

Nanotechnologies et nanomatériaux en alimentation : atouts, risques, perspectives

Les nanotechnologies, déjà utilisées dans des domaines tels que l'électronique, l'aéronautique ou la médecine, font l'objet d'ambitieux programmes de recherche dans le champ de l'alimentation. Si ces technologies ouvrent des perspectives stimulantes quant à leurs applications futures, des incertitudes subsistent sur leur toxicité potentielle, créant des réticences et appelant à des évaluations coûts/bénéfices. Au-delà des enjeux que représente l'adaptation de la réglementation, des défis subsistent en matière de contrôle, de suivi et de surveillance. Ces tensions entre promesses technologiques, incertitudes et régulation normative contribuent à faire des « nanos » un nouveau problème public, dont cette note résume les principaux enjeux.

Au cours des trois dernières décennies, l'usage des nanotechnologies s'est développé dans plusieurs domaines – électronique, aéronautique, médecine, agriculture, agroalimentaire, etc. – suscitant des espoirs sur leurs applications futures¹. Certains observateurs voient d'ailleurs dans les NBIC (nanotechnologies, biotechnologies, informatique et sciences cognitives) le fondement d'une nouvelle ère industrielle.

Dans le domaine alimentaire, de nombreuses recherches sont en cours, qui n'ont pour l'essentiel pas atteint le stade de l'application et de la commercialisation. Pourtant, ces travaux ont déjà induit des craintes chez les consommateurs et suscité des controverses. La réglementation et le contrôle ont d'ailleurs été renforcés ces dernières années, et des études sont conduites pour anticiper les risques pour la santé humaine et l'environnement.

Dans ce contexte en évolution rapide, cette note propose un état des lieux du sujet. La première partie décrit les caractéristiques et applications possibles de ces technologies dans le champ alimentaire. La deuxième s'intéresse à leurs risques, puis la troisième traite de la

perception des consommateurs et des réponses des acteurs publics et privés. Enfin, la note se termine par un point sur les réglementations publiques mises en œuvre.

1 - Nanotechnologies et nanomatériaux : promesses pour l'agroalimentaire

Il existe plusieurs définitions des nanotechnologies et des nanomatériaux, mais leur point commun est certainement l'échelle métrique : relève des nanotechnologies tout ce qui concerne les matériaux d'une taille comprise entre 1 nanomètre (nm) et 100 nm. L'encadré 1 présente la définition retenue par la Commission européenne depuis 2011. Un rapport de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), publié en 2009, a recensé les définitions utilisées dans ses pays membres², de même que le World Technology Evaluation Center (WTEC)³.

La figure 1, qui rapporte l'échelle des nanotechnologies à certaines utilisations techniques et industrielles, permet d'appréhender les dimensions des nanomatériaux. À titre d'exemple, un

nanomatériau est 100 fois moins large qu'un cheveu.

Les nanomatériaux se trouvent sous différentes formes (nanofeuillets, nanotubes, nanoparticules, etc.), qui peuvent se rassembler en agrégats, en agglomérats ou en suspension dans un liquide. Certaines nanoparticules sont présentes dans les aliments à l'état naturel : c'est le cas de composés organiques protéiques comme l'ovotransferrine de l'œuf, la micelle de caséine du lait ou les lactoglobulines.

Certains additifs alimentaires technologiques autorisés peuvent comporter, de façon non intentionnelle, des nanoparticules du fait des procédés de fabrication. On pense ici à la silice amorphe SiO₂ (additif E151), utilisée comme anti-agglomérant pour les préparations en poudre, ou au dioxyde de titane TiO₂ (additif E171), agent blanchissant utilisé pour certaines confiseries.

Les nanomatériaux sont également produits de façon intentionnelle, pour bénéficier de leurs propriétés physico-chimiques spécifiques en application industrielle. Du fait de leur petite taille, avec un rapport surface/volume augmenté, ils sont plus réactifs, offrant des applications intéressantes dans les secteurs électronique,

1. Drexler E., 1986, *Engins de création, l'avènement des nanotechnologies*, Vuibert.

2. Palmberg C, Dernis H et Miguet C, 2009, « Panorama de la nanotechnologie : indicateurs et statistiques », *Documents de travail de l'OCDE sur la science, la technologie et l'industrie*, no. 2009/07, OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/223147043844>.

3. Roco. M et al. (eds), 2013, *Beyond convergence of nano-bio-info cognitive technologies*, WTEC, www.wtec.org/NBIC2/Docs/FinalReport/Pdf-secured/NBIC2-FinalReport-WEB.pdf.

textile, agricole et cosmétique notamment. Ces caractéristiques ont été soulignées dans les années 2000 par la Commission européenne⁴, en 2012 par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et, dans le domaine alimentaire, par l'Autorité européenne de sécurité sanitaire des aliments (EFSA), dans un avis scientifique de 2009 et un rapport de 2016.

Il existe de nombreux travaux de R&D relatifs aux aliments ou aux emballages, couvrant une large palette d'utilisations potentielles. Du côté des emballages, les recherches visent à améliorer la conservation des produits, par l'augmentation des propriétés mécaniques de barrière, ou leur qualité sanitaire, par détection à travers des capteurs de substances indésirables (allergènes, contaminants). Ces études sont conduites par des équipes de recherche publique – par exemple l'unité de recherche ingénierie des agropolymères et technologies émergentes (IATE) – ou privée, firmes agroalimentaires notamment. Le projet Nanopack, lancé en 2017 et piloté par le Technion (institut israélien de technologie), regroupe quant à lui 18 équipes publiques et privées, pour développer un emballage alimentaire antimicrobien. D'autres travaux portent sur le maintien des qualités organoleptiques des aliments. Les nanotechnologies pourraient aussi demain contribuer à lutter contre le gaspillage alimentaire et à nourrir les populations⁵, y compris en matière d'eau potable (processus d'assainissement).

D'autres usages sont à l'étude : compléments alimentaires encapsulés ou en émulsion, utilisables pour des sauces, boissons ou vinaigrettes. Ces composants amélioreraient la valeur nutritionnelle, par libération de principes actifs (antioxydant, caroténoïdes, curcuma), ou la saveur, par libération d'aromates. Ils seraient utiles pour des alimentations ciblées (malades, personnes âgées, sportifs). Ces recherches sont effectuées par diverses équipes parmi lesquelles l'unité mixte francilienne GENIAL (Ingénierie, procédés, aliments).

Ces travaux dans le domaine agroalimentaire s'inscrivent dans un effort de recherche plus large sur les nanotechnologies en général. En France, le laboratoire d'excellence (LabEx) SERENADE (*Safe Ecodesign Research and Education applied to Nanomaterials Development*), créé lors d'un appel à projets de l'ANR, réunit treize partenaires, dont les universités de Marseille et Montpellier, le CNRS, l'Inra, l'Inserm, et mène des recherches tant sur les usages que sur les risques potentiels. Quant au pôle de recherche grenoblois, il est positionné depuis 1990 sur le développement des nanotechnologies en microélectronique, et cette spécialisation s'est renforcée avec la création de MINATEC en 2006, ainsi qu'avec des formations universitaires dédiées et le lancement en 2013 du plan « Nano 2017 ».

En Europe, l'Allemagne est le pays le plus impliqué, mais on note des investissements notables de recherche aux Pays-Bas, en Italie, en Espagne et au Portugal, ces deux derniers ont

d'ailleurs fondé en 2009 un institut ibérique des nanotechnologies, implanté au Portugal.

À l'échelon international, un rapport de l'Unesco de 2015, *Sur la science, vers 2030*⁶, estime que les nanotechnologies sont un domaine d'innovation prioritaire pour de nombreux pays, pas seulement occidentaux. Les BRICS investissent dans ce domaine : Chine⁷, Inde (projet « nano mission »), Brésil (création récente de deux laboratoires sur les nanotechnologies, dont un appliqué à l'agriculture). L'Iran s'implique également et est classé 7^e en termes de publications scientifiques

sur ce thème⁸. Aux États-Unis, une journée nationale « grand public » est dédiée aux nanotechnologies⁹, qui font l'objet de nombreux programmes de R&D, à travers différentes instances, dont l'institut Foresight, organisme de recherche privé californien (cofondé par Eric Drexler, auteur de « Nanotechnologies, engins de créations »), et la National Technology Initiative (NNI)¹⁰, qui regroupe divers instituts et est rattachée à la National Science Foundation (NSF). Le Japon et la Corée du Sud encouragent également ces techniques, notamment à travers des programmes de recherche dédiés.

Encadré 1 - Définitions

La nanotechnologie est un domaine des sciences appliquées et des technologies impliquant le contrôle de la matière à l'échelle atomique et moléculaire, en deçà de 100 nanomètres.

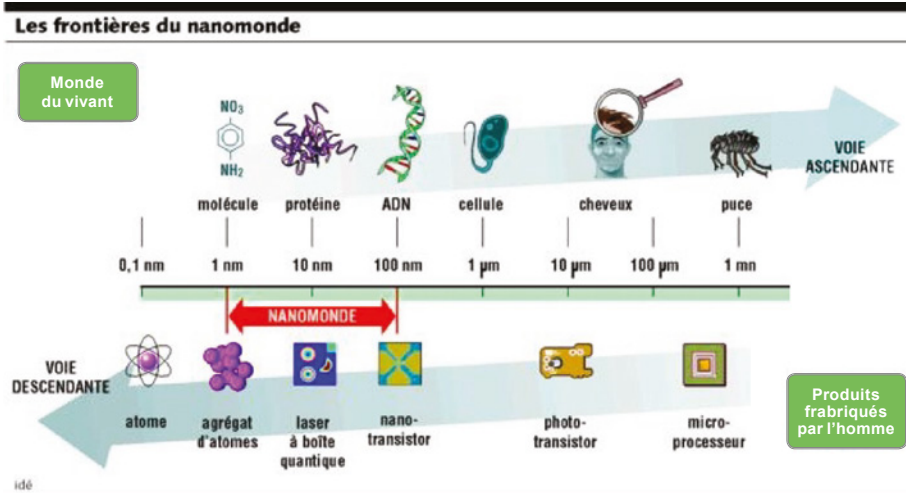
Un nanomatériau est défini comme « un matériau naturel, formé accidentellement ou manufacturé, contenant des particules libres, sous forme d'agrégat ou d'agglomérat, dont au moins 50 % des particules, dans la répartition numérique par taille, présentent une ou plusieurs dimensions externes se situant entre 1 nm et 100 nm ». Cette définition établie par la Commission européenne en 2011, reprise dans le cadre du règlement biocides, fait l'objet de discussions depuis 2014 et est susceptible d'évoluer prochainement, la Commission ayant procédé en septembre 2017 à une consultation publique en vue de cette révision. (source : Recommandation 2011/696/UE de la Commission européenne).

Pour le règlement novel food, est considéré comme « nanomatériau manufacturé » tout

matériau produit intentionnellement présentant une ou plusieurs dimensions de l'ordre de 100 nm ou moins, ou composé de parties fonctionnelles distinctes, soit internes, soit à la surface, dont beaucoup ont une ou plusieurs dimensions de l'ordre de 100 nm ou moins, y compris des structures, des agglomérats ou des agrégats qui peuvent avoir une taille supérieure à 100 nm mais qui conservent des propriétés typiques de la nanoéchelle.

Du fait de leur rapport surface/volume plus important, les nanomatériaux présentent des propriétés physiques et chimiques différentes de celles des mêmes substances à l'échelle habituelle, telles qu'une adhérence remarquable (« effet gecko »), une hydrophobicité, c'est-à-dire la propriété de repousser l'eau (« effet lotus ») ou une résistance accrue (source : Anses, 2015, *Cahiers de la recherche n° 6, Nanomatériaux et santé* : <https://www.anses.fr/fr/system/files/CDLR-mg-Nanomateriaux6.pdf>).

Figure 1 – Échelle dimensionnelle des nanotechnologies



Source : *Les Échos*, 07.09.2004

https://www.lesechos.fr/07/09/2004/LesEchos/19238-069-ECH_les-etats-unis-misent-sur-les-nanotechnologies.htm

4. Commission européenne, 2007, *Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen et Comité économique et social européen - Nanosciences et nanotechnologies : un plan d'action pour l'Europe 2005-2009. Premier Rapport de mise en œuvre 2005-2007*, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A52007DC0505>.

5. Axelos M., Van der Voorde M., 2017, *Nanotechnology in agriculture and food*, Éditions Wiley, DOI:10.1002/9783527697724.

6. Unesco, 2015, *Rapport sur la science. Vers 2030*, https://fr.unesco.org/Rapport_Unesco_science.

7. Ambassade de France à Pékin, 2011, *Les nanotechnologies, un axe fort de la R-D en Chine*, <https://cn.ambafrance.org/Les-nanotechnologies-un-axe-fort-de-R-D-en-Chine>.

8. Unesco, 2015, *op.cit.*

9. Annonce de la journée nanotechnologie 2016, <https://www.nano.gov/node/1641>.

10. Site internet : <https://www.nano.gov/node/41>. Le budget prévisionnel 2018 de la NNI est de 1,2 milliard de dollars.

2 - Risques potentiels des nanotechnologies en agroalimentaire

L'utilisation des nanotechnologies en agroalimentaire peut toutefois présenter des risques pour la santé ou l'environnement. L'un des risques concerne le parcours des nanomatériaux dans le corps humain, après ingestion, et leur accès à divers organes à travers la barrière intestinale, les cellules, les vaisseaux sanguins et les voies pulmonaires, comme cela a été identifié dans le cadre du projet Era-EnvHealth en 2012¹¹. L'élimination dans le milieu naturel de produits en fin de vie ou de résidus des produits ingérés peut également présenter des risques pour l'environnement (OCDE)¹². L'identification et la mesure de ces risques suscite actuellement beaucoup de travaux au niveaux français, européens et international.

Deux rapports français récents ont ainsi analysé les risques liés aux nanomatériaux pour un large champ d'usage. En 2013, le programme Nanogenotox a communiqué¹³ sur la génotoxicité de certains nanomatériaux (dioxyde de titane, silice, nanotubes de carbone). En 2014, l'ANSES a publié un rapport sur l'état des connaissances sur les principaux risques liés aux nanomatériaux¹⁴. D'autres travaux sont en cours sur les risques en santé animale, humaine ou environnementale, dont ceux de l'unité de recherche TOXALIM, également membre du LabEx SERENADE. Une équipe de TOXALIM a d'ailleurs publié un article relatif aux effets du dioxyde de titane TiO₂ (additif E171)¹⁵.

Afin d'orienter les domaines de recherche et de faciliter les concertations, des forums et réseaux ont été créés, tel le forum NanoRESP¹⁶, basé sur des échanges entre professionnels et consommateurs. Il se réunit régulièrement, depuis 2013, en vue de promouvoir une innovation responsable, tenant compte à la fois des aspects négatifs et positifs.

Au niveau communautaire, l'EFSA, qui avait mis en place en 2010 le « nanonetwork », réseau d'évaluation de risques des nanomatériaux en alimentation humaine et animale, a lancé en janvier 2018 une consultation publique¹⁷

sur ce sujet. Le projet de recherche européen Nanoreg, clôturé en février 2017, avait pour sa part souligné l'importance de l'harmonisation des méthodes de tests d'identification des nanomatériaux.

Aux États-Unis, le [National Institute for Occupational Safety and Health \(NIOSH\)](#), agence fédérale dépendant du *Center for Disease Control* (CDC), a diligenté des études sur la toxicité potentielle des nanomatériaux, par exemple les possibles migrations de nanotubes de carbone dans les alvéoles pulmonaires. Par ailleurs, une publication de 2017 a également signalé des effets néfastes sur le foie et le rein chez la souris en lien avec le dioxyde de titane¹⁸.

La parution en 2017 d'un ouvrage¹⁹ réunissant des publications scientifiques internationales va aussi dans le sens de ce renforcement des savoirs. Au-delà des réglementations existantes, se pose la question des modalités de mesure et de caractérisation des nanoparticules dans les aliments, qui nécessitent des techniques de laboratoire perfectionnées. Le projet européen npSCOPE²⁰, qui vise à fournir une caractérisation physico-chimique des nanoparticules, dans leur forme originelle ainsi que dans des formes plus complexes, telles celles consécutives à leur intégration dans des tissus, permettra une avancée en ce domaine.

3 - Perception des consommateurs et réponses des acteurs

Au niveau de la société civile, le développement des nanotechnologies peut susciter de l'inquiétude. Parmi les principales interrogations éthiques, figure le dilemme entre maîtrise technique et émergence de conséquences imprévues.

Les analyses sociologiques ont souligné l'aspect multiforme de ces technologies, qui nécessitent d'associer recherche d'innovations durables, bonne gouvernance et démocratisation scientifique à travers les forums des réseaux sociaux²¹. La participation des citoyens aux débats publics peut en effet contribuer à améliorer certaines décisions, ne serait-ce qu'en instaurant une situation de confiance. Au

cours de ces dernières années, diverses ONG et initiatives citoyennes se sont développées, et des consultations publiques ont été conduites. Depuis 2012, les consommateurs sont ainsi consultés, à travers des associations, dans le cadre du comité de dialogue « nanomatériaux et santé », coordonné par l'ANSES, relatif à l'état des connaissances, des orientations de recherche et des conditions de développement des nanotechnologies. D'autres comités éthiques ont débattu ces dernières années, parmi lesquels celui du projet Nanoscope, le Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (CCNE) et le comité d'éthique Inra-Cirad²².

Au-delà des débats, plusieurs actions ont été engagées à l'initiative des ONG ou du monde associatif. En juillet 2017, plusieurs ONG ont ainsi adressé au gouvernement, dans une lettre ouverte²³, des propositions en termes de prévention et précaution autour des nanotechnologies. Dans le domaine agroalimentaire, une plainte a été déposée en janvier 2018 par des associations, après que des nanoparticules aient été identifiées dans certaines denrées commercialisées, suite à des contrôles officiels, alors qu'il n'y avait pas de signalement par étiquetage. Enfin, certains acteurs ont lancé l'idée d'un label pour les produits « nano free »²⁴.

Ces mises en garde ne sont pas propres à la France. Aux États-Unis, l'agence *Consumer product safety commission* (CPSC)²⁵ a estimé que l'usage des nanotechnologies était trop fréquent, et l'information des consommateurs insuffisante compte tenu des dangers potentiels, un membre de cette organisation ayant fait le parallèle entre nanos et amiante²⁶. Le fait que des aliments pouvant contenir des nanoparticules inorganiques soient consommés principalement par les enfants a conduit à des réactions de rejet. Ainsi, le dioxyde de titane, parfois présent en format nano dans les confiseries, les chewing-gums et certains desserts lactés, a fait l'objet d'une pétition aux États-Unis en 2014. En Allemagne, les débats semblent, à l'heure actuelle, moins marqués. Les autorités ont communiqué de façon constructive et établi un dialogue avec le

11. Radisson L., 2012, « Les nanotechnologies sont-elles maîtrisables ? », <http://www.actu-environnement.com/ae/news/nanotechnologies-recherche-projet-Era-Envhealth-conference-finale-15939.php4>.

12. OECD, 2017, Policy Environments and Governance for Innovation and Sustainable Growth Through Nanotechnology, [http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocument/?cote=DSTI/STP/NANO\(2013\)13/FINAL&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocument/?cote=DSTI/STP/NANO(2013)13/FINAL&doclanguage=en).

13. Communication de l'ANSES sur le rapport nanogenotox, <https://www.anses.fr/fr/content/nanogenotox>.

14. ANSES, 2014, Dossier Évaluation des risques liés aux nanomatériaux, enjeux et mises à jour des connaissances, <https://www.anses.fr/fr/system/files/PRES2014CPA05.pdf>.

15. Communiqué de presse relatif à l'étude TOXALIM : <http://presse.inra.fr/Communiqués-de-presse/Additif-alimentaire-E171>.

16. Site du forum nanoresp. : <http://www.nanoresp.fr/>.

17. EFSA, 2018, Consultation publique relative au document d'orientation portant sur les nanomatériaux, <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/180112>.

18. Xiaochuan J. et al., 2017, « Potential liver, brain and embryo toxicity of titanium dioxide nanoparticles on mice », <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5540742/>.

19. Axelos M., Van der Voorde M., 2017, *op. cit.*

20. Site du projet de recherche npSCOPE : <http://www.npscope.eu/>.

21. Kaiser M. et al., 2010, *Governing future technologies, nanotechnology and the rise of an assessment regime*, Springer.

22. Inra, Cirad, 2012, Avis 4 sur les nanosciences et les nanotechnologies, Comité consultatif commun d'éthique pour la recherche agronomique, http://www.cirad.fr/content/download/7460/78632/version/1/file/comit%C3%A9-ethique-avis4-nanosciences-nanotechnologies_2012.pdf.

23. <http://veillenanos.fr/wakka.php?wiki=LettreOuverteNanoAction201705>.

24. Site du forum nanoresp. <http://www.nanoresp.op.cit>.

25. Site internet de la Consumer Product Safety Commission : <https://www.cpsc.gov/>.

26. Bloomberg BNA, 2015, Support utility-projection emerging nanotechnology, http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/9244/bloomberg_bna_article.pdf.

public sur les nanotechnologies²⁷. Dans le cadre d'une étude sur leur acceptabilité dans ce pays, une sociologue²⁸ a constaté qu'une majorité de citoyens avait une opinion positive, car ils y voyaient des avantages pour eux-mêmes.

4 - La gestion publique des nanotechnologies en alimentation

Le règlement européen 907/2006 sur l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques (REACH) prévoit l'obligation de déclaration de substances à l'état nanoparticulaire. Cette mesure a été mise en application en France par le décret 2012-232, instituant le registre R-Nano, créé en 2013 par le ministère de l'Environnement et géré par l'ANSES. Ce registre repose sur les déclarations des industriels, qui ne sont tenus qu'à la déclaration des produits dont au moins 50 % des particules, dans la répartition numérique par taille, présentent une ou plusieurs dimensions externes se situant entre 1 nm et 100 nm. En avril 2018, il a été décidé que les annexes du règlement REACH seraient adaptées pour prendre en compte explicitement les nanomatériaux²⁹. Dans l'agroalimentaire, des réglementations spécifiques se superposent au cadre général : le règlement *novel food*, actualisé en 2015, et les règlements relatifs aux emballages alimentaires et à l'étiquetage. *Novel food* prévoit une évaluation ainsi qu'une autorisation de mise sur le marché pour les nouveaux aliments. Les denrées alimentaires qui comportent des nanomatériaux manufacturés (nanoaliments) entrent dans le champ de *novel food*, même si les ingrédients sont déjà connus, car ces aliments sont produits avec des technologies nouvelles.

Concernant l'étiquetage, le règlement INCO de 2011, appliqué en France en 2014 indique :

27. Site du forum nanodialog : <http://www.bmub.bund.de/themen/gesundheitschemikalien/nanotechnologie/nanodialog/>.

28. Holzhauser B., 2013, *Étude sur l'acceptabilité en Allemagne* : www.bfr.bund.de/.../nanoview-einflussfaktoren-auf-die-wahrnehmung.

29. Communiqué de presse de Nicolas Hulot, ministre de la Transition Écologique et Solidaire, 27 avril 2018 : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/nicolas-hulot-salue-ladoption-etats-membres-lunion-europeenne-dune-legislation-qui-met-fin>.

30. Bettini S. et al., 2017, « Food-grade TiO2 impairs intestinal and systemic immune homeostasis, initiates preneoplastic lesions and promotes aberrant crypt development in the rat colon », *Sci. Rep.* 7, 40373; doi: 10.1038/srep40373.

31. Anses, 2017, *Avis relatif à l'exposition alimentaire aux nanoparticules de dioxyde de titane*, <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2017SA0020.pdf>.

« Tous les ingrédients qui se présentent sous forme de nanomatériaux manufacturés sont indiqués clairement dans la liste des ingrédients. Le nom de l'ingrédient est suivi du mot 'nano' entre crochets ». Le contrôle de cet étiquetage fait partie des compétences de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF). L'étiquetage est exigible sans considération de seuil, de sorte que le registre R-Nano est potentiellement non-exhaustif au regard des ingrédients dont la caractéristique [nano] doit être portée à l'attention du consommateur sur l'étiquetage des denrées alimentaires, ce registre ne regroupant que les matériaux contenant au moins 50 % de particules en taille de l'ordre du nanomètre.

Les différents ministères concernés ont saisi l'ANSES sur la thématique « nano et alimentation » et un groupe de travail a été constitué en 2017, sur la question du renforcement des connaissances relatives aux effets potentiels sur la santé des nanomatériaux présents dans les denrées suite à des adjonctions volontaires.

S'agissant des autorisations délivrées, les autorités concernées gèrent au cas par cas selon l'actualité scientifique. Ainsi, après qu'une étude ait révélé un risque cancérigène potentiel chez le rat³⁰, en lien avec l'ingestion de dioxyde de titane, l'ANSES³¹ a été saisie quant au maintien de l'autorisation de cet additif technologique pouvant comporter des fractions nanométriques. L'agence n'a pas remis en cause l'autorisation de l'additif mais a recommandé des études complémentaires pour caractériser ce danger.

Aux États-Unis, les nanomatériaux dépendent, comme en Europe, de plusieurs réglementations. Ils sont d'abord classés comme des substances chimiques et rentrent

32. TSCA, 2018, *Chemical substance inventory*, <https://www.epa.gov/tsca-inventory>.

33. EPA, 2017, *Technical fact sheets-nanomaterials*, https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-03/documents/ffrrofactsheet_emergingcontaminant_nanomaterials_jan2014_final.pdf.

34. Drexler E., 1986, *op. cit.*

35. ANR, 2012, « Les nanotechnologies : un nouveau paradigme », *Les Cahiers de l'ANR*, n° 5, http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/user_upload/documents/2012/Cahier-ANR-5-nanotechnologies.pdf.

36. Vinck D., Hubert M., 2017, *Nanotechnologies, l'invisible révolution*, Le cavalier bleu.

37. Kaufmann A. et al., 2010, « Why Enrol Citizens in the Governance of Nanotechnology? », dans *Governing Future Technologies: Nanotechnology and the Rise of an Assessment Regime*, https://www.researchgate.net/publication/226428706_Why_Enrol_Citizens_in_the_Governance_of_Nanotechnology?ev=prf_high.

à ce titre dans le champ d'application du *Toxic Substances Control Act* (TSCA)³². Au niveau de leur exploitation, la *Food and Drug Administration* (FDA) a édité des guidelines sur la sécurité et la qualité des nanomatériaux en fonction de leurs usages. Par ailleurs, l'agence de protection environnementale (EPA, *United States Environmental Protection Agency*)³³, traite, entre autres, des méthodes de détection et caractérisation disponibles. Quant à l'USDA (ministère de l'agriculture des États-Unis), il pilote des programmes de recherche à travers des agences dédiées et des plans de contrôle.

*

Certains scientifiques ont une vision très positive des nanotechnologies, estimant qu'elles pourraient conduire à une société d'abondance³⁴. En France, les avis sur le nanomonde sont partagés, entre espoirs et circonspection. En 2012, l'ANR prévoyait à partir de 2020 une arrivée massive d'applications des nanotechnologies dans divers domaines³⁵, dont celui de l'alimentation. Pour l'instant, l'évaluation du rapport bénéfices/risques reste complexe, ce qui est susceptible de conduire des industriels à renoncer à certains additifs. Compte tenu du peu de recul dans l'usage de ces techniques, la constatation de dangers réels ne pourra se faire que dans plusieurs années, voire décennies. Cela pose la question de la hiérarchisation des usages, du prioritaire au facultatif, en tenant compte de la perception des consommateurs. Au-delà de la science et de la technologie, l'acceptation des « nanos » par les citoyens représente un défi³⁶, car elle implique la confiance envers les produits comme envers les parties prenantes.

Le facteur éthique sera primordial demain, car une technologie émergente est forcément porteuse de questionnements. Certains observateurs considèrent qu'il conviendrait d'engager un débat entre l'ensemble des acteurs concernés³⁷. Comme signalé par le comité d'éthique Inra-Cirad, il importe de contribuer à une juste perception de ces technologies par la société, entre risques, incertitudes et perspectives d'application. La mise au point de techniques de caractérisation poussées, aptes à identifier en routine la présence ou non des nanoparticules inorganiques, sera un élément déterminant.

Madeleine Lesage

Centre d'études et de prospective