ϕ plus faibles, et devient prédominant aux fluences élevées ($\phi_t > 10^{19}$ n/cm²) ;*
- en conséquence, l'élévation ΔRT_{NDT} de la température de transition ductile fragile des aciers de cuve augmente encore davantage avec la fluence neutronique reçue ϕ_t lorsque celle-ci est élevée. *La formule de fragilisation par irradiation FFI (ou formule de l'irradiation supérieure FIS) $\Delta RT_{NDT} = f(\phi, x_{Cu}, x_{Mn}, x_{Ni}, x_P)$, déjà révisée en 2010 et toujours utilisée par EDF pour prévoir l'état de fragilité des cuves nucléaires, doit donc être modifiée pour tenir compte de la*

²⁵ *Soluté* : élément chimique d'alliage formant une solution solide avec le fer dans l'acier.

Précipité : partie cristallisée séparément d'éléments d'alliage sortis de la solution solide.

Interstitial : atome éjecté de sa position cristalline stable dans une position interstitielle peu stable dans la matrice.

Complexe lacunes-solutés : cluster de lacunes associées à des atomes de solutés par liaisons énergétiques fortes.

²⁶ Cf. Réf. 6.

²⁷ Cf. Réf. 1.

fragilisation accélérée aux fluences élevées que risquent subir les aciers des cuves en cas de prolongation de service à 50, voire 60 ans. Cette formule devrait aussi différencier la dépendance des deux phénomènes de fragilisation avec la composition chimique des précipités riches en cuivre (CRP) et des amas de solutés-complexes MNSP ;

- les *ségrégations*²⁸ d'atomes de *phosphore* semblent favoriser la nucléation des précipités MNSP, et par conséquent renforcer la fragilisation des aciers irradiés.

2.2 Avancées récentes sur le vieillissement des aciers sous irradiation neutronique

Les recherches internationales les plus récentes confirment et précisent encore davantage toutes les constatations et conclusions précédentes. Leurs principaux résultats peuvent être décrits et expliqués suivant leurs différents aspects :

- sous l'effet du flux neutronique, les petites boucles d'atomes interstitiels initialement déplacés et bloqués aux dislocations liées aux microstructures cristallines des aciers jouent le rôle de site de nucléation des précipités hétérogènes MNSP ultérieurs²⁹ ;
- les structures qui se forment aux dislocations sont des ségrégations atomiques de cuivre, manganèse, nickel et silicium en segments de 5 à 10 nm accompagnés de perles de précipités MNSP couplés, dont les facteurs d'enrichissement en Mn, Ni et Si mesurés dépendent étroitement de la composition moyenne de l'acier et de la fluence. De plus, cette ségrégation sous irradiation s'effectue par diffusion radio-renforcée (RED) gouvernée par la thermodynamique aux températures habituelles de fonctionnement des réacteurs autour de 290 °C (la diffusion thermique est beaucoup plus faible). Elle est renforcée par la ségrégation radio-induite (RIS) due au flux neutronique, particulièrement dans les aciers faiblement alliés en cuivre. L'amplitude du renforcement de la ségrégation et de la précipitation par RIS dépend fortement de la composition chimique de l'alliage et de sa microstructure³⁰;
- l'effet du *phosphore* comme élément allié fragilisant des aciers, déjà détecté antérieurement, est maintenant confirmé et précisé expérimentalement pour tous les aciers faiblement alliés en cuivre, y compris sans cuivre, et en phosphore (concentrations massiques entre 0 et 0,1 %, analogue à celle de l'acier 16MND5 des cuves nucléaires en France) aux fluences élevées ($\sim 10^{20}$ n/cm²) à flux élevé ($\sim 3 \times 10^{12}$ n cm⁻² s⁻¹, près de cent fois celui des réacteurs industriels)³¹. L'analyse nanoscopique par sonde atomique, l'augmentation de la contrainte d'élasticité avec la concentration massique en phosphore (Fig. 2) et avec la fraction volumique de précipités montrent clairement que les concentrations importantes de phosphore jouent un rôle analogue à celle du cuivre dans les sites d'amorçage hétérogène de précipités MNSP dans les aciers faiblement alliés en cuivre et phosphore, et contribuent à l'augmentation de la limite élastique $\Delta\sigma_y$ et donc de la température de transition ductile fragile ΔRT_{NDT} .

²⁸ *Ségrégation* : inhomogénéité locale anormale en éléments d'alliage dans la matrice d'acier. Ici, il s'agit de ségrégations positives (concentrations de phosphore supérieures à la moyenne de celle de la matrice).

²⁹ Castin N, Bonny G, Bakaev A, Bergner F, Domain C, Hyde JM, Messina L, Radiguet B, Malerba L (2020). *The dominant mechanisms for the formation of solute-rich clusters in low-Cu steels under irradiation*. Materials Today Energy 17, 100472. <https://doi.org/10.1016/j.mtener.2020.100472>.

³⁰ Odette GR, Almirall N, Wells PB, Yamamoto T (2021). *The dominant mechanisms for the formation of solute-rich clusters in low-Cu steels under irradiation*. Materials Today Energy 17, 100472. <https://doi.org/10.1016/j.mtener.2020.100472>.

³¹ Kamboj A, Bachhav MN, Dubey M, Almirall N, Yamamoto T, Marquis EA, Odette GR (2023). *The effect of phosphorus on precipitation in irradiated reactor pressure vessel (RPV) steels*. Journal of Nuclear Materials 585, 154614. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2023.154614>.

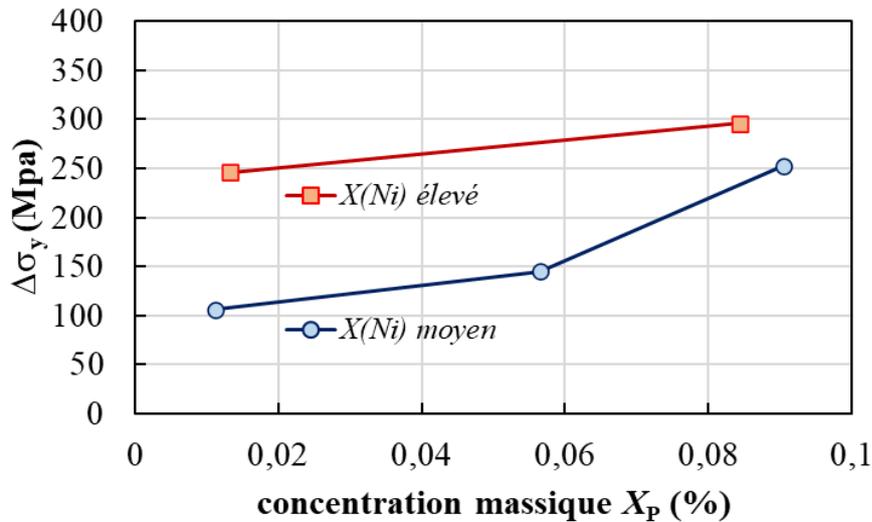


Fig. 2. Augmentation de la limite d'élasticité de l'acier faiblement allié avec sa concentration en phosphore (d'après Réf. 19).

- l'effet du flux neutronique φ sur le vieillissement est aujourd'hui bien compris et beaucoup mieux cerné, grâce aux méthodes d'apprentissage automatique (ML, *machine learning*) développées massivement ces dernières années pour traiter l'ensemble des données des matériaux irradiés issus des réacteurs nucléaires de recherche ($\varphi \sim 10^{12} - 10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) et commerciaux ($\varphi \sim 3 - 5 \times 10^{10} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Les recherches précédentes avaient montré que la fluence neutronique ϕ_t accumulée par les cuves nucléaires semblaient devoir être corrigées en fonction du flux neutronique φ qui les traversent en utilisant plutôt la *fluence effective* ϕ_{te} , approximativement donnée par $\phi_{te} \approx \phi_t \times (\varphi_r/\varphi)^p$ où φ_r est une valeur référence de flux et p un exposant d'échelle caractéristique possiblement constant ($p \approx 0,25$), avec une *influence décroissante, voire nulle, du flux φ aux fluences élevées* selon la composition chimique de l'acier (modèle OWAY³²).

Les premiers résultats obtenus par apprentissage automatique (ML) montrent effectivement que l'effet de cette composition chimique sur la dépendance de la fluence avec le flux neutronique est lié à la compétition entre le renforcement de la recombinaison entre atomes interstitiels et lacunes par les solutés dissous aux flux élevés et la disparition des défauts aux faibles flux, de sorte que l'exposant p dépend à la fois du flux et de la composition chimique³³.

Les derniers travaux obtenus par apprentissage automatique (ML) ont été étendus à tous les échantillons actuellement disponibles, soumis à des fluences de 10^{16} à $2 \times 10^{20} \text{ n/cm}^2$ et à des flux entre 10^8 et $10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pour déterminer les nouveaux paramètres du modèle OWAY avec beaucoup plus de précision et les mettre à disposition publique³⁴. Une nouvelle corrélation quadratique expérimentale $\Delta RT_{NDT} = 0,00067 \Delta\sigma_y^2 + 0,49 \Delta\sigma_y$ entre l'augmentation de la température de transition ductile fragile ΔRT_{NDT} et celle de la limite d'élasticité $\Delta\sigma_y$ est intégrée au nouveau modèle. Les résultats des calculs par ML permettent d'étudier et de prévoir avec une incertitude fortement réduite l'impact des compositions chimiques des aciers alliés, du flux neutronique et de la fluence sur ΔRT_{NDT} dans un très large domaine de conditions couvrant en particulier les fluences élevées pouvant être atteintes par tous les types d'aciers

³² Modèle Odette-Wells-Almirall-Yamamoto, réf. 15.

³³ Liu YC, Morgan D, Yamamoto T, Odette GR (2023). *Characterizing the flux effect on the irradiation embrittlement of reactor pressure vessel steels using machine learning*. Acta Materialia 256, 119144. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2023.119144>.

³⁴ Jacobs R, Yamamoto T, Odette GR, Morgan D (2023). *Predictions and uncertainty estimates of reactor pressure vessel steel embrittlement using Machine learning*. Materials & Design 236, 112491. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112491>.

à des flux modérés ou élevés. Ils apportent les réponses aux questions non encore élucidées par les travaux antérieurs, en particulier sur l'influence du flux neutronique et des compositions chimiques d'alliages.

Pour des alliages de composition moyenne (Cu 0,12 %m, Ni 0,69 %m, P 0,009 %m, Si 0,22 %m), l'élévation ΔRT_{NDT} à flux modéré ($\approx 3 - 4 \times 10^{10} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) est supérieure à celle obtenue à flux élevé ($\approx 10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) jusqu'aux fluences élevées ($120 \text{ }^\circ\text{C}$ à $2 \times 10^{20} \text{ n/cm}^2$) et augmente encore plus rapidement aux fluences supérieures. Elle décroît continûment avec le flux à la fluence intermédiaire de $4 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$, ce qui n'est plus le cas aux fluences plus élevées de 10^{20} n/cm^2 . Ceci confirme que les flux élevés favorisent la recombinaison des atomes interstitiels et des lacunes, entraînant une diffusion radio-renforcée moins efficace et donc un durcissement $\Delta\sigma_y$ et une élévation ΔRT_{NDT} plus faibles.

Ces travaux offrent un modèle prédictif de plages d'élévation ΔRT_{NDT} prévisible en fonction de la fluence et du flux (Fig. 3), ainsi que des compositions chimiques d'alliage.

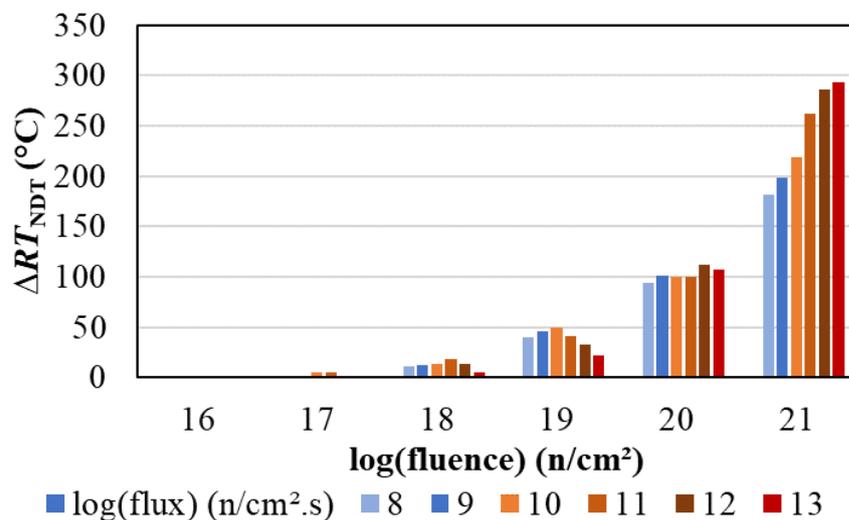


Fig. 3. Augmentation prédite de température de transition ductile fragile (alliage moyen), réf. 22.

L'élévation ΔRT_{NDT} ainsi prédite avec la composition chimique d'alliage croît avec la fraction massique de cuivre jusqu'à 0,4 %m avant de décroître au-delà, alors qu'elle croît moins fortement, mais de manière monotone avec la fraction massique de nickel, de phosphore, et encore moins fortement de silicium et de carbone.

3. Etat de l'art des simulations de rupture de cuves irradiées par chocs froids sous pression

3.1 Physique de la rupture de cuve nucléaire par choc froid sous pression

La modélisation énergétique du phénomène de propagation spontanée d'une microfissure existante dans un matériau solide sous l'effet d'un chargement mécanique distant a été proposée initialement par Griffith³⁵. Pour que la fissure puisse s'accroître d'elle-même, il est nécessaire que la baisse d'énergie potentielle de déformation élastique surfacique, calculée sur toute la surface de la fissure

³⁵ Griffith AA (1921). *The phenomena of rupture and flows in solids*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A 221, 163-198. <https://uk.jstor.org>.

suivant la loi de Hooke, soit supérieure au travail de rupture des liaisons surfacique exigé par la croissance de la fissure au-delà de son équilibre énergétique (instable) :

$$2\pi a^2 \sigma^2 > 4a\gamma_s E',$$

(a , longueur ou profondeur de fissure ; σ , contrainte totale uniforme appliquée ; γ_s , énergie surfacique de rupture de liaisons atomiques ; $E' = E/(1 - \nu^2)$, module d'Young des déformations planes où E est le module d'Young des contraintes planes et ν le coefficient de Poisson), ce qui conduit à la condition de propagation de la fissure :

$$\sigma\sqrt{\pi a} > \sqrt{2\gamma_s E'} \Leftrightarrow K_{CP} > K_{IC}$$

où K_{CP} est le *facteur d'intensité des contraintes* (en MPa m^{1/2}) qui gouverne l'ouverture de la fissure, et K_{IC} est la *ténacité à la rupture*, valeur critique de K_{CP} représentant la résistance du matériau à la propagation d'une fissure. Irwin³⁶ a modifié ensuite cette relation en y ajoutant l'énergie surfacique de déformation plastique γ_p .

La théorie s'est ensuite développée pour tenir compte :

- des différents modes de chargement de la fissure orientée suivant un axe z (mode I en traction d'axe y à l'ouverture ; mode II en cisaillement par glissement d'axe x dans le plan de la fissure ; mode III en déchirement par cisaillement d'axe z hors du plan), donnant lieu aux facteurs d'intensité des contraintes K_I , K_{II} et K_{III} ;
- de la forme réelle des fissures, le plus souvent idéalisées sous forme elliptique ou semi-elliptique de grand axe $2c$ et de profondeur a ou $2a$ (Fig. 4) ;
- des conditions limites de champ de contrainte près de la fissure, qui modifient l'expression du facteur d'intensité des contraintes sous la forme $K_{CP} = \alpha\sigma\sqrt{\pi a}$ où α est un facteur de correction de forme géométrique finie de la fissure.

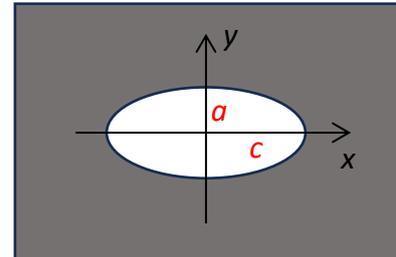


Fig. 4. Modèle de fissure elliptique.

Irwin³⁷ a calculé le facteur d'intensité des contraintes en tout point de la fissure elliptique soumise à une contrainte de traction uniforme déportée, en particulier dans la direction y :

$$K_{CP} = 2\sigma\sqrt{\pi a} \left(\pi \left(\frac{3}{4} + (a/2c)^2 \right) \right)^{-1}$$

Dans le cas d'une fissure elliptique ou semi-elliptique dans une cuve cylindrique, l'expression du facteur d'intensité des contraintes est plus compliquée³⁸. On peut par exemple l'écrire :

$$K_{CP} = K_I = \sigma_t \sqrt{\pi a/Q}$$

³⁶ Irwin GR (1958). *Fracture I*. Handbuch der Physik VI, Ed.S. Flugge, Springer, New-york, 558-590.

³⁷ Irwin GR (1962). *The crack extension force for a part-through crack in a plate*. Transactions of the ASME Journal of Applied Mechanics 29, 651-654. <https://doi.org/10.1115/1.3640649>.

³⁸ Qian G, González-Albuixech VF, Niffenegger M, Giner E (2016). *Comparison of KI calculation methods*. Engineering Fracture Mechanics 156, 52-67. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2016.02.014>.

où le facteur de forme Q peut s'écrire $Q \approx 1 + 1,464 (a/c)^{1,65}$. La contrainte totale σ_t intègre l'ensemble des *contraintes mécaniques* due à la différence de pression $P_i - P_e$ entre l'intérieur et l'extérieur de la cuve nucléaire, et les contraintes thermiques de dilatation due au gradient thermique variable entre la fissure et le reste de la cuve lorsque celle-ci doit être soudainement refroidie par les circuits d'injection de sécurité en cas d'accident grave. Diverses expressions des contraintes thermiques théoriques ou simplifiées ont été modélisées selon les directions^{39,40}.

Par ailleurs, la ténacité critique à la propagation de fissures est déterminée expérimentalement au moyen de différentes méthodes (éprouvettes normalisées de rupture par traction, déduction des mesures de résilience à partir de l'énergie de rupture ductile-fragile par choc). Elle donne lieu à des courbes enveloppes limites $K_{IC}(T, \phi_t)$ en fonction de la température T du matériau et de la fluence neutronique ϕ_t reçue, et à des courbes maîtresses $K_{IC}(T, \phi_t, p)$ de probabilité p de propagation de fissure⁴¹. Ces courbes séparent le *domaine de comportement ductile* du matériau (sous les courbes où $K_{CP} < K_{IC}$) de son *domaine fragile* (au-dessus où $K_{CP} > K_{IC}$) (Fig. 5)

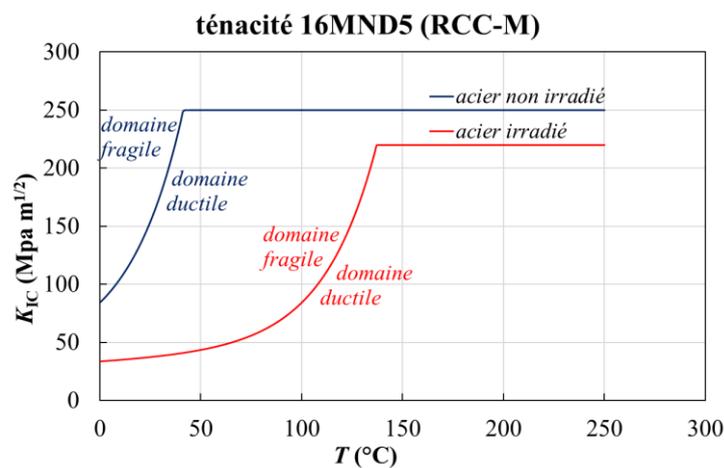


Fig. 5. Courbe de ténacité de l'acier 16MND5 avant et après irradiation.

3.2. Méthodes de simulation de la rupture de cuve par choc froid sous pression

Dans les règles de sûreté nucléaire, de son démarrage jusqu'à son arrêt, un réacteur nucléaire doit fonctionner de sorte que l'état thermomécanique de l'acier de sa cuve reste constamment dans le domaine ductile de la courbe de ténacité $K_{IC}(T, \phi_t)$ en tout point, quels que soient le chargement mécanique dû à la pression du circuit primaire (pression de service 155 bar) et la température interne de l'eau du circuit primaire (températures de service entrée-sortie de cuve entre 285 $^{\circ}\text{C}$ et 352 $^{\circ}\text{C}$), y compris en cas d'arrêts de sécurité non planifiés dus à des incidents techniques ou des erreurs humaines.

Dans le cas de séquences accidentelles possibles, telles qu'une fuite massive d'eau de circuit primaire due à une rupture brutale de canalisation primaire (APRP, *accident par perte de réfrigérant primaire*) ou de vapeur d'eau (RTV, *rupture de tuyauterie vapeur*), un blocage de pompe primaire, un blocage de barres de contrôle en position d'éjection du cœur, le réacteur

³⁹ Marie S (2004). *Analytical expression of the thermal stresses in a vessel or pipe with cladding submitted to any thermal transient*. International Journal of Pressure Vessels and Piping 81, 303–312. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2004.03.005>.

⁴⁰ Liu KT, Huang M, Lin JJ, Jiang HP, Wang BX, Matsuda H (2020). *The effects of thermal stress on the crack propagation in AP1000 reactor pressure vessel*. Theoretical and Applied Fracture Mechanics 110, 102798. <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2020.102798>.

⁴¹ Cf. Réf. 2 et 3.

doit impérativement être refroidi artificiellement par injection d'eau froide dans le retour primaire près de la cuve (RIS, *réseau d'injection de sécurité*), l'eau pouvant être boriquée pour pouvoir absorber éventuellement les neutrons émis par les barres de combustible pour ralentir la réaction en chaîne neutronique et la puissance du réacteur.

La cuve, les buses et les conduits primaires d'entrée sont alors soumis à un refroidissement brutal sous contrainte mécanique, appelé *choc froid sous pression* (CFP, ou PTS, *pressurized thermal shock*) dont les conséquences peuvent être dramatiques selon le niveau d'irradiation de la cuve décalant la courbe de ténacité K_{IC} et l'existence de microfissures internes de son acier : DSR, *défauts transgranulaires sous revêtement* inox, formés au refroidissement de l'acier après soudage des deux couches de protection inox ; DIDR, *décohésions intergranulaires dues au réchauffage* lors des opérations de forgeage de la cuve et de traitement thermique de détensionnement ; DDH, *défauts dus à l'hydrogène* issu de réactions chimiques oxydo-réductrices inévitables pendant la fabrication des aciers dans les hauts-fourneaux entre le coke d'une part, et d'autre part l'humidité de l'air, les hydroxydes de fer présents dans certaines ferrailles rouillées et les briques réfractaires des hauts-fourneaux. Il peut aussi provenir des opérations de soudage et de traitements de surface⁴².

Le refroidissement rapide de la paroi interne de la cuve au cours d'un CFP accroît rapidement le facteur d'intensité des contraintes K_{CP} aux extrémités et au ligament intérieur des fissures et défauts existants, particulièrement sous la langue froide de l'eau d'injection de sécurité. Si ce K_{CP} dépasse pendant un temps suffisant la ténacité K_{IC} de l'acier à cet endroit, les fissures s'ouvrent en se propageant spontanément. Selon la sévérité du CFP, leur propagation peut s'arrêter si leur K_{CP} devient inférieur à un *seuil d'arrêt local de la ténacité* K_{Ia} ou bien, si ce n'est pas le cas, se poursuivre en traversant toute l'épaisseur e de la cuve (20 cm pour les cuves 900 MWe), entraînant la vidange de l'eau de la cuve dans le puits de cuve en béton et possiblement la *rupture brutale de la cuve* selon le fluage de l'acier (rupture fragile ou rupture ductile).

Certaines parties de la *virole de cœur* de la cuve, qui entoure le cœur du réacteur et qui est la partie de la cuve la plus irradiée, présentent une fragilisation accrue, soit aux points chauds les plus proches du cœur, soit aux *joints soudés* entre viroles, soit dans les *veines sombres* dues aux ségrégations locales anormales en éléments d'alliage fragilisants (phosphore, manganèse, nickel, cuivre, carbone, etc.) et à la présence éventuelle de microfissures.

Le défi des chercheurs, des fabricants de cuves et des autorités de sûreté nucléaire est de prévoir avec le moins d'incertitude possible l'évolution du *facteur d'intensité des contraintes* K_{IC} en tout point des cuves nucléaires âgées et fragilisées selon leur état d'irradiation et de fissuration en fonction de la *ténacité* réelle K_{IC} de ces cuves en chaque point, en particulier aux points les plus fragiles.

Comme il a été montré dans l'étude précédente⁴³, de nombreuses simulations numériques ont été entreprises pour évaluer le plus précisément possible l'évolution de l'état

⁴² Les molécules d'hydrogène extrêmement petites s'insinuent préférentiellement en solution d'insertion dans les sites vacants tétraédriques du fer alpha de la ferrite et se fixent généralement sur les défauts cristallins qu'on appelle dislocations, ce qui conduit à un abaissement des énergies de liaison cristallines et à leur fragilisation. Il en résulte des contraintes de pression hydrogène à l'échelle microscopique de plusieurs milliers de bars, capables de provoquer des microfissures à chaud ; on en trouve effectivement en nombre dans l'acier des cuves des réacteurs nucléaires Electrabel de Doel et Tihange. Comme c'est un phénomène connu, le problème des DDH a été partiellement résolu en procédant à un traitement thermique spécifique lors du forgeage, mais il est difficile d'éliminer tout l'hydrogène, car son taux peut monter jusqu'à 50 kg/tonne de coke dans la fabrication d'acier.

⁴³ Cf. Réf. 2 et 3.

thermomécanique des cuves nucléaires au cours de diverses séquences accidentelles de CFP au moyen d'approches de type *déterministe* (simulations directes du K_{CP} , des contraintes mécaniques et thermiques, de la ténacité K_{IC} en fond de fissures réelles ou standard ; simulations 1D, 2D ou 3D de l'évolution de l'eau primaire de cuve avec injection d'eau froide de sécurité par méthodes analytiques et codes de calcul de dynamique des fluides couplées aux échanges thermiques avec les parois de cuve réelle ou idéalisée) ou probabiliste (prise en compte des incertitudes dans le calcul de probabilité de dépassement du K_{IC} par le K_{CP} en fonction des courbes maîtresses de ténacité, avec simulations de la dynamique des écoulements identiques à l'approche *déterministe*)⁴⁴. Les *approches déterministes* sont généralement considérées comme *conservatives*, plus enveloppantes par rapport aux *approches probabilistes*, car les paramètres et propriétés des matériaux sont supposés choisis à leurs valeurs limites et les scénarios considérés sont supposés les plus pénalisants. Les deux approches sont en fait souvent complémentaires, mais les normes et les codes de calcul utilisés (ASME aux USA, RCC-M en France) peuvent conduire à des différences notables de résultats et de conclusions, y compris sur l'effet protecteur ou non du revêtement inox⁴⁵.

3.3. Récentes avancées en simulation numérique des ruptures de cuve par CFP

Les travaux de recherche sur la simulation de rupture de cuve nucléaire par CFP sont de plus en plus nombreux et approfondis dans les pays confrontés au vieillissement de leurs parcs nucléaires et aux demandes de prolongation de service avancées par les exploitants⁴⁶. Ils mettent en évidence la sensibilité des résultats des simulations à la précision des données thermomécaniques et des compositions chimiques des aciers de cuve, à la prise en compte des mécanismes d'accélération de la fragilisation des aciers dus au phénomène de LBP (cf. section 2), au calcul des fluences neutroniques cumulées sur plusieurs décennies de service, à la précision des mesures du flux neutronique émis par le cœur vers la cuve, à la résolution des modèles d'interaction thermomécanique entre les parois internes de cuve et l'écoulement du jet d'eau froide boriquée de refroidissement dans l'eau du circuit primaire, etc.

L'*effet des contraintes thermiques*, souvent sous-estimé, peut dépasser celui des contraintes mécaniques selon l'importance de la perte de réfrigérant primaire lors du CFP (dimension des brèches de circuit primaire par exemple)⁴⁷. Or, elles sont conditionnées par la prise en compte ou non de l'*effet de panache d'eau froide d'injection de sécurité* dans les buses et le long des parois, par les méthodes d'évaluation des flux thermiques transférés entre la paroi de cuve et l'eau primaire (utilisation de corrélations de flux de chaleur turbulents standard ou résolution directe des équations de transfert fluide-paroi sans coefficients d'échange *a priori*), par les méthodes de calcul du gradient thermique à la fissure, etc. Les simulations récentes du panache d'écoulement de refroidissement sur l'intégrité d'un réacteur nucléaire subissant un CFP au moyen de codes de calcul puissants de dynamique des fluides commerciaux ou de laboratoire montrent clairement qu'il augmente fortement le facteur d'intensité des

⁴⁴ Qian G, Niffenegger M (2014). *Deterministic and probabilistic analysis of a reactor pressure vessel subjected to pressurized thermal shocks*. Nuclear Engineering and Design 273, 381-395. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2014.03.032>.

⁴⁵ Chen M, Qian G, Shi J, Wang R, Yu W, Lu F, Zhang G, Xue F, Chen Z (2016). *Application of the French Codes to the Pressurized Thermal Shocks Assessment*. Nuclear Engineering and Technology 48(6), 1423-1432. <https://doi.org/10.1016/j.net.2016.06.009>.

⁴⁶ Thamaraiselvi K, Vishnuvardhan S (2020). *Fracture studies on reactor pressure vessel subjected to pressurized thermal shock: A review*. Nuclear Engineering and Design 360, 110471. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2019.110471>.

⁴⁷ Qian G, Niffenegger M. *Procedures, methods and computer codes for the probabilistic assessment of reactor pressure vessels subjected to pressurized thermal shocks*. Nuclear Engineering and Design 258, 35-50. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2013.01.030>.

contraintes K_{CP} et peut rendre les contraintes mécaniques orthoradiales critiques pour l'intégrité de la cuve⁴⁸.

L'amélioration des codes de calcul offre aussi la possibilité de simuler avec une précision accrue les *écoulements diphasiques* {liquide, vapeur}, ce qui permet aujourd'hui d'élargir les champs d'investigation numérique des risques de rupture de cuve par CFP au cours de *séquences avec dénoyages et renoyages du cœur combustible* dues aux débits d'injection d'eau de sécurité, à des fermetures-ouvertures imprévues de vannes, des arrêts-redémarrages de groupes de pompes primaires par exemple⁴⁹. Les courbes d'évolution du K_{CP} au cours du CFP deviennent alors très fluctuantes et traduisent des variations de contrainte thermique en fond de fissures très importantes dans le cas de larges APRP. Elles peuvent traverser les courbes de ténacité critique selon la fluence et la composition chimique des alliages de cuve, rendant probable la propagation des fissures⁵⁰.

L'intégration des distributions de fissures réelles d'une cuve dans les codes de calcul permet d'obtenir les probabilités de rupture de la cuve par propagation de fissures débouchantes selon leurs caractéristiques (profondeur, dimension, orientation) et le type d'accident de perte (large, moyenne, petite) de réfrigérant primaire, et le délai jusqu'à la rupture⁵¹.

4. Évaluation des risques de rupture des cuves 900 MWe fragilisées

4.1. Évaluation et incertitudes du vieillissement des aciers des cuves nucléaires

Comme il a été montré plus haut (*cf.* section 2), la connaissance de l'état de fragilisation réelle de l'acier d'une cuve de réacteur nucléaire repose sur celle des flux neutroniques qui la traversent à tout instant, de la fluence neutronique cumulée tout au long des années de service du réacteur, de sa réelle composition chimique d'alliage, de la distribution et de la forme des fissures et défauts qui l'affectent, et donc de la température réelle de transition ductile-fragile RT_{NDT} en chaque point. De plus, la loi d'augmentation de la RT_{NDT} avec la fluence doit intégrer les derniers résultats des recherches sur la fragilisation des matériaux détaillée en section 2.

Ceci implique en particulier de connaître la dispersion et l'incertitude de chacun de ces paramètres pour déterminer les incertitudes sur la fluence ϕ_t et la ténacité $K_{IC}(T, \phi_p, X_i)$ en tout point de la virole de cœur au cours des prochaines années :

- la *variabilité de composition des aciers de cuves faiblement alliés* en éléments chimiques d'alliage est attestée par l'analyse des indices de fragilisation des matériaux du PSI réalisée par EDF où il apparaît que les variations de concentrations (en % de masse) mesurées sur les coulées des cuves 900 MWe peuvent être très élevées, y

⁴⁸ González-Albuixech VF, Qian G, Sharabi M, Niffenegger M, Niceno B, Lafferty N (2016). *Integrity analysis of a reactor pressure vessel subjected to a realistic pressurized thermal shock considering the cooling plume and constraint effects*. Engineering Fracture Mechanics 162, 201-217. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2016.05.010>.

⁴⁹ Mora DF, Niffenegger M, Qian G, Jaros M, Niceno B (2019). *Modelling of reactor pressure vessel subjected to pressurized thermal shock using 3D-XFEM*. Nuclear Engineering and Design, 353, 110237. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2019.110237>.

⁵⁰ Qian G, González-Albuixech VF, Niffenegger M (2018). *Effects of embedded cracks and residual stresses on the integrity of a reactor pressure vessel*. Engineering Failure Analysis 90, 451-462. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.04.009>.

⁵¹ Qian G, González-Albuixech VF, Niffenegger M (2014). *Probabilistic assessment of a reactor pressure vessel subjected to pressurized thermal shocks by using crack distributions*. Nuclear Engineering and Design, 270, 312-324. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2013.12.062>.

compris pour les réacteurs d'une même centrale nucléaire⁵² : C (0,11-0,18) ; S (0,001-0,016) ; P (0,004-0,013) ; Si (0,13-0,36) ; Mn (1,18-1,58) ; Ni (0,61-0,83) ; Cu (0,04-0,10). Les concentrations peuvent aussi fortement varier au sein d'une même cuve (de l'intérieur à l'extérieur, d'une virole à l'autre, du matériau de base à la masselotte), du fait des conditions de refroidissement et de forgeage. De même, les microstructures locales de l'acier (ferrites proto-eutectoïdes, orientations bainitiques, etc.) ont des effets très importants sur la ténacité⁵³ ;

- le PSI (programme de surveillance de l'irradiation), institué dès le démarrage de chaque nouveau réacteur nucléaire, pose des problèmes importants qui questionnent sa pertinence même, en particulier dans la *représentativité des éprouvettes* (variation de leur composition en éléments chimiques alliés selon les coulées et leur découpage originel, présence de macroségrégations)⁵⁴, leur *positionnement* azimutal et axial autour du cœur de réacteur, leur *nombre* généralement insuffisant pour l'obtention d'écart-types suffisamment fiables des grandeurs mécaniques ou chimiques mesurées, leur *gestion* parfois erratique et incertaine lors des visites décennales successives (déplacement de capsules, ajouts de capsules non irradiées aux 3ème et 4ème visites décennales, qui ne pourront en aucun cas être représentatives de la fluence neutronique subie réellement par les parois depuis le démarrage du réacteur) ;
- la représentativité d'une ou de toutes les éprouvettes prélevées au fur et à mesure dans les capsules d'un réacteur donné est aussi dégradée par l'existence possible ou avérée de microfissures, voire de fissures millimétriques dans l'épaisseur ou en surface de cuve, non présentes et non mesurées dans les éprouvettes ;
- les éprouvettes étant simplement logées sans contrainte dans les capsules, elles ne subissent pas les contraintes mécaniques et leurs variations éprouvées par le matériau de cuve lui-même au cours des années de service et des variations de régime, de séquences d'arrêt-démarrage. Or, la fragilisation des aciers de cuve est due au couplage de l'ensemble des facteurs de vieillissement, dont les contraintes thermomécaniques. Cette *différence d'historique thermomécanique entre les éprouvettes et le métal de cuve* peut être une cause supplémentaire de non-représentativité des éprouvettes du PSI ;
- *l'incertitude des méthodes de mesure des ténacités* elle-même n'est pas sans impact sur la pertinence des résultats issus des tests pratiqués sur les éprouvettes du PSI55 et doit être incluse dans le calcul de dispersion pour l'élaboration des courbes-enveloppe ;

⁵² EDF (2014). *Cuve des réacteurs REP – Bases techniques du programme de surveillance des effets de l'irradiation (PSI)*. EDLMEM090209.

⁵³ Barcello F, Marini B, Sailliet S, Todeschini P (2018). *Metallurgical characterization of micro-heterogeneities in a 16MND5 forging*. Contribution of Materials Investigations and Operating Experience to Light Water NPPs' Safety, Performance and Reliability, Fontevraud 9, 17-20 September 2018, Avignon, France. https://www.researchgate.net/publication/328838041_Metallurgical_characterization_of_micro-heterogeneities_in_a_16MND5_forging.

⁵⁴ Sailliet S, Rupa N, Benhamou C (2006). *Impact of large forging macrosegregations on the reactor pressure vessel surveillance program*. Contribution of materials investigations to improve the safety and performance of LWRs. Fontevraud 6, 17-22 September 2006, France. https://www.researchgate.net/publication/336847087_Impact_of_large_forging_macrosegregations_on_the_reactor_pressure_vessel_surveillance_program.

⁵⁵ Iost A (2013). *Détermination de la ténacité de matériaux fragiles ou ductiles à partir de l'essai d'indentation*. Revue de Métallurgie 110(3), 215-233. <https://doi.org/10.1051/metal/2013065>. (Extrait : « Quel que soit le matériau, massif ou revêtu, fragile ou ductile, il existe des méthodes basées sur l'essai d'indentation qui permettent d'estimer Kc avec une incertitude généralement de l'ordre de ±30 %. Il est actuellement le seul qui permet d'estimer la ténacité de précipités de petites dimensions ou de zones de soudure, et il s'avère d'un apport indispensable dans le souci d'améliorer la fiabilité des matériaux. L'essai de dureté instrumenté, non destructif et portable, peut être utilisé pour calculer la durée de vie résiduelle de structures telles que les canalisations, les réservoirs sous pression ou les cuves de centrales de réacteurs nucléaires »).

- l'incertitude sur la mesure de la température de transition ductile-fragile d'une série d'éprouvettes d'une capsule donnée est évaluée généralement entre 8 °C et 33 °C selon différentes recherches⁵⁶ ;
- l'incertitude sur la mesure des flux neutroniques reçus réellement par chaque éprouvette (au sein d'une capsule donnée) autour du cœur, et sur l'estimation du flux neutronique reçu réellement en chaque point de la cuve (en particulier aux points chauds aux azimuts d'irradiation maximale) peut dépasser 16%. Elle est due d'abord au type de sondes de dosimétrie neutronique utilisées (mesures par activation, peu précises), à leur sensibilité spectrale limitée pour la plupart aux neutrons d'énergie cinétique supérieure à 1 MeV/neutron, alors que le spectre d'énergie des neutrons traversant les cuves est dans la plage [0,01 – 10 MeV/n] (Fig. 6). Elle provient aussi de leur positionnement par rapport au cœur et aux éprouvettes (présence d'obstacles masquant ou absorbant partiellement le flux neutronique par exemple)⁵⁷. On ne dispose toujours pas à l'heure actuelle de sondes neutroniques adaptées à tout le spectre d'intérêt⁵⁸. Or, le flux total des neutrons dans la seule tranche d'énergie 0,1 – 1 MeV représente près de la moitié de tout le flux neutronique au-dessus de 0,1 MeV (Fig. 7), et leur contribution en termes d'efficacité de déplacement d'atomes est également très importante⁵⁹. L'idéalité des calculs de validation du spectre neutronique des sondes par la simulation de la neutronique du cœur n'est pas sans poser de problèmes quant à leur représentativité vis-à-vis du flux neutronique > 1 MeV réel et du flux neutronique total > 0,1 MeV reçu par les parois internes des cuves en chaque point (en particulier au droit des éprouvettes) ;

⁵⁶ Hein H. et al. (2019). *Effects of additional uncertainties and handling and mitigation of uncertainties*. SOTERIA Final Workshop, 25-27 June 2019, Miraflores de la Sierra, Spain.

<https://cmt.sym.place/serve-file/e0/11526467023/di/c0/kau1RfnDAVUwNlsRFBWhhTjLwONq7ZruuK64wbiBZ4U/75000/78703/files/05hieronymusheinfamatomeeffectsofadditionaluncertaintiesandhandlingandmitigationofuncertainties.pdf>.

⁵⁷ Thiollay N (2017). *Validation de la fluence reçue par la cuve Poursuivre le fonctionnement des réacteurs nucléaires après 40 ans*. CEA, Journée Technique SFEN, 27 novembre 2017. <https://cea.hal.science/cea-02614139>.

⁵⁸ Sergeyeva V (2016). *Développement d'une technique innovante de dosimétrie en réacteur pour la caractérisation du spectre neutronique dans le domaine d'énergie 1 keV - 1 MeV*. Thèse Université Aix-Marseille – CEA, 9 novembre 2016. <https://www.theses.fr/2016AIXM4069>. (Extraits : « La caractérisation des spectres neutroniques est aujourd'hui bien établie dans les domaines thermique, épithermique ($E_{\text{neutron}} \leq 1$ keV) et rapide ($E_{\text{neutron}} \geq 1$ MeV), mais se heurte à une absence de détecteur adapté au domaine énergétique compris entre 1 keV et 1 MeV ». « Dans le contexte du vieillissement du parc électronucléaire, si la tenue des cuves de réacteurs a, dans un premier temps, été corrélée au bombardement neutronique d'énergie supérieure à 1 MeV, les regards se portent de plus en plus sur l'implication des neutrons de moindres énergies quant à la modification des propriétés métallurgiques des éléments de sûreté d'un réacteur. »).

⁵⁹ Carew JF, Hu K, Aronson A, Prince A, Zamonsky G (2001). *PWR and BWR Pressure Vessel Fluence Calculation Benchmark Problems and Solutions (NUREG/CR-6115)*. Division of Engineering Technology Office of Nuclear Regulatory Research U.S. Nuclear Regulatory Commission Washington, DC 20555-0001. <https://www.nrc.gov/docs/ML0129/ML012900043.pdf>.

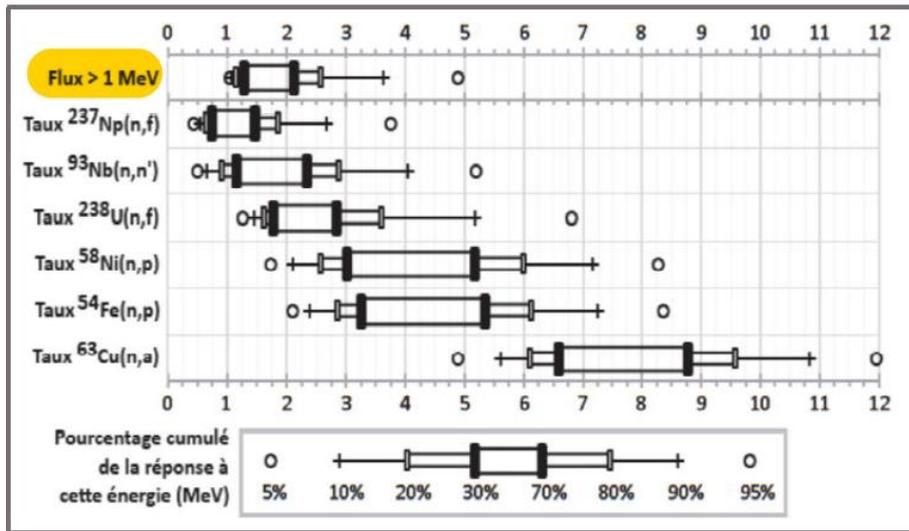


Fig. 6. Sensibilité énergétique des dosimètres neutroniques actuels (réf. 45).

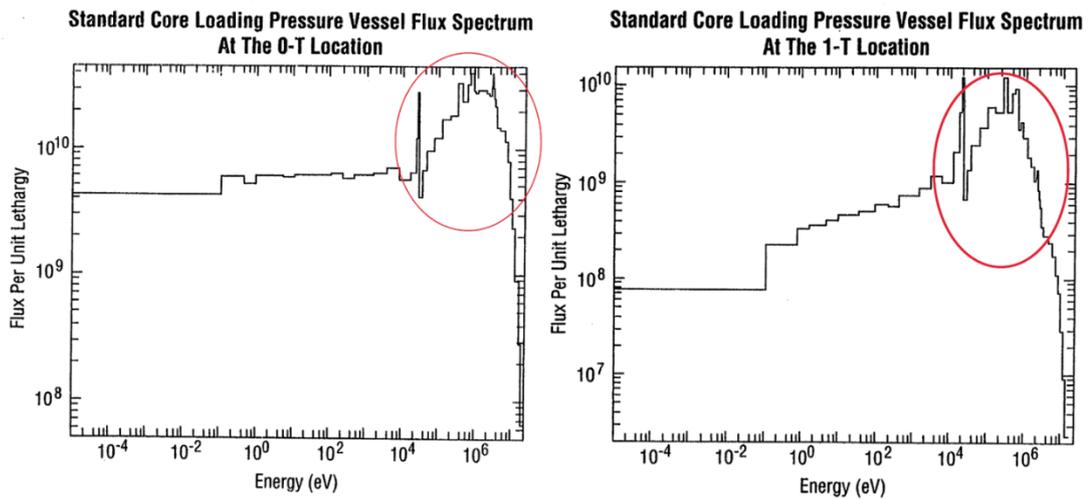


Fig. 7. Spectre du flux neutronique calculé traversant la paroi de cuve (à gauche : flux entrant avant absorption ; à droite : flux sortant après traversée, réf. 47).

- comme l'incertitude sur la détermination du flux neutronique réel à tout instant en un point donné des cuves par les sondes internes pose toujours des problèmes de précision et de fiabilité⁶⁰, il aurait semblé plus pertinent que les mesures neutroniques soient opérées par des sondes *externes* fixes et constamment actives en de nombreux points tout autour des cuves comme c'est le cas aux USA, pour remonter au spectre réel et complet de neutrons impactant la surface interne des cuves, moyennant quelques calculs classiques de diffusion neutronique lors de la traversée de l'épaisseur des cuves (20 cm, 22 cm et 25 cm selon les paliers nucléaires des réacteurs). Il en

⁶⁰ Košťál M, Losa E, Schulc M, Czakoj T, Peltan T, Šimon J, Juříček V, Rypar V, Thiollay N, Destouches C, Radulović V, Trkov A, Capote R (2021). Testing of various neutron filters in reference neutron field in LR-0 reactor for nuclear data validation and verification. Applied Radiation and Isotopes 169, 109566. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109566>.

résulte une incertitude sur la valeur mesurée de la fluence reçue par les cuves comprise entre 9 % et 20 % ;

- les incertitudes sur les sections efficaces de capture neutronique de nombreux noyaux atomiques au sein du combustible nucléaire sont parfois importantes, de l'ordre de 5 % à 32 %, en particulier celles de l'uranium⁶¹, qui impacte fortement la neutronique du réacteur et le calcul du spectre neutronique du flux de neutrons traversant les cuves. De même, il existe encore aujourd'hui un angle mort concernant l'impact des rayons gamma émis par le cœur sur l'acier des cuves qu'ils traversent.

4.2. Évaluation et incertitudes des chocs froids sous pression

D'après les résultats des recherches les plus récentes présentées plus haut (cf. section 3), les formules de fragilisation par irradiation FFI (ou formules d'irradiation supérieures FIS) devraient impérativement être modifiées pour déterminer au plus juste l'élévation ΔRT_{NDT} de la température de transition ductile fragile future de chaque cuve nucléaire avec l'augmentation prévisible de la fluence ϕ_t en cas de prolongation de service, en tenant compte de la dispersion de sa composition chimique X_i en éléments d'alliage, de l'accélération du vieillissement aux fluences élevées, de la fluence effective ϕ_{te} corrigée du flux neutronique ϕ , des incertitudes sur la mesure de la température de transition ductile fragile initiale ($\pm 10,4$ °C) et sur la mesure de la fluence (± 9 %). La courbe de ténacité critique K_{IC} doit également les intégrer.

Le calcul du facteur d'intensité des contraintes K_{CP} en fond de fissures existantes ou de fissures standard doit évaluer au mieux les contraintes thermiques pour les intégrer aux contraintes mécaniques exercées par la différence de pression interne – externe exercée sur la cuve, tenir compte de la forme et de l'orientation des fissures existantes ou génériques (standard), de la fluence effective.

L'analyse d'intégrité d'une cuve âgée doit prendre en compte le risque le plus pénalisant pour la cuve, pouvant conduire à sa rupture lors d'un choc froid sous pression. Le cas considéré d'un accident par perte de réfrigérant primaire APRP (ou par rupture de tuyauterie de vapeur RTV) est celui d'une brèche importante (au moins 200 cm²), en phase liquide et en diphasique, en tenant compte d'un possible effet de panache d'eau froide sur la fissure. L'évolution de la fluence intègre la limitation minimale du flux neutronique au droit de la fissure, apportée par la gestion des combustibles partiellement irradiés en périphérie de cœur (gestion Cyclade pour les réacteurs du palier CPO par exemple) puis par l'insertion d'éventuelles barres de hafnium⁶² placées en face des points chauds.

L'objectif des simulations est de déterminer le **facteur de marge** $fm = K_{IC}/K_{CP}$ minimal au cours d'un tel accident dans un réacteur nucléaire conduisant à un choc froid sous pression (CFP), de tracer les courbes d'évolution du facteur d'intensité des contraintes K_{CP} en fond de fissures pénalisantes au cours de du CFP pour déterminer si elles risquent de couper la courbe de

⁶¹ Mingrone F. et al (2017). Neutron capture cross section measurement of ²³⁸U at the CERN n_TOF facility in the energy region from 1 eV to 700 keV. Physical Review C 95, 034604. <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.95.034604>. (Extrait : "From 20 to 80 keV the cross section from this work tends to stay slightly below the evaluated data, while for higher neutron energies from 80 to 700 keV the trend is opposite, and this work yields a cross section 15 to 25% higher than the ENDF/B-VII.1 evaluation, and 21 to 32% higher than the JEFF-3.2 evaluation. (...) data from this work yield a 16% higher value for the energy distribution peaked at $E_n = 426$ keV").

⁶² Bourganel S, Thiollay N, Mosca P (2018). Analysis of hafnium configuration of FLUOLE-2 program. ANS RPSD 2018 - 20th Topical Meeting of the Radiation Protection & Shielding Division of ANS, Santa Fe, NM, August 26 – 31, 2018. <https://cea.hal.science/cea-02339257>.

ténacité K_{IC} dans la période de prolongation, en combien de temps, et si les fissures peuvent se propager dans toute l'épaisseur de la cuve analysée ou s'arrêter avant de déboucher.

4.3. Évaluation et incertitudes des risques de rupture de cuves nucléaires 900 MWe

Les simulations numériques de tenue des cuves 900 MWe (les plus anciennes du parc nucléaire) dans l'hypothèse d'une prolongation de service à 50 ans (voire 60 ans) réalisées par Framatome et EDF en 2014 avaient montré que les cuves les plus irradiées et fissurées (Fessenheim, Tricastin, Bugey, St Laurent sur Loire, Dampierre) pouvaient présenter des *facteurs de marge problématiques* (inférieurs à 1 ou très proches de 1) sur certaines fissures dans plusieurs des situations accidentelles évoquées plus haut, à partir de projections de flux neutroniques dits « enveloppes » (sans mesure supplémentaire d'absorption de neutrons par barres de hafnium⁶³) de $4,6 \times 10^{10}$ n/(cm².s) et de flux neutroniques « réalistes » (avec diminution par barres d'absorption de hafnium) de 3,9 et $3,6 \times 10^{10}$ n/(cm².s) pour les cuves 900 MWe des paliers CPO (Fessenheim, Bugey) et CPY (Blayais, Chinon, Cruas, Dampierre, Gravelines, St Laurent, Tricastin), respectivement. Les fluences étaient calculées avec un coefficient de production moyen de 85 % sur l'année. Les résultats laissaient apparaître des fluences « enveloppes » aux points chauds pouvant atteindre $6,96$ et $8,19 \times 10^{19}$ n/cm² à 50 et 60 ans dans certaines cuves, réduites aux fluences « réalistes » de $6,32$ et $7,37 \times 10^{19}$ n/cm² à 50 et 60 ans pour les plus irradiées (Fessenheim)⁶⁴.

Il faut cependant relativiser ces prévisions, du fait de l'incertitude élevée sur la mesure des flux neutroniques réels par les sondes dosimétriques (cf. section 4.1), de l'absorption réduite des neutrons par les barres de hafnium en dehors des points chauds (- 45 % aux points chauds prévus, -4 % entre points chauds probables), les résultats des tests opérés sur le réacteur Tricastin 3 n'étant pas encore publiés.

Il apparaît néanmoins que les fluences envisagées par EDF, même en cas de diminution sélective du flux neutronique aux points chauds, entreraient dans le domaine des fluences élevées auxquelles le phénomène d'accélération de la fragilisation des aciers de cuve devient important.

Il est donc nécessaire d'intégrer les modifications détaillées plus haut (cf. section 3.1) dans les simulations de comportement des fissures des cuves 900 MWe en situation accidentelle de chocs froids sous pression (CFP) dans les cuves irradiées au-delà de 40 ans de service pour évaluer le risque de rupture de ces cuves.

4.4. Résultats d'analyse d'intégrité des cuves nucléaires 900 MWe

Nous faisons l'hypothèse d'un choc froid sous pression suite à un APRP important (brèche 200 cm² au moins) survenant dans un réacteur 900 MWe en service à pleine puissance, dont la cuve présente une distribution de fissures semi-elliptiques axiales sous revêtement inox

⁶³ *Hafnium* : élément chimique 72 (Z = 72 protons par noyau atomique) très neutrophage. Parmi ses isotopes (35,1 % de Hf180 ; 27,3 % de Hf178 ; 18,6 % de Hf177 ; 13,6 % de Hf179 ; 5,2 % de Hf176), c'est l'isotope 177 qui absorbe le plus les neutrons thermiques (section efficace 373 barn) en se transformant en isotopes 178, 179, 180, 181, 182, etc. Ce dernier est radioactif β^- et se transmute en Ta181 (isotope radioactif β^- du tantale, élément chimique 73).

Ulybkin A, Rybka A, Kovtun K, Kutny V, Voyevodin V, Pudov A, Azhazha R (2019). *Radiation-induced transformation of Hafnium composition*. Nuclear Engineering and Technology 51(8), 1964-1969. <https://doi.org/10.1016/j.net.2019.06.007>.

⁶⁴ EDF (2014). VD4 900 MWe. *Estimation des fluences cumulées par la cuve aux points chauds*. Note technique

pouvant atteindre 18 mm de profondeur et 51 mm de longueur. Le rayon interne et l'épaisseur de la cuve sont $R = 2$ m et $e = 20$ cm.

La fluence minimale ϕ_t atteinte supposée est celle projetée par EDF dans ses projections « réalistes » autour de 50 ans de service pour les cuves les plus fragilisées, et intègre l'incertitude de 9 % prévue, soit $\phi_t = 7,09 \times 10^{19}$ n/cm². Le flux neutronique ϕ est supposé réduit à $3,9 \times 10^{10}$ n cm⁻² s⁻¹ par les mesures de gestion des barres combustibles et d'introduction des barres de hafnium, ce qui modifie la fluence effective ϕ_{te} à prendre en compte dans le calcul du facteur d'intensité des contraintes K_{CP} .

Les simulations sont menées avec différentes hypothèses de formules de calcul :

- du facteur d'intensité des contraintes⁶⁵ :

$$K_{CP} = \sigma_t \sqrt{\pi a} / \sqrt{1 - \nu^2} \quad (\text{fissure longue } 2c \gg a)$$

$$K_{CP} = F_t \sigma_t \sqrt{\pi a / Q} \quad (\text{fissure semi-elliptique}) \quad \text{avec } Q = 1 + 1,464 (a/c)^{1,65} \text{ et}$$

$$F_t = 1 + [0,02 + \xi(0,0103 + 0,00617\xi) + 0,0035(1 + 0,7\xi)(R/e - 5)^{0,7}]Q^2$$

$$\xi = 2c/e$$

- de la formule de fragilisation par irradiation FFI (formule d'irradiation supérieure FIS) se répercutant sur le calcul de l'élévation de température de transition ductile fragile ΔRT_{NDT} (actuelle et modifiée) :

$$15,4 [1 + 35,7 (X_P - 0,008)_+ + 6,6 (X_{Cu} - 0,08)_+ + 5,8 X_{Ni}^2 X_{Cu}] (\phi_t / 10^{19})^{0,59} \text{ et}$$

$$15,4 [1 + 35,7 (X_P - 0,008)_+ + 6,6 (X_{Cu} - 0,08)_+ + 5,8 X_{Ni}^2 X_{Cu}] (\phi_{te} / 10^{19})^{0,59+0,41 \text{Tanh}(\phi_{te}/120)}$$

en ajoutant une incertitude de 10,4 °C, avec trois variantes de concentrations massiques X_i en éléments d'alliage :

m)	X_i (%)	moyenne	maximale matrice	maximale veine sombre
	P	0,010	0,013	0,029
	Cu	0,08	0,08	0,125
	Ni	0,75	0,84	1,02

- de la ténacité critique (code RCC-M) :

$$K_{IC} = 40 + 20 \exp [0,038 (T - RT_{NDT})] + 0,09 (T - RT_{NDT}).$$

Les courbes d'évolution de la RT_{NDT} obtenue sont représentées sur la Fig. 8.

⁶⁵ Anderson TL (1995). Fracture Mechanics, Fundamentals and Applications. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.

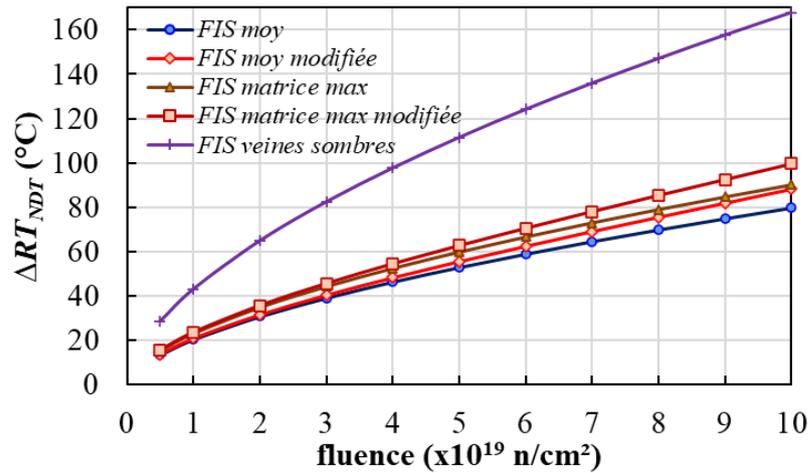


Fig. 8. Courbes de fragilisation par irradiation.

L'évolution de la pression interne et de la température moyenne du circuit primaire au cours de l'accident de choc froid sous pression (Fig. 9) montre une chute très rapide de la pression avec une moindre diminution au passage à la pression de vapeur saturante (mélange eau liquide-vapeur sous pression), accompagnant le refroidissement de plus en plus rapide dû à l'injection de l'eau froide de sécurité.

Il faut souligner que des *effondrements de pression plus rapides* pourraient survenir en cas de brèches plus sévères. D'autre part, la chute de température de l'eau dans le panache qui s'écoule directement le long d'une partie de la surface intérieure de la cuve présente une baisse beaucoup plus marquée, mais aussi beaucoup plus fluctuante que celle de la température moyenne de l'eau de la cuve représentée sur cette figure.

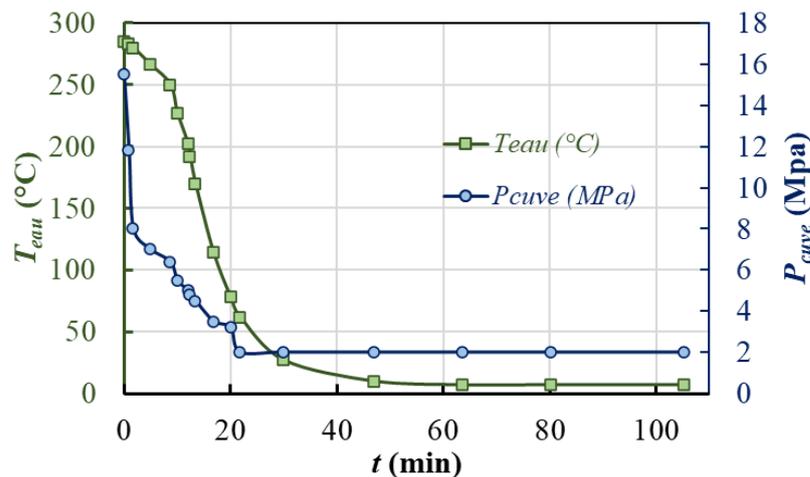


Fig. 9. Évolution de la pression et de la température du circuit primaire au cours du CFP.

L'ensemble des variantes détaillées ci-dessus sont intégrées dans les courbes de comparaison du facteur d'intensité des contraintes K_{CP} et de la ténacité critique normale K_{IC} (Fig. 10) et dans celles de leur évolution temporelle (Fig. 11) au cours du choc froid sous pression.

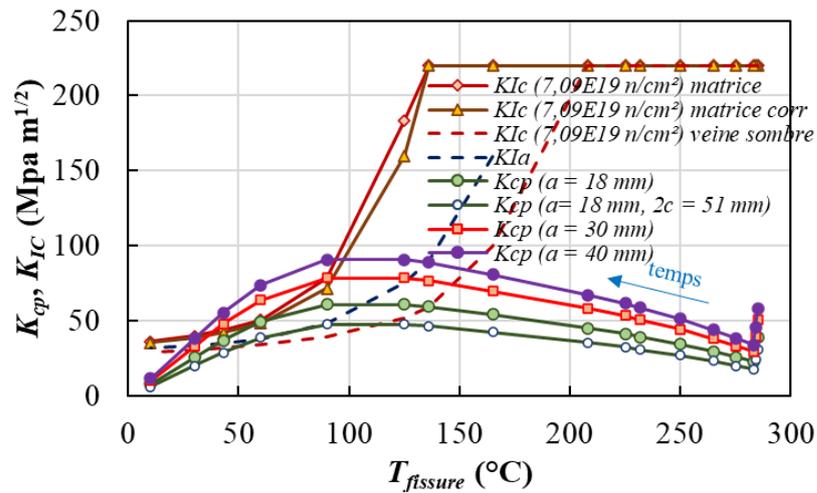


Fig. 10. Courbes thermiques du facteur d'intensité des contraintes K_{CP} de différentes fissures et de la ténacité K_{IC} usuelle et corrigée dans la matrice et dans les veines sombres au cours du CFP dans une cuve 900 MWe à 50 ans de service.

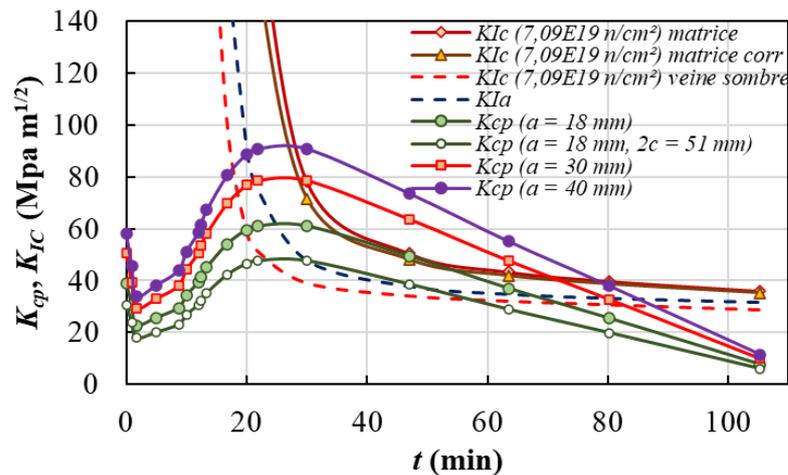


Fig. 11. Évolution du facteur d'intensité des contraintes K_{CP} de différentes fissures au cours du CFP.

L'examen de ces courbes amène aux constats suivants :

- le facteur d'intensité des contraintes pour la *fissure semi-elliptique de profondeur 18 mm* dans l'acier 16MND5 de composition chimique moyenne ou maximale reste dans le domaine de sécurité de la cuve avec un facteur de marge minimal de 1,3 au cours du CFP à la fluence projetée « réaliste 50 ans » par EDF. Si la fissure n'est pas dans une zone de point chaud, la marge de sécurité est augmentée ;
- cependant, ce n'est pas le cas *si la fissure semi-elliptique est située dans une veine sombre*, la fissure pouvant alors s'agrandir brutalement pendant environ 25 min avec une incertitude sur la condition d'arrêt qui ne prend pas en compte la composition chimique spécifique de ces veines sombres. Rappelons que les calculs sont menés en utilisant la température moyenne de l'eau primaire au cours du CFP ; les facteurs de

margin se réduisent fortement lorsque l'on prend en compte la température de la zone sous le panache d'eau froide d'injection ;

- si la fluence projetée à 60 ans est « réaliste », le *facteur de marge* de la fissure semi-elliptique 18 mm se réduit aux environs de 1,2 à la température moyenne de l'eau primaire, et s'approche de 1 si la fluence est « enveloppe ». Compte tenu de l'effet de panache d'eau froide, il peut passer en dessous de 1 pendant des durées plus ou moins longues selon la température de l'eau d'injection de sécurité utilisée (7 °C, 20 °C, 30 °C) ;
- si la *longueur de la fissure* de profondeur 18 mm dépasse 400 mm, le *facteur de marge* « réaliste » tombe en dessous de 1. On voit que la courbe K_{CP} d'une fissure de 18 mm très longue dépasse effectivement la courbe de ténacité corrigée K_{IC} pendant 20 min, ce qui laisse largement le temps à la fissure de se propager dans l'épaisseur de la cuve, la courbe de ténacité d'arrêt étant nettement en dessous. Il faut alors tenir compte de l'élargissement de la fissure en décalant pas à pas la courbe K_{CP} dans le temps et avec la température pour déterminer si la propagation de la fissure continue. On constate en effet que les courbes de facteur d'intensité des contraintes des fissures plus profondes (30 mm, 40 mm) se décalent très nettement dans le domaine fragile au-dessus de la courbe de ténacité pendant des durées allongées ;
- le *facteur de marge* passe en dessous de 1 lorsque la fissure elliptique atteint une profondeur $a = 27$ mm à facteur de forme $2c/a = 2,83$ constant. La courbe de son facteur d'intensité des contraintes K_{CP} commence alors à traverser la courbe de ténacité K_{IC} corrigée : le risque de propagation spontanée à 50 ans « réaliste » devient très important ; à 60 ans de fluence « réaliste », cette fissure peut se propager dans l'épaisseur de la cuve pendant près de 20 min, ce qui correspond au *temps de propagation du front froid* $\tau = D^2/\alpha_d$ (α_d est la diffusivité thermique de l'acier) sur $D = 140$ mm dans la cuve et peut empêcher l'arrêt de la croissance de la fissure ;
- la *composition chimique locale de l'acier* influe fortement la ténacité, comme le montre la différence entre la courbe K_{IC} de la matrice, calculée aux concentrations maximales de l'acier 16MND5, et celle des veines sombres ;
- la *correction de la FFI* (ou FIS) pour tenir compte de l'accélération de la fragilisation de l'acier aux fluences élevées abaisse nettement la courbe de ténacité K_{IC} « *matrice corr* » de l'acier par rapport à la courbe non corrigée « *matrice* », ce qui augmente les risques de propagation des fissures existantes ;
- l'ouverture d'une *grande brèche* de plus de 1000 cm² (rupture complète d'une tuyauterie) et l'*impact du panache d'eau froide* accélèrent le refroidissement de la paroi de cuve et accroissent la contrainte thermique à la fissure, ce qui élève la courbe du facteur d'intensité des contraintes autour de son maximum au-dessus de la courbe de ténacité, car le choc thermique met environ 30 s à traverser la fissure, 85 s à parcourir 30 mm puis 151 s à atteindre 40 mm, durées compatibles avec la propagation de la fissure tant que $K_{CP} > K_{IC}$. Des simulations supplémentaires devraient le confirmer, conformément aux résultats présentés en section 3.3.

Au vu de ces résultats, nous pouvons conclure que la prolongation de service à 50 ans commence à poser des problèmes de résistance des cuves les plus irradiées et fragilisées comportant une distribution de fissures de taille millimétrique lorsqu'on tient compte des nombreuses incertitudes qui affectent les mesures de flux neutroniques, la composition chimique inhomogène d'éléments d'alliage des cuves, les dimensions des fissures, mais aussi de l'effet accélérateur de fragilisation aux fluences élevées et à flux neutronique réduit, de l'augmentation des contraintes thermiques due au panache d'eau de refroidissement de sécurité, de la présence de veines sombres, etc.

Certaines fissures peuvent en effet se trouver momentanément en mesure de se propager spontanément, car leur facteur de marge peut devenir insuffisant ($f_m < 1$) pendant un temps suffisant pour qu'elles puissent se propager en quelques minutes à travers la cuve, au risque d'induire la rupture ductile ou plastique de celle-ci, amenant à sa destruction et à un accident majeur (perte totale de réfrigérant, fusion du cœur).

5. Conclusions

Il est essentiel pour l'exploitant et pour l'autorité de sûreté nucléaire de prendre en considération cet ensemble de données et de travaux pour mettre en place dès la VD4 (4^{ème} visite décennale) de chaque réacteur 900 MWe toutes les mesures techniques nécessaires de contrôle de l'état des cuves en profondeur, de renforcement de mesures fiables du flux neutronique à l'extérieur et à l'intérieur des cuves pour valider les calculs d'augmentation réelle de la fluence en chaque point, en particulier à travers les défauts décelés dans ces cuves.

Il est également très important de pouvoir vérifier l'état réel du vieillissement des cuves nucléaires commerciales âgées et fragilisées pour connaître l'effet de l'histoire des contraintes thermomécaniques subies réellement par les cuves pendant 40 années de service. Il serait donc très utile pour la communauté scientifique et dans l'intérêt des populations que l'une des deux cuves de la centrale nucléaire de Fessenheim, aujourd'hui définitivement fermée depuis juin 2020, soit découpée finement en de très nombreux échantillons (*démantèlement scientifique*)⁶⁶ sur toute sa hauteur et tout son azimut (et plus particulièrement la virole de cœur) qui pourront être analysés mécaniquement, structurellement et chimiquement par les méthodes d'analyse les plus avancées dans les laboratoires de recherche européens et états-unis les plus performants et indépendants des exploitants.

Par ailleurs, la décision de prolongation de chaque réacteur nucléaire doit être prise séparément, du fait des particularités et de l'histoire de chacun d'eux. Elle doit être solidement justifiée par des analyses complètes, transparentes, contrôlées indépendamment pas l'autorité de sûreté nucléaire, les instituts de recherche spécialisés, les scientifiques indépendants, les associations spécialisées et concernées de manière à assurer juridiquement la responsabilité de chaque prolongation de service de réacteur au-delà de sa 4^{ème} visite décennale.

⁶⁶ La proposition de démantèlement scientifique d'une des deux cuves de la centrale nucléaire de Fessenheim figure dans le rapport remis à sa demande au Préfet du Haut-Rhin le 14 mars 2019 : Laroche Lambert T (2019). *Propositions pour la transition énergétique dans le Haut-Rhin et le Territoire de Belfort après la fermeture définitive de la centrale nucléaire de Fessenheim*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.24946.56000>.

Il s'agit d'une responsabilité morale et juridique qui engage à la fois l'autorité de sûreté nucléaire et l'exploitant vis-à-vis des populations et des employés possiblement impactés par un accident nucléaire dû à une rupture de cuve par choc froid sous pression, mais aussi des générations futures lorsque cet accident se traduit par une contamination radioactive généralisée et irréversible de larges territoires français et européens impactés pendant des décennies et des siècles, en conformité avec la récente décision n° 2023-1066 QPC du 27 octobre 2023 du Conseil constitutionnel⁶⁷ qui reconnaît pour la première fois la protection des générations à venir (« *le législateur doit veiller à ce que les choix destinés à répondre aux besoins du présent ne compromettent pas la capacité des générations futures et des autres peuples à satisfaire leurs propres besoins* ») en posant un cadre à la protection des générations successives (celles qui ne sont pas encore nées) : le législateur doit veiller à la respecter lorsqu'il adopte des « *mesures susceptibles de porter une atteinte grave et durable* » à l'environnement.

En l'état, l'esprit de cette décision peut s'étendre *a priori*, au-delà du législateur, aux personnes morales en responsabilité collective et aux individus en responsabilité individuelle, prenant part à la décision de prolongation de service de réacteurs nucléaires âgés et fragilisés en toute connaissance de cause, au vu d'analyses scientifiques concluant à des risques non négligeables d'accidents graves de ces réacteurs par choc froid sous pression, quelles qu'en soient les causes (incident technique, erreur humaine, événement extérieur).

Il convient donc de prendre la mesure des risques encourus à la lumière des avancées scientifiques sur la connaissance des mécanismes de fragilisation thermomécanique des cuves nucléaires sous irradiation, des risques, probabilités et incertitudes d'accidents par chocs froids sous pression potentiels qu'ils pourraient subir.

⁶⁷ Conseil constitutionnel, Décision n° 2023-1066 QPC du 27 octobre 2023.
<https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/2023/20231066QPC.htm>.

La protection de l'environnement auprès de peuples autochtones en République démocratique du Congo

Justin MALUNDAMA MBONGO

Doctorant à l'Université de Haute-Alsace
CERDACC (UR 3992)

Résumé : Les peuples autochtones en République démocratique du Congo détiennent des aspects socio-culturels protecteurs de l'environnement. Certains répondent à une rationalité écologique tandis que d'autres se fondent sur les croyances. L'élément important est que ces aspects socio-culturels concourent effectivement à la protection de l'environnement. L'influence du monde contemporain et de certaines doctrines religieuses font reculer les pratiques nécessaires à la protection de l'environnement. Et pourtant, il est judicieux de recourir au savoir traditionnel pour protéger la planète. Le législateur a beaucoup à puiser dans la richesse culturelle des peuples autochtones pour pallier les défis écologiques de l'humanité.

Mots-clés : Protection de l'environnement, peuples autochtones, lieux sacrés, protection des espaces, personnalité juridique du vivant, aspects socio-culturels protecteurs de l'environnement.

Abstract: *Indigenous peoples in the Democratic Republic of Congo have a number of socio-cultural aspects that protect the environment. Some are based on ecological rationality, others on beliefs. The important thing is that these socio-cultural aspects actually contribute to environmental protection. The influence of the contemporary world and of certain religious doctrines is pushing back the practices needed to protect the environment. And yet, it makes sense to use traditional knowledge to protect the planet. Lawmakers have much to draw on from the cultural wealth of indigenous peoples to address humanity's ecological challenges.*

Keywords: *Environmental protection, indigenous peoples, sacred places, protection of spaces, legal personality of living beings, socio-cultural aspects of environmental protection.*

Depuis les âges anciens, les sociétés détiennent des pratiques et usages qu'elles qualifient de coutumes ou de traditions. Ces pratiques et usages sont communément considérés comme des valeurs. Celles-ci ont, un moment donné, constitué le seul mode d'organisation de la vie en société¹. Chaque individu devait se conformer à ce mode de vie socialement admis. Ce qui permettait de l'identifier à la société à laquelle il appartenait. Avec le temps, les mœurs de ces sociétés ont été codifiées pour la plupart². Le constat est que les sociétés nordiques ont codifié la majorité de leurs coutumes³ tandis que les sociétés du Sud gardent encore une bonne partie

¹ R. Granger, « La tradition en tant que limite aux réformes du droit », In *Revue internationale de droit comparé*, Vol. 31, N°1, Janvier-mars 1979, p. 37.

² L. Assier-Andrieu, « Penser le temps culturel du droit - le destin anthropologique du concept de Coutume », In *L'homme*, 160, 2001, pp. 67-68 ; J.-P. Warnier, « Invention des traditions et esprit d'entreprise : une perspective critique », In *Afrique contemporaine*, Vol. 2, N° 226, 2008, p. 243.

³ A. Wyssbrod, *De la coutume au code. Résistances à la codification du droit civil à Neuchâtel sous l'Ancien Régime*, Musée d'art et d'histoire, Neuchâtel (Suisse), Ouvrage adapté de la thèse de doctorat soutenue le 12 septembre 2018 à l'Université de Neuchâtel (Suisse), 2019, p. 18 ;

de leurs traditions dans la vie courante malgré la codification⁴. C'est ainsi que Y.-F.A. Le Lay et F.B. Permingeat notent que les coutumes consistent en des normes nées des pratiques observées dans une société donnée. Elles ont subi des codifications qui ont contribué à en faire une source de droit plus officielle. Le législateur a voulu assurer la prééminence de la loi sur les coutumes⁵.

La protection de l'environnement était prise en compte dans les anciennes sociétés. M. Kamto soutient qu'en Afrique, la protection de la nature et le souci de préserver l'équilibre du milieu sont une préoccupation constante de la plupart des sociétés traditionnelles. Dans ces sociétés, l'homme vit de manière générale en harmonie avec la nature. Il se conçoit comme un de ses éléments⁶. Cette préoccupation se traduit juridiquement par des prescriptions du droit coutumier qui réglementent la coupe des arbres, l'utilisation des cours d'eau, la chasse, les feux de brousse, l'affectation et l'utilisation des sols⁷. Le fait de se conformer aux principes ayant pour finalité la protection de l'écologie montre que le droit à l'environnement existait nonobstant sa reconnaissance juridique.

Le droit à l'environnement protège l'homme, son milieu de vie et ce qui l'entoure⁸. Le concept de « peuples autochtones » est polysémique⁹. Les textes juridiques congolais ne définissent pas la notion de « peuples autochtones ». « Dans une perspective étymologique, le terme autochtone désigne celui qui est issu du sol même où il habite »¹⁰. Les études de E.-I. Daes ont démontré qu'il est impossible et non souhaitable de définir universellement les peuples autochtones. D'ailleurs, les peuples autochtones se sont opposés à l'adoption d'une définition officielle sur le plan international pouvant les classer. Ils ont argué qu'ils ont longtemps souffert des définitions imposées par d'autres. Il est loisible que chaque peuple autochtone se définisse lui-même¹¹. Car cela doit tenir compte des spécificités de chaque région¹².

G. Walin, « La méthode législative dans les pays nordiques » ; In *Revue internationale de droit comparé*, Vol. 8, N°3, Juillet-septembre 1956, p. 389.

⁴ J. Yémalin Gnonlonfoun, *Le rôle de la pratique dans la formation du droit de la famille en Afrique noire francophone : cas du Bénin*, Thèse, Université de Perpignan, 2022, pp. 1-2 ; T. Moussa, « Part respective de la tradition et de la modernité dans les droits de la famille des pays d'Afrique noire francophone », In *Revue internationale de droit comparé*, Vol. 57, N°2, 2005, pp. 347-348.

⁵ Y.-F.A. Le Lay et F.B. Permingeat, « Spécificité territoriale et petits arrangements avec la loi : la place des usages locaux dans l'entretien de la rivière (XIXe-XXe siècles) », In *Géocarrefour*, N° 83, 2008, p. 47.

⁶ C'est le cas de la reconnaissance de la personnalité juridique des autres éléments de la nature en droit coutumier (F. Ost, « La personnification de la nature et ses alternatives », In : A. Bailleux, *Le droit en transition*, Coll. générale, Bruxelles, Ed. Presses universitaires Saint-Louis Bruxelles, 2020, p. 413 ; Ph. Descola, *Par-delà nature et culture*, Ed. Gallimard, « Bibliothèque des Sciences humaines », 2005, Cité par V. Cabanes, *Un nouveau droit pour la terre, Pour en finir avec l'écocide*, Ed. du Seuil, 2021, pp. 228 et 316).

⁷ M. Kamto, *Droit de l'environnement en Afrique*, Vanves, Ed. Edicéf/Aupelf, 1996, p. 66.

⁸ C. Stone, « Should trees have standing ? Towards legal rights for Natural objects », In *Southern California law rev.*, Vol. 45, 1972, Cité par M. Prieur, J. Bétaille, M.-P. Camproux Duffrene, H. Delzangles, V. Jaworski, S. Jolivet, G. Leray et J. Makowiak, *Droit de l'environnement*, Collection Précis, Dalloz, 9^e éd., Paris, 2023, p. 70.

⁹ « Il n'existe pas de définition juridique universellement admise de la notion de " peuple autochtone ". La notion des peuples autochtones est une notion extrêmement politisée, versatile, plastique » (Lire utilement S. Pessina, « Peuples autochtones (droit des) », In : F. Collart Dutilleul, V. Pironon et A. Van Lang (Sous la dir. scientifique de), *Dictionnaire juridique des transitions écologiques*, Coll. Transition & Justice, Paris, Ed. L.G.D.J. - Lextenso, 2018, pp. 590-597).

¹⁰ T. Cristino Frota Mont'Alverne et S. Teles da Silva, « Peuples autochtones », In : M. Torre-Schaub, A. Jézéquel, B. Lormeteau et A. Michelot (Sous la dir. de), *Dictionnaire juridique du changement climatique*, Coll. de l'Institut des sciences juridiques et philosophique de la Sorbonne, Ed. mare & martin, 2022, p. 403.

¹¹ CSC, Jugement, 03 octobre 1996, *Sa Majesté la Reine c. George Weldon Adams*, 3 RCS 101, § 26 ; CSC, Jugement, 11 décembre 1997, *Delgamuukw c. Colombie-Britannique*, 3 RCS 1010, § 137. Notons que les usages du territoire en cause par un peuple autochtone doivent être compatibles avec la nature de l'attachement qu'a ce peuple pour ces terres et qui y procure le fondement de son titre aborigène (Delgamuukw, supra, § 111) ; S. Rousselle, « Le droit des peuples autochtones et la protection de l'environnement au Canada », In *Revue juridique de l'environnement*, N° spécial, 2007, Le droit de l'environnement en Nouvelle-Calédonie, états des lieux et perspectives, p. 216.

¹² S. Pessina, *op.cit.*, In : M. Torre-Schaub, A. Jézéquel, B. Lormeteau et A. Michelot (Sous la dir. de), *op.cit.*, p. 594.

En République démocratique du Congo (RDC), les peuples autochtones¹³ peuvent être considérés comme les premiers habitants d'un milieu ou alors les occupants d'un lieu donné dans lequel ils se réclament intrinsèquement les origines¹⁴, qualité que les autres personnes ou groupes d'individus ne contestent pas ou ont fini par accepter à leur endroit, dont les caractéristiques spécifiques contrairement aux autres sont non équivoques, reconnus et protégés par l'Etat, qui sont attachés à la terre de manière permanente et parfois immédiate, en communion avec leurs ancêtres, et dont l'existence dépend essentiellement, dans certains cas, de l'exercice et de la jouissance des terres et des ressources naturelles. Ils détiennent quelques pratiques socio-culturelles qui jouent un rôle important dans la préservation des écosystèmes et de la biodiversité. A ces propos, la Cour suprême du Canada (CSC), dans l'affaire *Roland Edward Sparrow contre Sa Majesté la Reine*, a affirmé que les peuples autochtones sont traditionnellement sensibilisés à la conservation et ont toujours vécu dans des rapports d'interdépendance avec les ressources naturelles¹⁵. Cela constitue une base de réflexion sur les coutumes qui prônent la protection de l'environnement¹⁶.

Selon J.-L. Phola Nyimi, chez les peuples autochtones *yombe* en RDC, certains proverbes traduisent leur rationalité écologique en ces termes : « que les enfants ne s'amuse pas à concasser les noix de palme non mûres de peur qu'il y ait une pénurie des noix de palme ; que par ton village passe un éléphant, mais qu'il n'y meure pas ; le singe aime séjourner sur un arbre touffu mais l'arbre touffu n'a pas voulu que le singe y séjourne ; herbe verte, permets-moi de me poser sur toi ou de m'accrocher à toi. Tu vois bien que je suis moi-même porté par la rivière ! ; on a refusé la chaleur du feu au lézard, laissez-le se contenter de la chaleur du soleil ; abats un palmier, si tu ne le regrettes pas pour manque des noix de palme, tu le regretteras pour manque de nervures ; pendant que tu bois de l'eau il faut penser à la source »¹⁷. Ces proverbes expriment l'équilibre qui doit régner entre l'écologie et l'homme. Les actions anthropiques doivent se modeler dans une forme d'éthique environnementale. La nature est perçue comme sujet de droit¹⁸ au même titre que l'homme. C'est dans cette optique que la Cour constitutionnelle de la République de Colombie a reconnu des droits au fleuve *Atrato*¹⁹. Les interactions entre la nature et l'homme doivent être harmonieuses²⁰. C'est un mariage parfait : si l'un est insatisfait, les répercussions sur l'homme ne vont pas tarder.

¹³ Normalement, les peuples autochtones ne devraient renvoyer de manière particulière qu'aux pygmées. Cela se justifierait par le fait que les pygmées sont notoirement reconnus comme les premiers occupants de la RDC. Ils sont plus conservateurs en matière des connaissances et pratiques traditionnelles en faveur du climat. Ils mènent un mode de vie propice à la protection de la nature (R. Zhang, « Le Protocole de Kyoto et les pays en développement », In : Y. Petit (Sous la dir. de), *Droit et politiques de l'environnement*, Paris, Ed. La documentation Française, 2009, p. 42). Aussi, en RDC, le texte juridique interne en vigueur qui protège spécifiquement les droits des peuples autochtones renvoie aux pygmées (Loi n°22/030 du 15 juillet 2022 portant protection et promotion des droits des peuples autochtones pygmées, JORDC, N° spécial du Kinshasa - 14 novembre 2022). Mais cette étude fait allusion au peuple *Kongo* du fait de la faisabilité de la recherche. Ce peuple semble aussi conservateur et protecteur de la nature.

¹³ L. Hennebel et H. Tigroudja, *Traité international des droits de l'homme, Protection universelle, protections régionales, théories, fondements, interprétation, mise en œuvre, responsabilité, réparation*, 2^e éd., Pedone, 2018, p. 752.

¹⁴ I. Bellier, L. Cloud et L. Lacroix, *Les droits des peuples autochtones, Des Nations unies aux sociétés locales*, Coll. Horizons autochtones, Paris, Ed. L'Harmattan, 2017, p. 7.

¹⁵ CSC, Jugement, 31 mai 1990, *Roland Edward Sparrow c. Sa Majesté la Reine*, 1 RCS 1075, p. 1119 ; CSC, Jugement, 03 avril 1996, *R. c. Badger*, 1 RCS 771, § 74-85, § 97 ; S. Rousselle, *op.cit.*, p. 218.

¹⁶ C.-H. Born et F. Haumont, « Le droit à la protection d'un environnement sain », 2019, p. 1417, <https://www.researchgate.net/publication/291349859>, consulté le 13/05/2024.

¹⁷ J.-L. Phola Nyimi, *La rationalité écologique dans les proverbes Yombe*, Boma, Grand Séminaire Abbé NGIDI, 2020, pp. 15-16.

¹⁸ D. Roman, *La cause des droits, Ecologie, progrès social et droits humains*, Paris, Ed. Dalloz, 2021, p. 141.

¹⁹ CCC, Jugement, 10 novembre 2016, T-622/16, <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-622-16.htm>, Consulté le 24/10/2024.

²⁰ A. Thamba Khonde Mayaka, *Beauté et richesse de la culture Yombe*, Kinshasa, Ed. L'Épiphanie, 2022, p. 162.

Les conceptions, les pratiques et les usages traditionnels ont permis à l'homme de bien conserver la nature²¹ pendant des millénaires. L'industrialisation, les penchants économiques et la course au développement²² ont, entre autres, poussé l'homme au-delà du seuil tolérable. Cela étant, le recours à la coutume est indispensable pour éclairer la prise de position du monde écologique actuel. C'est ainsi que E. Schaeffer pense que dans tous les domaines qui ne conditionnent pas le développement, il paraît abusif de vouloir faire adopter aux Africains un mode de vie, dont rien ne prouve qu'il est plus porteur de bonheur de l'homme que le leur. On peut découvrir auprès d'eux les traditions et l'authenticité qui pourraient servir l'humanité dans la protection de l'environnement²³.

L'étude met l'accent sur quelques prescriptions coutumières qui ont une incidence sur la protection de l'environnement. Il est question d'étudier comment ces prescriptions coutumières peuvent être prises en compte pour contribuer aux défis écologiques. Les sociétés traditionnelles ont fait des connaissances propices à la nature des principes inviolables ou des traditions sacrées. De là découlent la protection des espaces (I) et les sanctions à la violation de l'intangibilité des lieux sacrés (II).

I) La protection des espaces

Le droit coutumier fait partie des sources du droit en RDC en matière de la protection des espaces. L'analyse de quelques textes en la matière le démontre. L'article 34 de la Déclaration des Nations unies sur les droits des peuples autochtones du 13 septembre 2007 dispose que « les peuples autochtones ont le droit de promouvoir, de développer et de conserver leurs coutumes, spiritualité, traditions, procédures ou pratiques particulières ». Cette disposition encourage l'usage du droit coutumier dans le chef des autochtones. Ainsi, les règles coutumières se rapportant à la protection des espaces sont à promouvoir pour leur bien-être et l'intérêt de l'humanité.

L'article 153, alinéa (al.) 4 de la Constitution de la République démocratique du Congo modifiée par la Loi n° 11/002 du 20 janvier 2011 portant révision de certains articles de la Constitution de la République démocratique du Congo du 18 février 2006 dispose que « les Cours et tribunaux appliquent les traités internationaux dûment ratifiés, les lois, les actes réglementaires pour autant qu'ils soient conformes aux lois ainsi que la coutume pour autant que celle-ci ne soit pas contraire à l'ordre public ou aux bonnes mœurs ». Cette disposition constitutionnelle tranche qu'en droit congolais, les textes juridiques et la coutume constituent la principale source formelle du droit. Ainsi, pour tout litige, le juge doit se référer à la loi et à la coutume. C'est l'originalité du droit congolais par rapport aux systèmes juridiques français et belge qui l'ont inspiré²⁴. Par rapport aux opinions de certains auteurs qui soutiennent que la loi est la première source formelle et la coutume la seconde²⁵, la lecture de l'article 153, al. 4 de la constitution ne dissocie pas les textes de la coutume. Les deux s'appliquent quand bien même les textes ont une autorité supérieure. C'est plutôt les autres sources du droit

²¹ V. Cabanes, *op.cit.*, p. 23.

²² J.-M. Lavielle, H. Delzangles, C. Le Bris, *Droit international de l'environnement*, Paris, 4^{ème} édition, Ellipses, 2018, p. 19.

²³ E. Schaeffer, « Aliénation, réception, authenticité », In *Réflexions sur le droit du développement*, N° 47, 1974, p. 311, Cité par V.E. Bokali, « La coutume, source de droit au Cameroun », In *Revue générale de droit*, Vol. 28, N° 1, Mars 1997, p. 39.

²⁴ Bokina Bokolombe, *L'influence du modèle français sur les codifications congolaises : cas du droit des personnes et de la famille*, Thèse, Université de Montpellier, 2013, résumé, <https://theses.fr/2013MON10031>, Consulté le 18/10/2024.

²⁵ C'est notamment le cas de J. Yav Matshung, *Syllabus du cours d'introduction général à l'étude du droit (IGED)*, pp. 23 et 25, <https://fr.scribd.com/document/451534673/COURS-D-INTRODUCTION-GENERALE-A-L-ETUDE-DU-DROIT-1ere-Partie>, consulté le 23/10/2024 ; J. Mumpwena Nsulung, « Stefan Goltzberg, Les Sources du droit », *Questions de communication*, 31, Paris, Presses universitaires de France, coll. Que Sais-je ?, 2016, p. 518.

(jurisprudence, doctrine, etc.) qui font partie des sources secondaires du droit. Sur ce, les pratiques et usages relatifs à la protection des espaces s'appliquent concomitamment avec les normes juridiques.

L'article 12.1 de la Déclaration des Nations unies sur les droits des paysans et des autres personnes travaillant dans les zones rurales du 17 décembre 2018²⁶ dispose que « dans la prise des décisions relatives à l'accès effectif à la justice, à des procédures de règlement des différends équitables et à des recours utiles pour toutes les atteintes aux droits de l'homme des paysans et des autres personnes travaillant dans les zones rurales, il sera dûment tenu compte de leurs coutumes, traditions, règles et systèmes juridiques, en conformité avec les obligations pertinentes découlant du droit international des droits de l'homme ». Cette disposition fait exister les pratiques coutumières relatives à la protection des espaces dans le cadre d'accès à la justice. Le « droit coutumier de l'environnement » reste en vigueur et s'applique auprès de peuples autochtones. Cela étant, lorsque le juge est appelé à trancher un différend relatif à la protection des espaces à l'égard de peuples autochtones, il doit tenir compte de leurs pratiques coutumières et, au besoin, se référer à leur système juridique pour autant que ce dernier ne soit pas contraire au droit international des droits de l'homme et à l'ordre constitutionnel. Dans l'affaire *Nation Haïda contre Colombie-Britannique (Ministre des forêts)*, la CSC a rappelé le gouvernement de la Colombie-Britannique ses obligations face au refus de ce dernier de donner plein effet à des droits des peuples autochtones qui ont pourtant été élevés au rang constitutionnel il y a un quart de siècle²⁷.

La recherche de la qualité de vie a fait surface avant l'ère écologique. Il suffit de se rendre compte de la préservation des milieux **(A)** et des interdictions liées à la nature mystique de quelques arbres et herbes **(B)**.

A) La préservation des milieux

La nécessité de préserver les milieux découle de la nuit de temps et non de l'ère écologique. Dans les sociétés coutumières, depuis longtemps, il y a des objets capables de réguler le climat. En cas de sécheresse, les initiés peuvent invoquer les esprits pour la descente des pluies. De même, lorsqu'il pleut abondamment et de manière répétitive, les initiés font des incantations pour arrêter les pluies qui peuvent entraîner les inondations²⁸, les éboulements des terres et d'autres catastrophes naturelles. Les croyances des peuples autochtones qui contribuent à la préservation des milieux sont une richesse à exploiter et à promouvoir. Les pratiques magiques des peuples autochtones jouent un rôle fondamental dans la sauvegarde de l'environnement. Certes, le droit moderne ignore les mystiques faute notamment de preuves palpables. Toutefois, il sied de situer chaque chose dans son contexte. Aux yeux des peuples autochtones de la RDC, la magie existe, l'homme n'en ignore pas. Les modes de preuves peuvent, dans certaines situations, être immatérielles. Tant que ces croyances contribuent à la préservation des espaces, il est possible de leur reconnaître une valeur juridique.

²⁶ La RDC a voté en faveur de cette déclaration mais ne l'a pas ratifiée, <https://www.ohchr.org/fr/press-releases/2018/09/human-rights-council-adopts-five-resolutions-including-burundi-syria-and>, Consulté le 13/10/2024.

²⁷ CSC, Jugement, 18 novembre 2004, *Nation Haïda c. Colombie-Britannique (ministre des Forêts)*, 3 RCS 511.

²⁸ F. Chianese, *L'avantage des savoirs traditionnels, Les savoirs des peuples autochtones dans les stratégies d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses effets*, Rome, Italie, Fonds international de développement agricole (FIDA), Investir dans les populations rurales, Mai 2016, p. 6.

Les préoccupations écologiques sont telles que, de nos jours, les actions et les efforts collectifs sont plus attendus que les attraits séduisants d'égoïsme. A travers les pratiques coutumières relatives à la préservation des milieux, on va se donner une idée sur la protection de l'environnement dans nos cultures. On le voit à travers l'intangibilité des lieux sacrés et la sauvegarde des terres cultivables **(1)** ainsi que la sauvegarde des lieux de repos et d'épanouissement **(2)**.

1) L'intangibilité des lieux sacrés²⁹ et la sauvegarde des terres cultivables

Les sociétés traditionnelles sont respectueuses du sacré et ont un regard sur la fertilité du sol. C'est pour cela qu'on y trouve la sauvegarde des lieux « sacro-saints » et la protection des jachères. En effet, les forêts sacrées, les lieux d'inhumation des ancêtres et d'initiation à la vie ainsi que des cultes religieux sont intangibles³⁰. Les restrictions faites de ces lieux concourent à la protection de l'environnement dans la mesure où les arbres situés dans ces endroits ne peuvent être coupés. En outre, aucun membre de la communauté ne peut user du feu sur ses sites de nature à perturber l'équilibre écologique. C'est ainsi que pendant des millénaires, les forêts sacrées conservent une biodiversité impressionnante³¹. Dans l'imaginaire coutumier, les arbres ont des interactions avec l'homme, ils assurent un lien de connexion entre le vivant et l'au-delà, entre le monde réel et le monde spirituel, entre les descendants et les ascendants³². Il a été jugé que « l'avenir de l'humanité peut être compromis en raison de la rareté des ressources vitales essentielles. De cette manière, solidarité et environnement sont "liés jusqu'à ce qu'ils deviennent les mêmes" »³³. Le fait de s'abstenir de poser tout acte qui porte atteinte à l'intégrité des arbres constitue une garantie de protection de l'environnement³⁴.

L'article 39, al. 1 de la Loi n°22/030 du 15 juillet 2022 portant protection et promotion des droits des peuples autochtones pygmées énonce que « le pouvoir central, la province et les entités territoriales décentralisées assurent la protection et la promotion des modes traditionnels de gestion de l'environnement par les peuples autochtones pygmées ». Cette disposition attire l'attention des pouvoirs publics pour faciliter la sauvegarde et la perpétuation des pratiques protectrices de l'environnement que l'on trouve aux autochtones. L'article 39, al. 2 de ladite loi dispose que « tout en tenant compte de leur consentement libre, informé et préalable, ils garantissent l'implication et la participation des peuples autochtones pygmées dans la gouvernance et la gestion des écosystèmes ». Cette disposition veut dire que dans ses politiques de protection du milieu naturel, l'Etat devra assurer aux autochtones les garanties procédurales et ce, pour une meilleure protection de l'environnement.

Dans l'affaire *Peuple autochtone Kichwa de Sarayaku contre Équateur*, l'Équateur a signé, en 1996, un contrat avec trois sociétés pour l'exploration et l'exploitation du pétrole sur les terres

²⁹ I. Bellier, L. Cloud et L. Lacroix, *op.cit.*, p. 344.

³⁰ T. Joffroy, *Les pratiques de conservation traditionnelles en Afrique*, ICCROM Conservation Studies 2, Rome, Centre International d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels (ICCROM), 2005, p. 61.

³¹ J.-L. Phola Nyimi, *op.cit.*, p. 9.

³² D. Roman, *op.cit.*, p. 125.

³³ CSJ Colombie, Jugement, 4 avril 2018, *25 jeunes c. Colombie*, STC4360-2018, § 5.3, p. 10 ; Fr. Laffaille, « Le juge, l'humain et l'Amazonie. Le constitutionnalisme biocentrique de la Cour suprême de Colombie », In *Revue juridique de l'environnement*, N° 3, 2018, pp. 549-563 ; D. Roman, *op.cit.*, p. 124.

³⁴ Un proverbe coutumier (équivalent d'un adage juridique) traduit par J.-L. Phola Nyimi selon lequel « Abats un palmier, si tu ne le regrettes pas pour la noix de palme, tu le regretteras pour la nervure » illustre bien l'importance de l'intégrité des arbres (J.-L. Phola Nyimi, *op.cit.*, pp. 33-37).

des *Sarayaku*. Entre 2002 et 2003, l'une des sociétés est entrée sur les terres des *Sarayaku* sans les consulter et sans obtenir leur permission. Ce qui a entraîné la destruction de sites sacrés. En 2012, la Cour interaméricaine des droits de l'homme (CIDH) a décidé que l'Équateur retire l'ensemble des explosifs installés sur les terres du peuple *Sarayaku*. Elle a également décidé qu'avant tout projet d'extraction des ressources naturelles, l'Équateur initie une consultation adéquate et efficace avec le peuple *Sarayaku*³⁵. Dans cette affaire, la CIDH a limité l'exercice de la souveraineté étatique³⁶ pour violation des volets procéduraux reconnus aux autochtones. Sur ce, dans l'affaire *Delgamuukw contre Colombie-Britannique*, la CSC a martelé que l'honneur de l'Etat et ses rapports spéciaux de fiduciaires envers les peuples autochtones lui impose une consultation « menée de bonne foi, dans l'intention de tenir compte réellement des préoccupations des peuples autochtones »³⁷.

Par ailleurs, dans la pratique agricole, l'abandon des terres pendant un laps de temps pour raison de fertilité et la réapparition de la forêt permettant de rendre l'espace cultivable ont un impact positif sur le rétablissement de la nature³⁸. Ils jouent un rôle important dans l'amélioration de la production agricole nécessaire à la nourriture³⁹. Les sociétés traditionnelles apportent beaucoup dans la mise en œuvre de la protection de l'environnement. Leurs règles coutumières sont une source d'inspiration. Cela traduit la sagesse reconnue aux ancêtres. La société actuelle est appelée à sauvegarder ces coutumes et d'en user pour l'intérêt de la communauté et de l'humanité.

C'est dans cette vision que dans l'affaire *Donald Gladstone et William Gladstone contre Sa Majesté la Reine*, la CSC a estimé que « Vu le rôle fondamental qu'a joué la pêche dans la culture distinctive de nombreux peuples autochtones, il est possible d'affirmer que la conservation est un objectif dont la poursuite peut être liée à la reconnaissance de l'existence de telles cultures distinctives. De plus, comme la conservation revêt une importance primordiale pour la société canadienne dans son ensemble, y compris pour les membres autochtones de cette société, elle est un objectif dont la poursuite est compatible avec la conciliation de l'existence des sociétés autochtones avec la société canadienne plus large dont ces dernières font partie. Dans cette optique, il est possible d'affirmer que la conservation est un objectif impérieux et réel qui justifie la violation par l'Etat de droits ancestraux, à la condition qu'il soit satisfait aux autres éléments de la norme de justification »⁴⁰. L'entretien des espaces sacrés⁴¹, cultivables et naturels concourt à cette réalité. Le souci de préserver l'environnement a permis l'entretien des lieux à destination de repos et d'épanouissement⁴².

2) La sauvegarde des lieux de repos et d'épanouissement

L'attention particulière sur les arbres vient des sociétés traditionnelles. Pour se mettre à l'abri du soleil ardent et consommer du vin traditionnel, les peuples autochtones se mettent sous

³⁵ CIDH, Arrêt, 27 juin 2012, *Peuple autochtone Kichwa de Sarayaku c. Équateur*, Fond et réparations, Série C n° 245, § 146.

³⁶ D. Couveinhes Matsumoto, « Les peuples autochtones et le droit de propriété devant la Cour interaméricaine des droits de l'Homme », In *Revue juridique de l'environnement*, N° spécial, 2018, p. 62.

³⁷ CSC, Jugement, 11 décembre 1997, *Delgamuukw c. Colombie-Britannique*, 3 RCS 1010, § 168 ; Rousselle S., *op.cit.*, p. 218.

³⁸ V. Cabanes, *op.cit.*, p. 229.

³⁹ E. Roose, *Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens, Contribution à l'agroécologie, Version préliminaire*, Montpellier, Ed. IRD, 2015, p. 2.

⁴⁰ CSC, Jugement, 21 août 1996, *Donald Gladstone et William Gladstone contre Sa Majesté la Reine*, 2 RCS 723, § 74.

⁴¹ I. Bellier, L. Cloud et L. Lacroix, *op.cit.*, p. 344.

⁴² W. Koerner, M. Benoît, E. Dambrine et J.-L. Dupouey, « Influence des anciennes pratiques agricoles sur la végétation et les sols des forêts reboisées dans le massif vosgien », In *Revue forestière française*, 1999, Vol. 2, N° 51, pp. 231-232.

les arbres naturellement confortables ou aménagés à cet effet. Le proverbe coutumier « herbe verte permets-moi de me poser sur toi ; tu vois bien que moi-même je suis portée par la rivière »⁴³, sus-évoqué, peut être interprété qu'aucun membre de la communauté ne peut se permettre de couper ces arbres ou de salir ces endroits. Ils doivent les utiliser à bon escient. Partant de cela, on aperçoit le rôle que ces endroits jouent dans la mise en œuvre de la protection de l'environnement. Le législateur peut puiser des normes à partir du vécu quotidien des peuples autochtones. Cela étant, non seulement il faut sauvegarder l'authenticité des sociétés traditionnelles dans leurs apports écologiques mais aussi leurs membres doivent davantage bénéficier effectivement d'une particulière protection sur les plans international, régional et interne. Les croyances⁴⁴, la recherche de la paix sociale et l'épanouissement ont fait naître auprès de peuples autochtones des interdictions inhérentes à la nature mystique de quelques arbres et herbes.

B) Les interdictions liées à la nature mystique de quelques arbres et herbes

Dans certaines sociétés, on attribue ou expérimente des vertus extraordinaires à une catégorie d'arbres et herbes **(1)** et on aperçoit l'utilité de quelques arbres qui servent tantôt comme lieu des rencontres des initiés, tantôt comme instance de règlement des différends **(2)**. Ce phénomène a conduit à une série d'interdictions pour les protéger.

1) La prohibition de coupe d'arbres et d'herbes aux vertus extraordinaires

L'héritage traditionnel est riche en matière de la protection écologique. De manière générale, il est admis que les peuples autochtones sont des gardiens de la nature⁴⁵. Ils contribuent à la protection de l'environnement grâce à leur mode de vie respectueux de l'environnement. Dans l'arrêt *Mayagna (Sumo) Awas Tingni community contre Nicaragua*, la CIDH a examiné l'affaire en tenant compte des coutumes et traditions autochtones participant à la protection de l'environnement⁴⁶. De même, dans l'affaire *Xákmok Kásek contre Paraguay*, la CIDH a lié la protection de la nature et celle de sites culturels de la communauté concernée⁴⁷. Elle y a invité l'État à « *ensure that the area is not deforested, that the sites that are of cultural importance to the Community are not destroyed, that the land is not transferred, and that it is not exploited in such a way as to cause irreparable harm to the area or to its natural resources* »⁴⁸.

Par ailleurs, dans l'héritage traditionnel, on a des arbres et herbes aux vertus mystiques et pharmaceutiques. Le respect des arbres et herbes au pouvoir magique a un lien avec la préservation de l'environnement du fait que la communauté est réticente à porter atteinte à leur sacralité⁴⁹. Elle les préserve du feu pouvant les endommager. Certains d'entre eux ont un pouvoir de lutter contre le mauvais sort. Leur caractère anti-maléfique leur attire l'intangibilité. D'autres contiennent des vertus médicinales. Ils sont utilisés pour la guérison

⁴³ J.-L. Phola Nyimi, *op.cit.*, pp. 29-31.

⁴⁴ D. Roman, *op.cit.*, p. 147.

⁴⁵ V. Cabanes, *op.cit.*, p. 227.

⁴⁶ CIDH, Arrêt, 31 août 2001, *Comunidad Mayagna (Sumo) Awas Tingni c. Nicaragua*, § 148, 149 et 151 (M. Rota, « Le droit à la propriété collective dans la jurisprudence de la Cour interaméricaine des droits de l'homme », In *Cahiers de la recherche sur les droits fondamentaux* (mis en ligne le 08/11/2022), Consulté le 10/10/2024).

⁴⁷ CIDH, Arrêt, 24 août 2010, *Communauté indigène Xákmok Kásek c. Paraguay*, Serie C, N° 2014.

⁴⁸ Notre traduction : « veiller à ce que la zone ne soit pas déboisée, à ce que les sites qui revêtent une importance culturelle pour la communauté ne soient pas détruits, à ce que les terres ne soient pas transférées et à ce qu'elles ne soient pas exploitées de manière à causer des dommages irréparables à la zone ou à ses ressources naturelles » ; D. Couveinhes Matsumoto, *op.cit.*, p. 65.

⁴⁹ <https://www.fao.org/4/w1033f/w1033f09.htm>, Consulté le 27/09/2024.

de plusieurs maladies. En cas de maladie ou d'épidémie, il suffit de manger les racines de certains arbres ou de boire un produit issu du mélange de quelques herbes pour retrouver la santé⁵⁰. C'est ce qui pousse la communauté à avoir beaucoup d'égards à ces arbres et herbes. Dans l'affaire opposant *deux Pygmées à un garde-parc du Parc national de Kahuzi Biega (PNKB) et à l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature (ICCN)*, le garde-parc du PNKB a été condamné pour l'infraction de coups et blessures graves pour avoir tiré des coups de feu sur deux Pygmées qui étaient à la recherche des plantes médicinales à l'intérieur du Parc national de Kahuzi Biega⁵¹. Le tribunal a constaté que les droits des peuples autochtones, les Pygmées, vivant à Tshombo, groupement de Miti, territoire de Kabare, province du Sud-Kivu en RDC, ont été violés du fait qu'ils ont été dépossédés de leurs terres par l'Etat congolais en les expulsant du PNKB à travers l'ordonnance n° 75-238 du 22 juillet 1975 portant modification des limites dudit parc⁵². Malgré cette restriction, la partie est restée le milieu dans lequel les Pygmées trouvent tous les produits vivriers et médicamenteux⁵³. Les connaissances médicinales sur les arbres et herbes sont réservées aux initiés. Ceux-ci les transmettent de bouche à l'oreille. Les sociétés coutumières ont une tradition orale⁵⁴. Le mysticisme passe par des rites et le lancement des paroles⁵⁵. Aussi, les arbres de retrouvailles des sorciers et l'arbre à palabres font l'objet d'interdiction à la coupe⁵⁶.

2) La prohibition de coupe d'arbres de retrouvailles des sorciers⁵⁷ et de l'arbre à palabres

Dans les sociétés coutumières, les arbres ont une grande utilité. Ils peuvent servir des lieux d'activités ténébreuses ou d'arbre à palabres. En effet, dans la plupart de cas, les arbres qui permettent aux sorciers de se réunir croissent sans être touchés. Les sorciers du village, souvent craints de non-initiés, s'opposent à la coupe de ces arbres. Les non-initiés évitent de se faire cibler par les sorciers sous peine des représailles mystiques⁵⁸. En plus, les sociétés traditionnelles connaissent des conflits de tout genre. Leurs membres se mettent souvent sous l'arbre à palabres pour régler les différends. Ce qui est nécessaire dans la protection de l'environnement, les arbres qui servent de cadres de règlement des litiges ne peuvent pas être coupés.

Les usages et conceptions sur les arbres apportent le respect écologique dans les territoires indigènes. Un encadrement et une relativité suffisent pour les répercuter aux autres générations⁵⁹. Il se pose parfois un problème de bonnes mœurs dans leur mise en œuvre. On ne doit pas ignorer que c'est une question de société et d'époque. Comme dans le monde actuel les situations relatives à l'écologie sont emblématiques, on comprend que les mœurs doivent être favorables à ce qui concourt à la protection de l'environnement. C'est en ce sens

⁵⁰ M. Bouriquat, *La réglise : principales propriétés et utilisations*, Thèse, Université Clermont Auvergne, 2020, p. 13.

⁵¹ Tribunal militaire de garnison de Bukavu, Jugement, 24 juillet 2018, *Ministère public et Parties civiles Munganga Nakulire et Mawazo Muna c. Prévenu Bahati Pilipili Nelly et ICCN*, Affaire RP1213/017.

⁵² <https://www.leganet.cd/Legislation/Droit%20administratif/Environnement/O.75.238.22.07.1975.htm>, consulté le 07/03/2023.

⁵³ Tribunal militaire de garnison de Bukavu, Jugement, 24 juillet 2018, *Ministère public et Parties civiles Munganga Nakulire et Mawazo Muna c. Prévenu Bahati Pilipili Nelly et ICCN*, *op.cit.*

⁵⁴ F. Mandiaye, *Pratiques rituelles et sauvegarde du patrimoine culturel immatériel dans le Kajoor (Sénégal) : évolution historique, défis et perspectives*, Thèse, Université de La Rochelle, 2022, p. V.

⁵⁵ A.-M. Vergiat, « Plantes magiques et médicinales des Féticheurs de l'Oubangui (Région de Bangui) », In *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, Vol. 16, N°2-5, Février-mars-avril-mai 1969, pp. 85 et 100.

⁵⁶ J.-M. Bourelle, « L'arbre à palabre : un outil privilégiant l'échange et la co-construction en éducation thérapeutique du patient », In *Santé Éducation*, Vol. 29, 2019, pp. 17-18.

⁵⁷ A. Thamba Khonde Mayaka, *op.cit.*, p. 162.

⁵⁸ *Idem*, pp. 133-134.

⁵⁹ V. Cabanes, *op.cit.*, pp. 11-12.

que dans l'affaire *Fredin contre Suède*, la Cour européenne des droits de l'homme (CEDH) affirme qu'elle n'ignore pas que « la société d'aujourd'hui se soucie sans cesse davantage de préserver l'environnement »⁶⁰. Les mythes et le recours à la magie qui garantissent la protection écologique ne sont pas à décourager. De toutes façons, le respect de ces arbres est assuré non seulement par la réaction sociale mais aussi par la peur inspirée par l'invisible. Les contrevenants sur l'intangibilité des lieux sacrés s'attirent une malédiction et subissent des sanctions de la communauté.

II) Les sanctions à la violation de l'intangibilité des lieux sacrés

E.V. Bokalli explicite qu'en Afrique subsaharienne, avant la colonisation, la coutume⁶¹ constituait la seule source de droit. À l'arrivée des autorités coloniales, le droit coutumier était aboli et remplacé par le droit écrit. Après la colonisation, le droit écrit a été relayé dans cette volonté par le législateur national. Ce droit imposé s'est heurté à l'indifférence et l'hostilité des peuples autochtones⁶². À ce jour, on assiste à un décalage entre le droit écrit applicable et le droit coutumier réellement appliqué par les peuples autochtones dans plusieurs matières⁶³. La coutume comme source de droit demeure une réalité. Au lieu d'anéantir le droit coutumier, il est judicieux de promouvoir un rapport de complémentarité et de parvenir à une symbiose entre les deux systèmes juridiques. Cependant, la coutume recelant des tares peut être dépouillée⁶⁴.

L'article 8.1 de la Convention n° 169 de l'Organisation internationale du travail du 27 juin 1989 relative aux peuples indigènes et tribaux⁶⁵ dispose qu'« en appliquant la législation nationale aux peuples indigènes et tribaux, l'État doit tenir compte de leurs coutumes ou de leur droit coutumier ». L'article 13.1 de la même convention énonce que « les gouvernements doivent respecter l'importance spéciale que revêt pour la culture et les valeurs spirituelles des peuples indigènes et tribaux ». Ces dispositions font référence aux coutumes des peuples autochtones. L'État a l'obligation de tenir compte des spécificités coutumières de ces peuples en matière des usages propices à la protection de l'environnement découlant de leur culture et de leurs valeurs spirituelles. C'est dans cette optique que s'agissant de l'obligation gouvernementale d'agir honorablement envers les peuples autochtones⁶⁶, la CSC, dans l'affaire *Roland Edward Sparrow contre Sa Majesté la Reine*, a précisé que les mesures gouvernementales réservent aux peuples autochtones un traitement assurant que leurs droits sont pris au sérieux⁶⁷. Aussi, la Cour africaine des droits de l'homme et des peuples (CADHP), dans l'affaire *Commission africaine des droits de l'homme et des peuples contre Kenya*, a estimé que le Kenya a commis certaines violations de la charte africaine qui ont affecté le mode de vie traditionnel d'une

⁶⁰ CEDH, Arrêt, 23 février 1994, *Fredin c. Suède*, (n° 2) - 18928/91, § 48.

⁶¹ « La coutume quant à elle, est une « pratique, usage, habitude qui, avec le temps, et grâce au consentement et à l'adhésion populaire, devient une règle de droit, bien qu'elle ne soit pas édictée en forme de commandement par les pouvoirs publics. Elle est issue d'un usage général et prolongé (repetitio) et de la croyance en l'existence d'une sanction à l'observation de cet usage (opinio necessitatis). Elle constitue une source de droit sous réserve de ne pas être contraire à la loi » (S. Guinchard et T. Debard, *Lexique des termes juridiques*, cités par T. Epivent, *Les usages locaux en Bretagne dans le cadre de la profession de Géomètre*, Conservatoire National des Arts et Métiers, École Supérieure des Géomètres et Topographes, Mémoire, Septembre 2019, p. 10).

⁶² V.E. Bokalli, *op.cit.*, p. 37 ; I. Bellier, « "Une relation spéciale" : les droits des peuples autochtones aux terres, territoires et Ressources », In : E. Glon et B. Sepulveda (Sous la dir.), *Autochtonies, Regards croisés sur les territorialités et les territoires des peuples autochtones*, collection « Essais », Ed. Presses universitaires de Rennes, 2021, p. 17.

⁶³ V.E. Bokalli, *op.cit.*, pp. 39-40.

⁶⁴ *Idem*, p. 37.

⁶⁵ Cette convention a été soumise aux autorités compétentes de la RDC mais elle ne l'a pas ratifiée (https://normlex.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:11300:0::NO:11300:P11300_INSTRUMENT_ID:312314, consulté le 13/10/2024).

⁶⁶ S. Rousselle, *op.cit.*, p. 217.

⁶⁷ CSC, Jugement, 31 mai 1990, *Roland Edward Sparrow c. Sa Majesté la Reine*, 1 RCS 1075, p. 1119 ; S. Rousselle, *op.cit.*, p. 217.

population autochtone, les Ogiek⁶⁸. Car, les pratiques et usages des peuples autochtones protecteurs de l'environnement ont une influence dans la sauvegarde de la planète.

Malheureusement, les Cours et tribunaux civils congolais ne se prononcent pratiquement pas sur les aspects socioculturels se rapportant au droit à l'environnement. Cette carence est certainement due à l'ignorance des peuples autochtones, qui ne saisissent presque pas le juge dans ce genre de litiges et peut-être au manque d'informations adéquates de la part des juges. Elle peut également être due au recul des règles coutumières et à la généralisation des normes calquées de l'Occident auxquelles le constituant attribue une supériorité juridique contrairement au reflet social. Keba Mbaye pense que la sagesse recommande de créer un droit nouveau formé à partir des coutumes locales fécondées par le droit moderne⁶⁹. La coutume doit servir de base et primer sur les règles importées nonobstant la mondialisation et la globalisation.

A ce niveau, il est nécessaire de signaler que l'universalité n'est pas synonyme d'occidentalisation ou de domination ou encore d'influence d'un système juridique sur un autre. Le droit doit demeurer le reflet d'une société donnée, car sa mise en œuvre en dépend et c'est même une garantie d'une société pacifique. En ce sens, A. Minkoa She souligne qu'« il ne suffit pas que le droit soit énoncé et prononcé : il faut surtout qu'il soit reçu, non seulement parce que c'est à cette seule condition qu'il a une chance d'être efficace, mais encore parce qu'il est de son essence d'être une régulation sociale et qu'il ne peut par conséquent avoir d'existence que dans la mesure où il est, fut-ce de mauvais gré, accepté »⁷⁰.

Le respect du sacré dans les sociétés traditionnelles a fait émerger les peines psychoculturelles **(A)** et les contraintes socioculturelles **(B)**.

A) Les peines psychoculturelles

Dans les regroupements coutumiers, le fait de violer des règles écologiques considérées comme une entrave au sacré peut entraîner l'exclusion communautaire (1) et cela suscite une certaine conscience environnementale. En outre, cela peut conduire aux représailles mystiques (2) de la part des initiés.

1) L'exclusion communautaire

Les communautés traditionnelles manifestent une rigueur dans le respect des règles protectrices de l'environnement. Les sanctions communautaires et les représailles sociétales sont infligées aux délinquants qui enfreignent les règles relatives à l'intangibilité des lieux sacrés. C'est dans ce cadre que les contrevenants peuvent être rappelés à l'ordre ou expulsés de leur milieu habituel de vie⁷¹. À titre d'indemnités, ils peuvent être condamnés à verser des

⁶⁸ CADHP, Arrêt, 26 mai 2017, *Commission africaine des droits de l'homme et des peuples c. Kenya*, Requête 006/2012, RJCA, Vol. 2 (2017-2018), p. 9.

⁶⁹ Keba Mbaye, *Le droit de la famille en Afrique noire et à Madagascar*, Paris, Ed. G.P. Maisson-Neuve et Larose, 1968, p. 37 ; PL. Agondjo-Okawe, « Domaines d'application des droits traditionnels », *Encyclopédie juridique de l'Afrique*, T. 1, *L'État et le droit*, p. 420, cités par V.E. Bokalli, *op.cit.*, p. 69.

⁷⁰ A. Minkoa She, *Essai sur l'évolution de la politique criminelle au Cameroun depuis l'indépendance*, Thèse, Strasbourg, 1987, T. 1, p. 80, cité par V.E. Bokalli, *op.cit.*, p. 53.

⁷¹ R. Al-'Alîmî, « Le droit coutumier dans la société yéménite », In *Égypte/Monde arabe* (en ligne), 1, 2005, mis en ligne le 08 juillet 2008, consulté le 10/10/2024, p. 1.

biens au chef coutumier. Le comportement antisocial attire à l'endroit du contrevenant la méfiance et la perte de considération dans la communauté⁷².

Les sociétés coutumières prévoient des sanctions lorsqu'un membre de la communauté ne se soumet pas aux règles établies. Ces sanctions sont diverses. Certaines sont pénales et civiles tandis que d'autres sont psychologiques et morales. Elles ont une forte intensité dans les sociétés coutumières. Il n'est pas question de faire un jugement de valeur à ce niveau. L'essentiel est d'adapter certaines valeurs traditionnelles pour le bien-être de l'humanité. Le monde actuel a beaucoup à puiser dans les connaissances et traditions antérieures. On doit tenir compte de chaque point pouvant améliorer le problème de l'environnement.

Dans les sociétés qui se modernisent, on assiste à un recul de ce genre de sanctions. Toutefois, les membres des communautés indigènes subissent des remords concernant les sanctions psychologiques et morales. Elles consistent en la non-considération du contrevenant auprès des autres membres de la communauté. Cela a un impact sur une société basée sur le collectivisme⁷³. D'où le respect des règles écologiques pour ne pas s'attirer le dédain communautaire⁷⁴. Dans certains cas, le contrevenant peut subir des représailles mystiques de la part des sorciers⁷⁵.

2) Les représailles mystiques

Les pratiques mystiques, dans les collectivités coutumières, ont parfois des effets positifs sur la mise en œuvre de la protection de l'environnement. Certains membres de la communauté peuvent subir la perte de la vie ou des proches à cause des attaques démoniaques. Pour se mettre à l'abri des représailles des sorciers, ils se conforment au bon vouloir des initiés. Ceci crée la retenue auprès de certaines personnes. Ce recul sur le comportement irréfléchi vis-à-vis du caractère intangible des lieux sacrés apporte un plus dans la protection de l'environnement⁷⁶. L'article 29 de la loi portant protection et promotion des droits des peuples autochtones pygmées énonce que « les pouvoirs publics, en étroite collaboration avec les concernés, recensent et protègent les sites sacrés des peuples autochtones pygmées pour la préservation de leur culture et savoirs endogènes. L'accès à ces sites est soumis à la coutume locale ». Cette disposition évoque non seulement les mesures que l'État est censé prendre pour répertorier et mettre à l'abri les lieux sacrés des autochtones, mais aussi couvrir leur accès à la solde des prescriptions coutumières de manière à les préserver.

Il sied de savoir que les représailles mystiques rencontrées dans la mise en œuvre des règles écologiques, entre autres pour préserver les sites sacrés, trouvent leur fondement dans le règlement des comptes. Si le responsable de la communauté peut sévir la journée, il détient également le pouvoir de réagir mystiquement à l'endroit du contrevenant⁷⁷. Les autres initiés

⁷² *Idem*, pp. 4-5.

⁷³ M. Bencivenga (Sous le pilotage de) et T. Vercellone, *Éclairage sur ... les notions de l'axe 2 egp#2 : le département face aux nouveaux enjeux de cohésion sociale et de solidarité, cohésion sociale & inclusion*, Conseil de Provence – États Généraux de Provence #2, Marseille, p. 5, <https://www.departement13.fr/conseildeprovence/>, consulté le 30/09/2024.

⁷⁴ M. Loison-Leruste, *Habiter à côté des SDF, Représentations sociales et attitudes à l'égard des personnes sans domicile*, Thèse, EHESS - Paris, 2009, pp. 14-15.

⁷⁵ J. Bonhomme, « D'une violence l'autre. Sorcellerie, blindage et lynchage au Gabon », In : B. Martinelli et J. Bouju (éds), *Sorcellerie et violence en Afrique*, Karthala, 2012, pp. 260-261 ; S. Fancello et J. Bonhomme, « L'État et les institutions face à la sorcellerie », In *Cahiers d'études africaines* (en ligne), 231-232, 2018, mis en ligne le 15 décembre 2018, consulté le 30/09/2024, p. 575.

⁷⁶ G. Mandaoue, « Coutume et environnement : de l'appréhension à la participation », In *Revue juridique de l'environnement*, N° spécial, Le droit de l'environnement en Nouvelle-Calédonie, états des lieux et perspectives, 2007, p. 46.

⁷⁷ F. Mandiaye, *op.cit.*, pp. 28-29.

ont également le pouvoir de nuisance dans le monde des ténèbres. Cette réalité psychique, connue des membres de la communauté, apporte un résultat escompté de la protection environnementale⁷⁸.

Par ailleurs, la pratique spirituelle sur la terre a plusieurs dimensions. Elle garantit, entre autres, l'autonomie de la communauté à l'endroit des pilliers des ressources naturelles dans la mesure où les ancêtres peuvent directement réagir en cas d'injustice sur les terres. Ils peuvent également réagir pour favoriser le maintien de la terre dans un meilleur état écologique en tant que centre de tout pour les peuples autochtones⁷⁹. Malheureusement, avec l'influence de certaines religions, ces pratiques sont qualifiées de démoniaques. Cependant, comme elles apportent un plus dans la jouissance du droit à l'environnement, elles doivent être protégées. Elles constituent une richesse culturelle. Dans une certaine mesure, elles sécurisent la vie. Aussi, certains manquements peuvent conduire aux contraintes socioculturelles⁸⁰.

B) Les contraintes socioculturelles

Certains droits de l'homme peuvent être violés dans les pratiques coutumières⁸¹. Il importe d'y apporter un regard environnemental et de stimuler le secours des droits humains aux insuffisances des réalités traditionnelles. Aussi, les religions véhiculent des enseignements contraires à un bon nombre des aspects socioculturels. Malgré cela, l'inobservance des règles de protection environnementale prise pour des réalités sacrées peut conduire à la menace psychique de la mort **(1)** et aux « peines patrimoniales » **(2)**.

1) La menace psychique de la mort

Dans certaines circonstances, le respect des choses sacrées est dû à la sacralité de la vie. Pour les peuples autochtones, la vie est tellement précieuse qu'il ne faut pas la perdre⁸² ni administrer la mort. Lorsqu'il est demandé aux membres de la communauté de se conformer aux contraintes écologiques prises pour sacrées, les prescriptions sont strictement observées dans la plupart de cas⁸³, car ils redoutent « l'incompréhensible phénoménal du royaume d'éternité ». Ils ont peur de la mort. C'est une situation qui leur donne l'angoisse. Le contrevenant subit des menaces psychiques sur la perte de la vie du fait de la violation des choses sacrées. L'inspiration de la mort à cause du non-respect des choses sacrées engendre des soucis à l'endroit du contrevenant. Sur ce, la peur de la mort constitue un rempart contre les atteintes à la protection de l'environnement⁸⁴. La peur de la mort a donc un impact sur la protection de l'environnement⁸⁵. Ces croyances existent pratiquement auprès de tous les peuples autochtones. Lorsqu'elles sont positives pour le bien-être écologique, il importe qu'elles soient reconnues comme faisant partie du patrimoine mondial immatériel de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (Unesco). Il

⁷⁸ F. Amani, *Le cèdre, entre conservation, développement territorial et appropriation politique : une histoire libanaise (le cas de la Réserve du Chouf)*, Thèse, Université Paul Valéry – Montpellier III, 2021, pp. 19-20.

⁷⁹ G. Mandaoue, *op.cit.*, p. 47.

⁸⁰ *Idem*, pp. 47-48.

⁸¹ C'est notamment le cas du droit à la vie, du droit à la dignité, du droit au respect de la vie familiale et du droit de propriété.

⁸² A. Thamba Khonde Mayaka, *op.cit.*, p. 162.

⁸³ *Idem*, p. 44.

⁸⁴ T. Joffroy, *op.cit.*, p. 65.

⁸⁵ En matière coutumière, par « peines patrimoniales », il faut entendre le versement des biens en nature auprès du Chef coutumier à la suite d'un manquement à l'ordre établi. Cela peut être le versement d'une chèvre, du vin de palme, etc.

appartient à cette organisation internationale de s'investir dans la recherche et la connaissance de toutes ces croyances et d'en donner une signification universelle au profit de l'écologie. Ce travail doit être effectué en amont par les États qui auront pour mission de faire approuver les conceptions coutumières protectrices de l'environnement à l'Unesco.

L'article 30, al. 1 de la loi portant protection et promotion des droits des peuples autochtones pygmées énonce que « sans préjudice des dispositions des autres lois de la République, les coutumes et institutions traditionnelles des peuples autochtones pygmées sont protégées ». Cette disposition explicite que l'État veille à la protection des traditions autochtones notamment respectueuses de l'environnement et rassure l'autonomie des structures coutumières pouvant concourir à la cause écologique pour autant que cela soit conforme à la loi. Le droit congolais peut s'inspirer du système juridique français en codifiant la majorité de ses coutumes de sorte que celles-ci acquièrent la même autorité que le texte. Certes, une telle démarche peut constituer une entorse à l'originalité du droit congolais et c'est un travail de longue haleine⁸⁶. Le problème se posera au niveau de la conformité à l'ordre public et aux bonnes mœurs. En effet, dès lors qu'une règle ne traduit pas la réalité sociale d'un groupe, elle est appelée à disparaître à moins qu'elle porte atteinte à la moralité publique et à l'ordre public universellement acceptés. À ce sujet, F. Viti soutient que malgré quelques ambiguïtés et compromis, le mémoire de Delafosse M. exprime clairement la conception que ce dernier avait de la colonisation, de ses tâches et de ses devoirs vis-à-vis des indigènes, conception qu'il devait associer à son entreprise, tout en respectant les coutumes lorsqu'elles n'allaient pas à l'encontre des principes d'humanité⁸⁷. Outre la menace de la mort, il existe des « peines patrimoniales ».

2) « Les peines patrimoniales »

Dans les regroupements coutumiers, la sécurité alimentaire occupe une place importante. C'est ainsi que l'on constate l'interdiction de coupe des arbres autour de la fontaine⁸⁸ et de toute insalubrité en amont ou aux environs de la source d'eau. Les restrictions relatives à la coupe des arbres près de la fontaine et à la pollution des cours d'eau montrent que les peuples autochtones ont des connaissances suffisantes sur l'interdépendance entre les arbres et l'eau⁸⁹. Aussi, ils accordent un accent particulier sur la salubrité des cours d'eau. Ils connaissent que la pollution des eaux peut avoir des effets néfastes non seulement sur la santé humaine, mais aussi sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. Ces pratiques sont transmises des générations en générations.

Nonobstant, on observe quelques dérapages auprès de certains membres qui empoisonnent clandestinement les rivières pour attraper facilement les poissons. Ce comportement est interdit et le chef de groupement y veille. Les contrevenants sont passibles des « peines patrimoniales ». Ils sont contraints à remettre quelques éléments de l'actif de leur patrimoine ou de leur famille au chef du village en cas de violation des règles établies.

⁸⁶ Les différents peuples autochtones en RDC ont certains aspects socioculturels protecteurs de l'environnement similaires tandis que d'autres sont spécifiques à chaque peuple.

⁸⁷ F. Viti, « Le « Mémoire sur le régime domaniale et foncier » de Maurice Delafosse (1908) : une proposition « réformiste » ignorée », In *Outre-Mers*, Vol. 2, N° 400-401, Ed. Société Française d'Histoire des Outre-Mers (SFHOM), 2018, p. 297.

⁸⁸ A. Thamba Khonde Mayaka, *op.cit.*, p. 25.

⁸⁹ V. Cabanes, *op.cit.*, p. 227.

Conclusion

La protection des espaces et les sanctions à la violation de l'intangibilité des lieux sacrés sont bénéfiques pour la protection de l'environnement. Certaines sont liées à la spiritualité. Les preuves et l'invocation de certaines règles se sont heurtées à des obstacles devant la justice moderne. Le plus important est de voir que les pratiques et usages normaux et inexplicables apportent un effet positif dans la protection de l'environnement. Certains principes du droit moderne et quelques croyances religieuses ont fait reculer plusieurs pratiques. Mais, on ne doit pas ignorer l'autonomie du droit de l'environnement vis-à-vis de la religion. La pratique qui ne viole pas systématiquement les droits humains peut être appliquée au profit de la cause écologique. Il appartient aux différentes communautés de la RDC de recourir à leurs bonnes pratiques et aux usages ancestraux⁹⁰ nécessaires à la protection de l'environnement.

Dans la conception traditionnelle, notamment *kongo* en RDC, « tout vit. Et tout ce qui vit est capable de nuire à tout autre vivant qu'est l'homme »⁹¹, être et objet. En d'autres termes, « il n'y a pas de séparation entre l'homme et la nature. L'homme est la nature et la nature est humaine »⁹². D'où, il revient à l'homme de vivre en harmonie avec tout ce qui existe⁹³. « L'omni-vitalité » montre la place que le peuple *Kongo* accorde à tous les éléments de la nature. Ces derniers sont naturellement protégés par tous les membres de la communauté. Cela étant, la dimension écologiquement élevée de la société coutumière doit être protégée et encadrée. Ainsi, la personnalité juridique qui, depuis les temps anciens, était bien reconnue au vivant et aux choses inanimées⁹⁴ auprès notamment du peuple *Kongo* doit être matérialisée dans les textes juridiques en RDC afin d'en donner une autorité supérieure.

⁹⁰ CSC, Jugement, 21 août 1996, *Dorothy Marie Van der Peet c. Sa Majesté la Reine*, 2 RCS 507, § 74, S. Rousselle, *op.cit.*, p. 215.

⁹¹ V. Cabanes, *op.cit.*, p. 231 ; A. Thamba Khonde Mayaka, *op.cit.*, p. 162.

⁹² Phola Nyimi J.-L., *op.cit.*, p. 46.

⁹³ D. Roman, *op.cit.*, p. 141.

⁹⁴ V. Cabanes, *op.cit.*, pp. 23 et 228.