



HAL
open science

Technologie, pollution, environnement

Soraya Boudia, Nathalie Jas

► **To cite this version:**

Soraya Boudia, Nathalie Jas. Technologie, pollution, environnement. CNRS Editions. Histoire globale des techniques, pp.799-812, 2025, 978-2-271-14628-1. hal-04947322

HAL Id: hal-04947322

<https://hal.inrae.fr/hal-04947322v1>

Submitted on 14 Feb 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Technologie, pollution, environnement

Soraya Boudia, Nathalie Jas

« Pour éviter la fin du monde », c'est ainsi que s'intitulait l'éditorial du numéro spécial que le *Nouvel Observateur* consacra au premier Sommet de la Terre, tenu à Stockholm du 6 au 16 juin 1972 sous l'égide des Nations Unies (*Le Nouvel Observateur*, 1972). Ce sommet, de son nom officiel « United Nation Conference on the Human Environment », réunissant les représentants de 132 pays, témoignait d'une prise de conscience planétaire de la finitude des ressources offertes par la Terre et de l'étendue des problèmes sociaux et environnementaux engendrés par la « société industrielle occidentale » (Speth, Haas, 2006). « Au nom du progrès qui faisait la spécificité et la fierté des hommes, a commencé la plus gigantesque entreprise de destruction qu'une espèce ait jamais menée contre le milieu qui soutient la vie et contre la vie elle-même », affirmait ainsi Alain Hervé (1972), l'auteur de l'éditorial. Il reprenait là un argument déployé par des myriades de mobilisations environnementales qui avaient vu le jour dans différentes parties du monde à partir des années 1960 et qui articulaient souvent une prise de conscience écologique avec des engagements contre le capitalisme et l'impérialisme occidental. Parmi les causes dénoncées de cette « entreprise de destruction » se trouvaient en très bonne place les pollutions à l'échelle locale et globale que la surveillance environnementale de certains polluants – radioéléments, certains pesticides organochlorés et PCB avait mis à jour. Désormais, plus aucun espace, même les plus éloignés de toute activité humaine, ne semblait pouvoir échapper aux flots des polluants environnementaux, dont certains champs scientifiques et leurs nouvelles méthodes montraient qu'ils étaient non seulement capables de parcourir de très longues distances, mais également d'affecter les organismes vivants de manière très insidieuse, jusque dans leur ADN et dans la régulation de leurs fonctions biologiques fondamentales (Craeger, 2014 ; Frickel, 2004 ; Von Schwering, 2015). Ce sommet de Stockholm fit date et fut l'un des moments de reconnaissance publique de deux siècles de pollutions de l'environnement engendrées par des activités technologiques et industrielles et de leurs effets délétères sur tous les écosystèmes et les corps humains. Aujourd'hui, plus de quarante ans après ce sommet, malgré l'essor de multiples régulations nationales et transnationales, de nombreux travaux montrent la poursuite de l'expansion planétaire des pollutions – même si leur ampleur et leurs effets toxiques varient géographiquement et socialement.

Dans le cadre limité de ce chapitre, et sans prétendre à une quelconque exhaustivité, nous proposons d'examiner comment une histoire globale peut étudier les rapports entre technologie, pollution et environnement. Nous examinons en particulier

deux entrées dont le croisement et l'hybridation peuvent contribuer à rendre compte de l'accumulation et la sédimentation de différentes couches de polluants et de politiques qui débouchent sur la crise environnementale contemporaine : la première est une histoire de l'expansion conjointe de la production industrielle et des pollutions ; la seconde est une histoire du gouvernement des pollutions.

L'expansion conjointe de la production industrielle et des pollutions

Il est difficile de pleinement saisir la nature des rapports entre technologie, pollution et environnement sans s'intéresser au développement d'une économie reposant sur la multiplication et l'intensification toujours plus importantes de la production et la consommation de biens. Les pollutions environnementales et la constitution de ce que nous pouvons nommer un « mode toxique » sont consubstantielles de l'essor des activités industrielles depuis la fin du XVIII^e siècle, avec des accélérations de ce mouvement à partir de 1945 (Boudia, Jas, 2019 ; Jarrige, Le Roux, 2016). Les pollutions étant produites tout au long d'une chaîne, qui va de l'extraction des matières premières aux déchets, en passant par la production et la consommation d'un ensemble de produits, l'essor et le déploiement géographique de ces activités contribuent de manière presque « naturelle » à l'extension et l'installation durable des pollutions dans l'espace et dans le temps. Cette configuration est identifiable pour un large ensemble d'activités industrielles, le secteur des mines, les industries métallurgiques, chimiques et pétrochimiques, l'industrie nucléaire ou encore l'industrie électronique.

L'histoire du développement de l'industrie chimique fournit un premier exemple emblématique de cette expansion conjointe. L'essor de l'industrie de la chimie inorganique en Angleterre à la fin du XVIII^e siècle a reposé sur des innovations technologiques, qui permirent la production à grande échelle d'acide sulfurique, nécessaire à la fabrication d'alcali et d'agents de blanchissement indispensables à l'industrie textile. De même, la capacité à produire de très grandes quantités d'acide sulfurique fut essentielle au développement des industries du verre, puis à la mise en place d'une industrie de superphosphates prospère ou encore à la réalisation des nitrations aromatiques nécessaires à la production de colorants utilisés dans l'industrie textile. À partir des années 1920, tout en servant notamment les industries textiles, agricoles (superphosphates, engrais azotés, pesticides) et des armes (explosifs, armes chimiques), les industries de la chimie organique et inorganique avaient déjà mis en place les bases de leur développement de long terme : – être indispensables à un ensemble de secteurs industriels (agriculture y compris) ; – des systèmes de production permettant des productions à large échelle (procédés en continu, procédés

catalytiques, électrochimie industrielle, ingénierie chimique) ; – des entreprises de grande envergure ayant des capacités financières et de recherches et de développement conséquentes leur permettant de s'atteler à la transformation par la chimie d'autres secteurs industriels (Ilgen, 1983 ; Murmann, 2003 ; UNEP, 2013). À partir des années 1930 d'abord, avec une accélération à partir de 1945 et l'explosion de la pétrochimie et de la chimie de synthèse, les industries chimiques ont ainsi contribué au développement d'autres, notamment les industries agroalimentaires, l'industrie des médicaments ainsi que les différentes industries impliquant des matériaux (nylon, polyesters, résines, isolants, verres, matériaux métalliques, bétons, peintures, vernis, colles, plastiques, etc.). Cette expansion industrielle a résulté en la production massive de substances toxiques pour les écosystèmes et les corps, produites non seulement par les industries chimiques, mais aussi par les industries extractives d'amont et les industries d'aval qui utilisent leurs produits. De nombreux travaux documentent ces pollutions et leurs effets à différentes échelles (Fressoz, 2012 ; Le Roux, 2010 ; Rainhorn, 2019 ; Rosental, 2017 ; Zimmer, 2016).

Ces dynamiques d'expansion conjointe de l'industrialisation du monde et de sa contamination connaissent une extension majeure après la Seconde Guerre mondiale, qui a été un formidable catalyseur en matière scientifique, technique et industrielle (Dahan, Pestre, 2004 ; Oreskes, Krige, 2014). Aucun espace n'a depuis été épargné par cette industrialisation, ainsi qu'en témoignent les installations offshore. Parmi les technologies qui avaient vu le jour, et dont le développement est emblématique de la prolifération globale des pollutions, le nucléaire tient une place de premier plan. La mise au point de la première bombe atomique dans le cadre du projet Manhattan stimula de nombreux travaux de recherche et développement, impliquant des militaires, des scientifiques ainsi que de grandes entreprises industrielles américaines. Après-guerre, développer des bombes atomiques et les tester devint rapidement un enjeu crucial pour différents pays alors même que commençaient à se dessiner les contours d'utilisations civiles des techniques nucléaires pour la production d'énergie dont avait besoin un développement économique qui s'accélérait à nouveau sous l'effet de politiques nationales et internationales volontaristes (Hecht, 1998). À partir des années 1960, les industries nucléaires militaires et civiles prirent leur essor dans différents pays des blocs de l'Est comme de l'Ouest, nécessitant l'extraction et la transformation de minerais radioactifs.

De cette période résulte un héritage toxique important, dont l'inventaire reste encore incomplet. Cet héritage est composé de territoires ravagés par les anciennes mines d'uranium, aux États-Unis, en Afrique ou au Kazakstan, de sites de production du plutonium comme à Hanford aux États-Unis ou Mayak en Union soviétique, de milliers de tonnes de déchets très dangereux pour des milliers d'années ou encore de dizaines de centrales nucléaires vieillissantes à l'origine d'inquiétudes croissantes sur l'avènement possible d'accidents nucléaires majeurs ou sur le coût

de leur démantèlement futur (Brown, 2013 ; Hecht, 2012 ; Stawkowski, 2016). Cette production massive de polluants radioactifs a perduré jusqu'à aujourd'hui et continue encore de multiples manières. Malgré les controverses majeures, la minimisation, le déni et parfois la dissimulation, les études sont suffisamment nombreuses pour affirmer que ces différentes activités ont laissé une contamination radioactive importante pour des milliers d'années (Brown, 2019) et que ces activités ont particulièrement affecté des populations défavorisées, en Afrique ou de différentes îles du Pacifique entre autres, et sont à l'origine de centaines de milliers de victimes parmi les travailleurs du nucléaire civil (dont les travailleurs des mines) et militaire, les soldats qui ont pris part aux essais atomiques et les populations qui ont subi les bombes nucléaires ou les retombées radioactives des essais et accidents majeurs comme Tchernobyl ou Fukushima (Bensaude-Vincent, Boudia, Sato, 2022).

Les cas des industries chimiques et du nucléaire illustrent enfin un autre aspect important de l'expansion conjointe de l'industrialisation et des pollutions : le développement des activités industrielles s'accompagne et donne lieu à un amoncellement quasi contenu de déchets qui vient aggraver les pollutions liées aux processus d'extraction et de production. Depuis le XIX^e siècle, l'essor du capitalisme n'a pu prendre place qu'en accumulant des quantités de plus en plus importantes de restes, liées notamment à l'expansion de la consommation de masse et l'important travail de propagande et de marketing pour contester les pratiques de réutilisation des biens et installer une « culture du jetable » favorable à la production en série (Cohen, 2003 ; Strasser, 1999 ; Packard, 1960). L'augmentation vertigineuse du volume des déchets depuis les années 1950 débouche sur une dispersion importante des produits potentiellement toxiques dans l'environnement avec des conséquences majeures : pollutions des sols par des métaux lourds, des PCB, des hydrocarbures et des plastiques, contamination des écosystèmes, de l'eau, de l'air, de la toute la chaîne alimentaire et, des populations humaines (Boudia *et al.*, 2021) (Fig. 1).

Le cas du plastique illustre l'ampleur de la dissémination des déchets dans l'environnement et la pollution généralisée qui en résulte (Gabrys, Hawkins, Michael, 2013 ; Monsaingeon, 2017). Sur la base de chiffres issus de différentes sources industrielles, une étude de référence (Geyer, Jambeck, Law, 2017) indique que la production de plastique (résine et fibres) est passée de 2 Mt en 1950 à 380 Mt en 2015, avec une quantité totale de 7 800 Mt dont la moitié a été produite uniquement sur les 13 dernières années. Ses auteurs estiment également que 2 500 Mt de plastique, soit 30 % de la masse produite depuis 1950 est encore utilisée, et que l'accumulation de déchets primaires et secondaires (produits recyclés) s'élève à 6 300 Mt dont seuls 9 % ont été recyclés, 12 % ont été incinérés et 79 % accumulés dans des décharges ou dans la nature.



Fig. 1. Usine de recyclage de déchets électroniques, Silverdale, Auckland. Judit Klein. <https://www.flickr.com/photos/juditk/>

Dans une autre étude, ces auteurs s'intéressent à la dispersion du plastique dans les océans et son impact désastreux sur le milieu marin (Jambeck *et al.*, 2015). Ces travaux viennent alimenter ceux d'autres chercheurs et activistes qui s'inquiètent d'un phénomène qui connaît un relatif retentissement médiatique, celui de la plastification des océans. De nombreux médias donnent à voir la formation d'une « soupe de plastique » (Great Pacific Garbage Patch), connue aussi comme le « septième continent » ou le « huitième continent », décrite comme une immense plaque de déchets évoluant dans l'océan Pacifique, composé d'amas de sacs plastiques, de bouteilles, de bidons et autres poubelles flottantes. À ce continent du Pacifique nord, s'en ajoutent quatre autres du même type, correspondant à une concentration de déchets poussés par des courants marins océaniques, qui s'accumulent au milieu de gyres, ces grands mouvements tournant de l'eau de surface. Comme les déchets plastiques ont une longévité qui peut atteindre plusieurs centaines d'années et qu'au fil du temps ils se désagrègent, il en résulte une mer gorgée en microparticules de diamètre inférieur à 5 mm, en suspension à la surface et jusqu'à 30 m de profondeur. Ces microparticules, ingérées par les animaux, sont impossibles à digérer et difficiles à éliminer. Elles s'accumulent par conséquent dans les corps des poissons, des tortues, des oiseaux et autres animaux marins entraînant le décès d'une partie d'entre eux. De plus,

ces microparticules contribuent à fixer les polluants organiques persistants (POP) comme le DDT ou le PCB, accentuant ainsi les différents effets délétères sur les écosystèmes.

Les quelques exemples qui viennent d'être développés montrent la portée des pollutions industrielles. Elles perdurent souvent sur des périodes très longues, s'accumulent, se sédimentent, mais aussi circulent et se retrouvent dans l'eau, l'air, les sols, la chaîne alimentaire et les corps. Ces pollutions, ubiquistes et protéiformes, ont aussi de multiples propriétés toxiques qui affectent autant l'environnement que la santé humaine (Homburg, Vaupel, 2019 ; UNEP, 2013). Bien que devenues globales au cours de la seconde moitié du *xx*^e siècle, elles restent socialement et géographiquement très inégalement réparties et certaines populations ont, par là, payé et payent un tribut disproportionné à l'industrialisation du monde.

Le gouvernement des pollutions

Les pollutions industrielles ne sont jamais données telles qu'elles. Elles sont définies, cadrées et mises en forme, avec des catégories et des paradigmes construits par un ensemble de communautés savantes, de mouvements militants et d'administrations publiques qui configurent les manières dont elles sont discutées et traitées. Ces cadrages et mises en forme peuvent être historicisés. Leur histoire se situe à la croisée de transformations des pratiques scientifiques et techniques qui contribuent à leur objectivation et à celle de leurs effets, du renouvellement des mobilisations visibles ou plus confinées, et de refontes des régulations et politiques publiques.

Dès la fin du *xviii*^e siècle et tout au long du *xix*^e siècle, les pollutions et leurs effets délétères n'ont pas été ignorés. Ils ont engendré des mobilisations de travailleurs, de consommateurs ou de riverains affectés dans leur santé mais aussi dans leurs activités économiques – en particulier agricoles et forestières. Ils ont suscité des travaux scientifiques dans différents domaines, et des scientifiques de différents champs disciplinaires, la chimie analytique, la médecine humaine et vétérinaire, l'hygiène publique, l'agronomie, la foresterie, l'ingénierie ont été mis à contribution dans le cadre d'expertises publiques ou juridiques pour identifier des sources de pollution, caractériser leurs effets et définir des outils de leur régulation. Les conflictualités multiples entourant les pollutions et leurs conséquences délétères ont conduit industriels et autorités publiques à développer différentes formes de régulations. Parmi les régulations emblématiques qui se sont construites au cours du *xix*^e siècle et au début du *xx*^e siècle, avec des chronologies

variées suivant les pays et les problèmes considérés, se trouvaient notamment celles relatives aux établissements classés, aux accidents et maladies professionnelles ou aux substances vénéneuses (Bartrip, 2002 ; Massard-Guilbaud, 2010 ; Moses, 2018 ; Rosner, Markowitz, 1991).

Ces réglementations reposaient sur différentes logiques : tenter de confiner les pollutions à certains territoires et à certaines populations au moyen de dispositifs réglementaires et techniques ; promouvoir des formes d'usage contrôlé pour certaines substances et certaines utilisations ; organiser des formes de réparation dans certaines situations. Ces réglementations visaient aussi à limiter la recherche en responsabilité et le recours aux tribunaux en mettant en place une gestion administrative qui définissait les problèmes résultant de pollutions pris en charge et les modalités de leur bonne gestion – invisibilisant et rendant par-là illégitimes tous les autres problèmes pouvant exister. Ces réglementations, qui sélectionnaient les problèmes et outils de gestion, ne permirent pas de juguler les pollutions et leurs effets néfastes. La période de l'Entre-deux-guerres fut ainsi le théâtre de nombreux accidents graves, de pollutions régulières, de mobilisations locales et, aux États-Unis, de la première mobilisation d'ampleur nationale, initiée par des ingénieurs, contre les industries chimiques et les pollutions associées (Pujol, 2014 ; Ross, Amter, 2010 ; Whorton, 1974 ; Zimmer, 2016).

Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, l'explosion du nombre de nouvelles substances et de nouveaux produits commerciaux s'accompagna d'un discours développé par les industriels et les autorités publiques qui se voulait rassurant : la chimie améliorerait la vie quotidienne et il était possible de parvenir à contrôler les pollutions et leurs effets délétères. Se développa alors ce que nous avons qualifié de « gouvernement par la maîtrise » (Boudia, Jas, 2019). Ce gouvernement reposait sur les logiques et les pratiques d'avant-guerre qui cherchaient à confiner les pollutions et à limiter les expositions grâce à l'adoption de normes et de concentration des industries dangereuses dans certaines zones. Il reposait sur le développement d'outils de régulation qui requéraient de plus en plus de savoirs scientifiques et techniques. Ces outils furent développés dans les domaines en pleine expansion, comme les industries nucléaires ou agroalimentaires : des listes positives de substances autorisées, des classifications (suivant l'usage et/ou la dangerosité), des spécifications (définitions réglementaires des propriétés physico-chimiques des substances et des méthodes pour les établir et les mesurer et quantifier lesdites substances), des étiquetages normalisés, commencèrent à structurer les réglementations produites. Les valeurs limites d'exposition ont joué un rôle central dans la constitution de gouvernement par la maîtrise. Leur formalisation occupa de nombreux comités d'experts états-uniens et des organisations internationales alors en plein essor. Cet outil de régulation reposait sur la

conviction qu'il est possible de déterminer une dose en dessous de laquelle aucun effet délétère grave ne peut être constaté – cette dose croisée avec l'exposition permettant de fixer des seuils réglementaires (Boudia, Jas, 2013).

Ces productions réglementaires n'avaient pas simplement pour objectif de tenter de maîtriser les effets délétères des substances dangereuses. Elles visaient avant tout, à faciliter la production industrielle et la circulation des biens, notamment dans le cadre de l'expansion des marchés à l'échelle internationale qui ne devait pas être contrainte par des normes techniques et sanitaires trop différentes d'un pays à un autre. Les régulations mises en place ne prenaient cependant en charge qu'un nombre limité de substances, d'usages et de problématiques, et l'essentiel des pollutions ne fit l'objet d'aucune forme de régulation. Cette configuration était alors facilitée par la conviction, présente dans un ensemble de milieux scientifiques, industriels et administratifs, que la Terre était en mesure d'absorber sans dommages graves une partie des pollutions produites.

Pour autant, des pollutions visibles et des alertes lancées par des scientifiques dans des espaces confinés ou publiquement, contestèrent dès les années 1950, et de plus en plus dans les années 1960, le fait que le développement rapide des industries et d'une société de consommation, puisse se réaliser sans dommages délétères graves, voire irrémédiables (Boudia, 2007 ; Jas, 2013). Le succès planétaire du livre *Silent Spring* de la biologiste Rachel Carson, publié en 1962 et traduit rapidement dans une dizaine de langues, symbolise la montée en puissance d'un nouvel environnementalisme, qui s'ancrait autant dans une expérience quotidienne des pollutions et de leurs effets, que dans une critique du capitalisme et de l'impérialisme et la production d'un ensemble de nouvelles connaissances scientifiques qui débouchèrent au début des années 1970 sur une véritable « crise de la toxicité » (Von Schwering, 2010 ; Vogel, 2012).

Cette crise de la toxicité reposait à la fois sur la mise à jour de pollutions de fond par des substances telles que les radio-isotopes, le DDT ou les PCB qui atteignaient même les espaces où elles n'avaient jamais été utilisées et la mise à jour de propriétés toxiques inquiétantes. À partir de la fin des années 1940, des travaux scientifiques repris par certains comités d'experts concluaient que, pour des substances particulièrement dangereuses, les carcinogènes, il était impossible de fixer un seuil en dessous duquel aucun effet délétère ne pouvait être constaté. Comment dès lors, maintenir un discours promettant une maîtrise des polluants et de leurs effets quand certaines substances parfois très largement utilisées sur l'ensemble de la planète pouvaient potentiellement causer des dommages graves même à des expositions à faibles doses ? Cette question, cruciale, fut portée par des mobilisations nombreuses qui s'internationalisaient avec la création de nouvelles organisations internationales telles que Greenpeace ou Friends of Earth.

Elle fut aussi nourrie au cours des années 1960 et 1970 par le développement des recherches menées dans de nouveaux champs de recherche ou le renouvellement de certains autres qui étudiaient les polluants et leurs effets potentiels à des échelles infiniment petites comme à l'échelle de la planète. Ces recherches contribuèrent à caractériser des propriétés telles que la capacité de certains polluants à voyager sur de longues distances, la persistance ou la rémanence. Ces résultats scientifiques renforçaient les inquiétudes liées à l'identification de toxicité potentiellement sans seuil, la très discutée cancérogénicité, mais aussi la mutagénicité et la reprotoxicité.

Cette contradiction profonde et irréductible entre la revendication de la possibilité de maîtriser les polluants et la mise en évidence de phénomènes difficilement maîtrisables fut traitée de deux manières au moins : des transformations conséquentes des appareils de régulation et le développement d'un nouveau mode de gouvernement que nous avons qualifié de gouvernement par le risque (Boudia et Jas, 2019). Les années 1970 furent ainsi marquées par l'adoption de nouvelles législations comme le Clean Air Act en 1970, le Clean Water Act en 1972, ou Toxic Chemical Substances Act 1976 aux États-Unis ou les premières législations environnementales en Europe et la création de nouvelles administrations comme l'EPA (Environmental Protection Agency) aux USA ou les ministères de l'Environnement en Europe. Les espaces internationaux ne furent pas en reste, et la période des années 1970 fut marquée par un développement conséquent des capacités d'expertise. Cette expansion fut en partie portée par les Nations Unies qui se dotèrent, en plus de ceux déjà existants, d'organisations et de dispositifs nouveaux tels que le Scientific Committee on the Problems of the Environment (SCOPE) créé en 1969 au sein de l'International Council for Science (ICSU), et qui fit fonction de comité scientifique de l'United Nation Environment Programme (UNEP), ou de l'International Programme on Chemical Safety mis en place par la World Health Organization en 1980. Mais elle fut aussi le fait d'autres organisations, notamment l'OCDE qui s'imposa rapidement comme un acteur essentiel de cet espace de l'expertise internationale sur les substances chimiques dangereuses en plein développement (Lönngrén, 1992).

Mais ces transformations institutionnelles, réglementaires, bien que reposant sur des discours rassurants dispensés par des autorités publiques et des industries, ne suffirent pas à répondre aux mobilisations et aux problèmes qu'elles soulevaient. Désormais, il s'agissait moins de prétendre à une maîtrise des débordements industriels que de proposer un nouveau contrat social reposant sur une reconnaissance partielle des risques ainsi que sur de nouvelles procédures d'évaluation, de gestion et de réparation. Dans le climat de controverses et de tensions politiques qui caractérisaient les années 1970, plusieurs communautés

d'experts investirent la question de la prise de décision relative aux technologies à risques, cherchant à définir de nouvelles démarches d'action dans un univers controversé. Le thème du « *risk assessment* » devint l'objet du travail de plusieurs agences fédérales américaines qui engagèrent une réflexion conjointe sur la définition d'une méthodologie transversale d'évaluation et de décision des activités présentant des risques technologiques, sanitaires ou environnementaux et leurs travaux trouvèrent des échos dans plusieurs organisations internationales. Ces travaux débouchèrent finalement, sur la publication en 1983 d'un rapport connu sous le nom de *Livre rouge de l'évaluation des risques*, qui proposait une démarche, aujourd'hui adoptée par la majorité des institutions nationales et internationales en charge de la gestion des substances toxiques. Cette démarche se veut rigoureuse, fondée sur des méthodes scientifiques, celles de la modélisation mathématique, et applicable à un large ensemble de problèmes et de situations (Boudia, 2014 ; Boudia, Demortain, 2014).

Le déploiement d'un gouvernement par le risque, dont l'objectif est de faire accepter l'existence de certains dommages environnementaux et sanitaires résultant d'activités industrielles et technoscientifiques comme nécessaires et déterminés rationnellement ne parvint pas à limiter ni les pollutions ni les contestations. D'une part des travaux scientifiques continuèrent de pointer sur de nouvelles formes de toxicité, portées par des mobilisations renouvelées et conduisant là encore, à la création de nouvelles catégories – à la fois scientifiques, techniques, réglementaires et politiques – de toxiques : telles celles des « perturbateurs endocriniens » (PE) dans les années 1990-2000 ; des substances « persistantes, bioaccumulables et toxiques » (PBT) dans les années 2000 ou encore, dans le cadre du règlement REACH de l'Union européenne, de « substances of very high concern » (SVHC) qui s'ajoutaient à celles créées dans les années 1970 et 1980 de « carcinogènes, mutagènes, reprotoxiques » (CMR) ou de « polluants organiques persistants » (POP) (Eckley, 1999 ; Scheringer, Boschen et Hungerbühler, 2006). D'autre part, de nouveaux problèmes liés à l'extension des activités industrielles et technoscientifiques à l'ensemble de la planète se développèrent. Le déplacement d'activités industrielles très polluantes des pays occidentaux vers des pays du Sud, des accidents industriels d'une extrême gravité comme celui de Bhopal en Inde, la circulation légale et illégale de produits dangereux ou de déchets toxiques des pays riches vers les pays pauvres engendrèrent ainsi le développement d'un ensemble de nouvelles mobilisations et de régulations internationales – souvent peu contraignantes – qui ont souvent pris la forme de conventions internationales, telles que celles de Stockholm sur les POP, de Bâle sur les déchets toxiques ou de Rotterdam sur les substances dangereuses (Paellemaerts, 2003 ; Pellow, 2007 ; Selin, 2010).

À partir des années 1990, la multiplication des zones identifiées comme très contaminées soit par des activités industrielles particulièrement polluantes ou par des accidents industriels graves conduisit certains groupes d'experts et institutions nationales et internationales à prôner ce que nous avons qualifié de gouvernement par l'adaptation (Boudia, Jas, 2019). Ce cadrage des problèmes fait le constat de l'existence de pollutions pérennes impossibles à remédier. Il s'agit dès lors d'organiser la vie dans ces espaces hautement pollués en fournissant aux habitants des recommandations sur l'alimentation, l'hygiène, les activités extérieures visant à limiter leur exposition et à faire en sorte que chaque individu devienne son propre gestionnaire de risque. Sont ainsi par-là valorisées de supposées formes d'*empowerment* tout en dédouanant dans bien des cas les autorités publiques et les industries de leurs responsabilités dans les pollutions et leurs gestions. La zone impactée par l'accident de Tchernobyl constitua un premier espace d'expérimentation pour élaborer les outils de ce gouvernement, déployés désormais dans de nombreuses zones hautement polluées par des activités routinières ou après des accidents (Langston, 2016 ; Topçu, 2013 ; Torny, 2013). Ils sont aussi utilisés, de manière routinière dans des espaces moins pollués, pour faire face à des pollutions de fond, impossibles à juguler, comme les pollutions atmosphériques, en particuliers les pics de pollutions sévères, les pollutions importantes de sources d'eau potable, ou les contaminations d'aliments par certains toxiques comme les PCB ou les métaux lourds.

Au cours des deux siècles écoulés, ont été construits de multiples systèmes de régulation visant à prendre en charge certaines pollutions et certains de leurs effets. La production de régulation est telle que l'on est aujourd'hui face à un millefeuille institutionnel et de régulations presque impossible à démêler qui opère à de multiples échelles et qui comprend des régulations construites à différentes périodes et avec des visées variées (Jas, 2014). Pour autant cette prolifération d'institutions, de régulation, d'instruments et d'outils visant à prendre en charge les pollutions n'a non seulement pas permis de les limiter mais a accompagné leur déploiement et leur accumulation. Ce paradoxe, nous venons de le voir, s'explique avant tout par l'impossibilité récurrente pour les acteurs économiques et politiques dominants de concevoir des formes de cadrages et de prises en charges qui ne remettent pas en cause des formes de développement économique passant une industrialisation massive, reposant sur des technologies toujours plus performantes en termes de production de biens de consommation mais qui n'ont jamais réussi ni à limiter la production et l'émission de pollution ni à les remédier.

La crise environnementale qui est aujourd'hui au cœur de nombreux débats qui mettent en avant les risques majeurs auxquels les sociétés humaines font

désormais face est le produit d'une histoire dans laquelle l'analyse des rapports entre technologie, pollution et environnement tient une place centrale. Elle est de fait indispensable pour éclairer les débats sur l'épuisement des ressources et de la biodiversité, la carbonisation de l'économie et son impact sur le changement climatique, la toxification des écosystèmes ou encore l'acidification des océans comme pour discuter des limites des solutions techniques et politiques parfois envisagées.

Bibliographie

- Bartrip, Peter W. J., *The Home Office and the Dangerous Trades : Regulating Occupational Disease in Victorian and Edwardian Britain* (Amsterdam et New York : Éditions Rodopi, 2002).
- Bensaude-Vincent, Bernadette, Soraya Boudia et Kyoko Sato (éd.), *Living in a Nuclear World. From Fukushima to Hiroshima* (Londres : Routledge, 2022).
- Boudia, Soraya, « Global Regulation : Controlling and Accepting Radioactivity », *History and Technology*, 23.4 (2007), 389-406.
- Boudia, Soraya, « Managing Scientific and Political Uncertainty : Environmental Risk Assessment in a Historical Perspective », *Powerless Science ? Science and Politics in a Toxic World*, Soraya Boudia et Nathalie Jas (éd.) (Londres et New York : Berghahn Books, 2014), 95-114.
- Boudia, Soraya, Angela N. H. Creager, Scott Frickel, Emmanuelle Henry, Nathalie Jas, Carsten Reinhardt et Jody R. Roberts, *Residues. Thinking Through Chemical Environments* (New Brunswick : Rutgers University Press, 2021).
- Boudia, Soraya et David Demortain, « La production d'un instrument générique de gouvernement. Le "livre rouge" de l'analyse des risques », *Gouvernement et Action publique*, 3.3 (2014), 33-53.
- Boudia, Soraya et Nathalie Jas, *Gouverner un monde toxique* (Versailles : Editions Quae, 2019).
- Boudia, Soraya et Nathalie Jas (éd.), *Toxicants, Health and Regulation since 1945* (Londres et New York : Pickering and Chatto, 2013).
- Brown, Kate, *Manual for Survival : a Chernobyl Guide to the Future* (New York : W. W. Norton and Company, 2019).
- Brown, Kate, *Plutopia : Nuclear Families in Atomic Cities and the Great Soviet and American Plutonium Disasters* (Oxford : Oxford University Press, 2013).
- Cohen, Lizabeth, *A Consumers' Republic : the Politics of Mass Consumption in Postwar America* (New York : Knopf, 2003).
- Craeger, Angela, « The Political Life of Mutagens : a History of the Ames Test », in *Powerless Science ? Science and Politics in a Toxic World*, Soraya Boudia et Nathalie Jas (éd.) (Londres et New York : Berghahn Books, 2014), pp. 46-65.
- Dahan, Amy et Dominique Pestre (éd.), *Les Sciences pour la guerre* (Paris : Éditions de l'EHESS, 2004).
- Eckley, Noelle, *Drawing Lessons About Science-policy Institutions : Persistent Organic Pollutants (POPs) Under the LRTAP Conventions*, ENRTP Discussion Paper E-99-11 (Cambridge (Mass.) : Harvard University, 1999).
- Fortun, Kim, *Advocacy after Bhopal. Environmentalism, Disaster, New Global Orders* (Chicago : University of Chicago Press, 2001).
- Fressoz, Jean-Baptiste, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique* (Paris : Le Seuil, 2013).
- Frickel, Scott, *Chemical Consequences : Environmental Mutagens, Scientist Activism, and the Rise of Genetic Toxicology* (New Brunswick : Rutgers University Press, 2004).

- Gabrys, Jennifer, Gay Hawkins, and Mike Michael (éds), *Accumulation : the Material Politics of Plastic* (New York : Routledge, 2013).
- Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck et Kara L. Law, « Production, Use and Fate of All Plastics Ever Made », *Science Advances*, 3 (2017), e170078.
- Hecht, Gabrielle, *Being Nuclear : Africans and the Global Uranium Trade* (Cambridge (Mass.) : The MIT Press, 2012).
- Hecht, Gabrielle, *The Radiance of France : Nuclear Power and National Identity after World War II* (Cambridge (Mass.) : The MIT Press, 1998).
- Hervé, Alain, « Éditorial », *Le Nouvel Observateur*, numéro spécial « La dernière chance de la terre. Dossier spécial écologie », 1972, 4.
- Homburg, Ernest et Elisabeth Vaupel (éd.), *Hazardous Chemicals : Agents of Risk and Change, 1800-2000* (Oxford et New York : Berghahn Publishers, 2019).
- Ilgen, Thomas, « "Better Living Through Chemistry" : the Chemical Industry in the World Economy », *International Organization*, 37.4 (1983), 647-680.
- Jambeck, Jenna R., Roland Geyer, Chris Wilcox, Theodore R. Siegler, Miriam Perryman, Antony Andrady, et Kara L. Law, « Plastic Waste Inputs From Land Into the Ocean », *Science*, 347.6223 (2015), 768-771.
- Jarrige, François et Thomas Le Roux, *The Contamination of the Earth : a History of Pollutions in the Industrial Age* (Boston : The MIT Press, 2020).
- Jas, Nathalie, « Adapting to Reality. The Emergence of an International Expertise on Food Additives and Contaminants in the 1950s and early 1960s », *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Soraya Boudia et Nathalie Jas (éd.) (Londres : Pickering and Chatto, 2013), 47-69.
- Jas, Nathalie, « Gouverner les substances chimiques dangereuses dans les espaces internationaux », *Le Gouvernement des technosciences. Gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945*, Dominique Pestre (éd.) (Paris : La Découverte, 2014), 31-63.
- Langston, Nancy, « La Convergence entre santé humaine et santé environnementale : le toxaphène dans le lac Supérieur », *Sciences sociales et Santé*, 34.3 (2016), 103-123.
- Le Nouvel Observateur*, « La dernière chance de la terre. Dossier spécial écologie », numéro spécial, (1972)
- Le Roux, Thomas, *Le Laboratoire des pollutions industrielles : Paris, 1770-1830* (Paris : Albin Michel, 2010).
- Lönngren, Rune, *International Approaches to Chemicals Control. An Historical Overview* (Stockholm : Kemi, 1992).
- Massard-Guilbaud, Geneviève, *Histoire de la pollution industrielle. France, 1789-1914* (Paris : Éditions de l'EHESS, 2010).
- Monsaingeon, Baptiste, *Homo détritit* (Paris : Le Seuil, 2017).
- Moses, Julia, *The First Modern Risk : Workplace Accidents and the Origins of European Social States* (Cambridge : Cambridge University Press, 2018).
- Murmann, Johann P., « Chemical Industries After 1850. An Article for the *Oxford Encyclopedia of Economic History* » (2002) <http://www.professor-murmann.net/murmann_oech.pdf> [consulté le 28 novembre 2022].
- Nixon, Rob, *Slow Violence and the Environmentalism of the Poor* (Cambridge (Mass.) : Harvard University Press, 2011).
- Oreskes, Naomie et John Krige (éd.), *Science and Technology in the Global Cold War* (Cambridge (Mass.) : MIT Press, 2014).
- Packard, Vance, *The Waste Makers* (New York : David McKay, 1960).
- Paellemaerts, Marc, *Toxics and Transnational Law : International and European Regulation of Toxic Substances as Legal Symbolism* (Oxford et Portland : Hart Publishing, 2003).
- Pellow, David, *Resisting Global Toxics : Transnational Movements for Environmental Justice* (Cambridge (Mass.) : The MIT Press, 2007).

Histoire globale des techniques

- Pujol, Hervé, « L'action des syndicats de défense contre les fumées des usines de Salsigne (1932-1950), exemple de judiciarisation d'un conflit environnemental », *Tristes mines. Impacts environnementaux et sanitaires de l'industrie minière*, Hervé Pujol (éd.) (Paris : Édition Les Études Hospitalières, 2014), 183-208.
- Rainhorn, Judith, *Blanc de plomb. Histoire d'un poison légal* (Paris : Presses de Sciences Po, 2019).
- Rosental, Paul-André (éd.), *Silicosis. A World History* (Baltimore : John Hopkins University Press, 2017).
- Rosner, David et Gerald Markowitz, *Deadly Dust : Silicosis and the Politics of Occupational Disease in Twentieth-century America* (Princeton : Princeton University Press, 1991).
- Ross, Benjamin et Steven Amter, *The Polluters : the Making of Our Chemically Altered Environment* (Oxford : Oxford University Press, 2010).
- Scheringer, Martin, Sefab Boschen et Korand Hungerbühler, « Will We Know More or Less About Chemical Risks Under REACH ? », *Chimia*, 60 (2006), 699-706.
- Selin, Henrik, *Global Governance of Hazardous Chemicals* (Cambridge (Mass.) : The MIT Press, 2010).
- Speth, James F. et Peter M. Haas, *Global Environmental Governance* (Washington : Island Press, 2006).
- Stawkowski, Magdalena, « "I am a Radioactive Mutant" : Emerging Biological Subjectivities at the Semipalatinsk Nuclear Test », *American Ethnologist*, 43.1 (2016), 144-157.
- Strasser, Susan, *Waste and Want : A Social History of Trash* (New York : Metropolitan Book, Holt, 1999).
- Topçu, Sezin, « Chernobyl Empowerment ? Exporting "Participatory Governance" to Contaminated Territories », in *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Soraya Boudia et Nathalie Jas (éd.) (Londres et New York : Pickering and Chatto, 2013), 135-157.
- Torny, Didier, « Managing an Everlastingly Polluted World. Food Policies and Community Health Actions in the French West Indies », *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Soraya Boudia et Nathalie Jas (éd.) (Londres et New York : Pickering and Chatto, 2013), 117-134.
- UNEP, *Global Chemical Outlook. Towards Sound Management of Chemicals* (Nairobi : United Nations Environment Programme, 2013).
- Vogel, Sarah, *Is It Safe ? BPA and the Struggle to Define the Safety of Chemicals* (Berkeley : University of California Press, 2012).
- Von Schwering, Alexander, « Low Dose Intoxication and a Crisis of Regulatory Models. Chemical Mutagens in the Deutsche Forschungsgemeinschaft », *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 33 (2010), 401-418.
- Von Schwering, Alexander, « Shaping Vulnerable Bodies at the Thin Boundary Between Environment and Organism : Skin, DNA Repair, and a Genealogy of DNA Care Strategies », *Science in Context*, 28.3 (2015), 427-464.
- Whorton, James, *Before Silent Spring : Pesticides and Public Health in Pre-DDT America* (Princeton : Princeton University Press, 1974).
- Zimmer, Alexis, *Brouillards toxiques. Vallée de la Meuse, 1930, contre-enquête* (Bruxelles : Zones Sensibles, 2016).