

Environnement

TECHNOLOGIES VERTES: QUEL IMPACT SANITAIRE À L'HORIZON 2030?

Le développement en cours des technologies vertes pose des questions quant à leur impact sanitaire sur la population en général, et sur celle des travailleurs en particulier. Qu'en sera-t-il en 2030? Afin de décrire les éléments qui pourraient composer ce futur, un exercice de prospective réalisé par le réseau R31 a permis d'élaborer cinq scénarios jugés plausibles. Et de livrer quelques réflexions sur l'apport de la santé environnementale à la détermination des politiques de prévention des risques professionnels.

GREEN TECHNOLOGIES: WHAT WILL BE THEIR IMPACT ON HEALTH AT THE HORIZON OF 2030? - Current development of green technologies is raising questions about their impact on the health of the population in general, and on the health of workers in particular. What will the situation be in 2030? In order to establish a picture of what this future might hold, a prospective exercise conducted by the R31 network has made it possible to draw up five scenarios that are deemed to be plausible. And to give some thoughts about what environmental health can contribute to determining the policies on occupational risk prevention.

LOUIS LAURENT
Anses,
direction
Recherche et
veille

MICHEL HÉRY
INRS,
Direction
générale

FRANÇOIS DE JOUVENEL
directeur de
Futuribles

Dans le cadre d'une recherche méthodologique visant à explorer les possibilités de conjuguer veille et prospective, un groupe d'experts, issus du réseau R31¹, a réfléchi en 2013 et 2014 à l'impact sanitaire sur la population du développement de technologies vertes à l'horizon 2030.

Dans un premier temps, ce travail a pris la forme d'un exercice de prospective construit selon la méthode promue par Futuribles (et avec le concours de ce centre d'études et de réflexion): la construction de scénarios contrastés, destinés à montrer ce que pourraient être des futurs possibles. Puis, dans un second temps, cette réflexion s'est poursuivie dans une logique d'exploration des interactions entre veille et prospective.

D'un côté, les réflexions prospectives s'appuient sur la compréhension des dynamiques en cours (tendances lourdes, signaux faibles, etc.), qui se nourrit elle-même de travaux d'enquêtes, de la veille (scientifique, technologique, médiatique, sanitaire, sociétale, etc.) et des représentations mentales des experts qui y contribuent. L'expertise des signaux issus de la veille est indispensable pour la construction de scénarios prospectifs plausibles.

REMERCIEMENTS

Cet article est issu des travaux conduits par un groupe d'experts composé de: Hélène Desqueyroux (Ademe), Muriel Dunier (Inra), Daniel Eilstein (InVS), Brigitte Enriquez (Enva/Inserm), Anne-Marie Fillet (Anses), Michel Héry (INRS), Moussa Hoummady (BRGM), François de Jovenel (Futuribles), Louis Laurent (Anses), Marie-Thérèse Ménager (CEA), Jean-Nicolas Ormsby (Anses), Odette Prat (CEA), Marie-Odile Rambourg (Anses) et Cécile Wendling (Futuribles).

En contrepartie, les analyses issues des travaux de prospective, notamment les scénarios, peuvent aider à orienter des activités de veille ou à définir des « grilles de lecture » qui aident à la sélection des informations pertinentes et donnent du sens à des observations issues de la veille.

Cet article présente:

- la méthodologie utilisée;
- les scénarios auxquels l'exercice a abouti, en



© Jacques Guillet pour l'INRS

mettant un accent particulier sur les considérations relatives à la santé et à la sécurité au travail?;

- quelques commentaires sur l'apport des contributions en santé environnementale à la détermination des politiques de prévention en santé et sécurité au travail.

Il décrit également les premiers enseignements relatifs aux interactions et enrichissements entre veille et prospective (Cf. Encadré 1).

La méthodologie

Selon la méthode des scénarios développée par Futuribles, dans un premier temps, 16 variables ont été choisies pour leur capacité à exercer une influence dans le futur en matière d'impact sanitaire des technologies vertes. Elles ont été regroupées en trois composantes:

- « Exposition », comprenant six variables:
 - dispositifs de détection des expositions et des signaux;
 - exposition des populations, populations vulnérables et inégalités de santé et d'exposition;
 - surveillance médicale des travailleurs, surveillance et biométrie des expositions professionnelles;
 - eau, usages et impacts en termes de qualité et de quantité;
 - qualité de l'air (air extérieur - air intérieur et technologies vertes);
 - alimentation;
- « Produits et procédés », regroupant six variables:

- biens de consommation courante;
- pisciculture et aquaculture;
- contaminations par les substances chimiques et biologiques des matières fertilisantes d'origine résiduaire épandues sur les sols agricoles;
- des biotechnologies à la biologie de synthèse;
- nanotechnologies vertes;
- énergie et usages;
- « Contexte » avec quatre variables:
 - évolution sociopolitique vis-à-vis des technologies vertes;
 - économie des technologies vertes... Le nouveau chemin de la prospérité?
 - aspects réglementaires de la transition écologique;
 - aspects géopolitiques.

Pour chacune de ces variables, le groupe a mené une analyse des tendances récentes et a tenté d'identifier des phénomènes émergents et des ruptures possibles au cours de la période considérée dans le cadre de l'exercice. Trois à quatre hypothèses ont été formulées pour chacune des variables, en essayant de couvrir au mieux les futurs possibles. Pour chacune des trois composantes, ces hypothèses ont été combinées en quelques ensembles cohérents: des microscénarios. Dans une dernière étape, cinq scénarios ont été construits à partir de ces microscénarios. C'est donc à partir de la combinaison raisonnée d'hypothèses sur l'avenir des variables que sont construits les scénarios. Toutes les combinaisons



possibles ne sont pas exploitées (il y en a des dizaines de millions possibles): le choix se porte sur des scénarios plausibles et contrastés, dont la juxtaposition permet de décrire un éventail de possibilités pour demain. Il ne s'agit pas de prédire l'avenir, mais de décrire de façon organisée et ordonnée les éléments qui pourraient le constituer.

Les cinq scénarios

1. Priorité sans limites à la croissance

Dans un contexte de crise économique durable et de chômage de masse, les États donnent la priorité à tout ce qui est susceptible de produire de la croissance et de créer des emplois. Dans cette logique, l'expression « développement durable » signifie avant tout « durable en termes de production ». Cela encourage certaines pratiques agricoles intensives faisant fortement appel à des intrants (engrais, pesticides) et des technologies telles que la biologie de synthèse et les nanotechnologies.

Elles se développent sans contrôle. La qualité des milieux n'est pas prioritaire et les niveaux de pollution sont alarmants. Des crises environnementales surviennent, mais ne changent pas la priorité donnée à la croissance. Les technologies vertes ne font pas l'objet d'un consensus, on leur reproche soit de freiner la croissance, soit de présenter trop d'inconvénients lors de leur mise en œuvre. Trop d'abus ont miné la confiance dont elles auraient pu bénéficier.

Dans un contexte économique difficile et avec un chômage de masse, les conditions de travail et la prévention des risques professionnels ne constituent pas une priorité. Le développement technologique et, en particulier, celui des technologies vertes, ne s'est pas accompagné d'évaluations des risques à la hauteur des enjeux. En particulier, le vocable même de « technologie verte », la référence à l'emploi de produits naturels dans la biologie de synthèse font que les produits ou les

ENCADRÉ 1

INTERACTIONS ET ENRICHISSEMENTS ENTRE VEILLE ET PROSPECTIVE

L'exploration des futurs possibles, qui est au cœur des démarches de prospective, s'appuie sur le repérage et l'analyse des tendances lourdes, des grandes incertitudes et des signaux faibles. Pour nourrir ces trois approches, la veille est nécessaire.

Les démarches de prospective:

- délimitent ce qui, à un moment donné, constitue le champ des possibles, avec ses zones où les évolutions sont fortement prédictibles et ses zones de fortes incertitudes;
- donnent des indications pour la veille, en identifiant quels sont les domaines stratégiques (à fort impact) sur lesquels les incertitudes sont les plus fortes et donc la veille nécessaire;
- permettent de structurer les données disponibles pour déterminer quelles sont les tendances lourdes, les incertitudes majeures, les scénarios envisageables pour l'avenir. En effet, comment déterminer si un événement est précurseur d'une rupture majeure si on ne connaît pas la tendance? Comment anticiper les perspectives futures d'un événement sans le relier aux phénomènes avec lesquels il est susceptible d'entrer en résonance?

Différents exercices ont été réalisés par le groupe de travail, comme, par exemple, chercher à quels niveaux d'élaboration successifs de l'exercice de prospective (de la variable jusqu'au scénario) il convenait d'associer les éléments de veille. C'est le niveau intermédiaire des microscénarios qui est apparu le plus pertinent, en raison de plusieurs facteurs:

- ces microscénarios sont des visions du futur qui permettent de traiter par extrapolation des sujets pour lesquels il n'y a pas de fiche variable (par exemple, les matériaux ou les pratiques d'agriculture bio dans le cas du travail présenté ici);
- pour un suivi de la veille sur le moyen ou long terme, les microscénarios, plus stables dans le temps, permettent un meilleur suivi;
- toutefois, il se peut que plusieurs microscénarios puissent être associés à un élément de veille, par exemple si l'élément de veille est très lié à une hypothèse sur une variable utilisée dans plusieurs microscénarios.

Il a été ensuite demandé aux participants au groupe de travail de rattacher une trentaine des éléments de veille à l'un des microscénarios déterminés pour la composante

« Produits et procédés ». L'accord entre les participants a été médiocre. Trois types d'explications ont été identifiés pour expliquer ces différences d'appréciation:

- une vision non partagée des techniques et des procédés nouveaux pour lesquels aucun consensus ne s'est encore dégagé;
- des tendances différentes à extrapoler;
- une partie significative des éléments de veille consiste en des dénonciations de tendances actuelles.

En conclusion, la veille et prospective ne peut se résumer à une mécanique bien huilée permettant de classer des éléments de veille dans un cadre fourni par la prospective. C'est plutôt la diversité des interprétations et des extrapolations qui fait la plus-value d'un travail collectif de veille. La construction d'une représentation partagée des futurs possibles, ou la construction d'une culture prospective commune *via* un exercice de prospective, ne réduit peut-être pas les divergences d'interprétation des éléments de veille, mais donne les cadres qui permettent de construire une discussion collective argumentée et féconde (« *future oriented* ») sur ces ambiguïtés.

procédés mis en œuvre sont considérés *a priori* comme ne pouvant pas nuire à la santé humaine.

2. Technologies vertes et libéralisme

D'abord sous l'impulsion financière de l'État, puis grâce au relais du secteur privé qui a rapidement bénéficié d'un bon retour sur investissement, des innovations technologiques favorables à un développement durable ont vu le jour tout au long de la période considérée. Cela s'est notamment traduit par un essor de l'économie du recyclage dans laquelle le rôle principal est joué par des acteurs privés. Conscientes de la raréfaction des ressources, la France et une partie de l'Europe essaient de se poser en leaders du domaine: il s'agit d'allier une moindre empreinte écologique à une forme d'essor économique. Cependant, cette meilleure prise en compte des contraintes écologiques n'a pas suffi à enrayer le développement d'une société à deux vitesses qui consomme des produits et des services de qualités contrastées. On assiste au développement d'un secteur d'activité significatif basé sur la « débrouille » et les échanges de proximité, en dehors des circuits de l'économie classique. La réglementation qui a été mise en place pour accompagner le recours au recyclage généralisé se révèle efficace, d'autant qu'elle bénéficie du consensus d'une société qui accepte bien ces évolutions.

Le très fort développement des activités de recyclage, le développement d'un secteur de travail informel significatif ont eu pour effet d'atténuer fortement les frontières entre vie privée et vie professionnelle et il devient plus difficile d'établir une distinction entre expositions professionnelles et extra-professionnelles. Dans ce contexte, des limites d'exposition professionnelle différentes de ce qui est admis pour le reste de la population perdent de leur sens. En outre, un phénomène nouveau est apparu au cours des années 2020: l'essor de systèmes de mesures variés, permettant de rechercher diverses substances dans les produits de consommation ou dans les fluides biologiques. Cette capacité de mesurage a un fort impact sur les comportements et les habitudes de consommation de certaines personnes. Une nouvelle pratique se répand: l'usage de telles mesures dans le cadre de négociations salariales, un excès d'exposition sur son lieu de travail demandant rétribution.

3. Sobriété et faible intensité technologique

Au cours de la période, la prise de conscience de l'importance des considérations environnementales a été progressive, mais aussi sélective. Cette sélectivité a donné naissance à un monde à deux vitesses entre les États privilégiant le développement durable et d'autres recherchant

à tout prix la croissance. La France s'est rangée délibérément dans la première catégorie. Ce choix a recueilli un large assentiment de la population qui s'est convertie à la sobriété, notamment énergétique. Pour autant, une frange de la population, globalement la plus aisée, a conservé des pratiques moins économes en énergie et en matières premières. Converti *de facto* à la même sobriété, l'État français n'a plus que de faibles ressources, mais il assure ses tâches régaliennes, notamment en matière de santé publique. Le cheminement vers ces pratiques économes n'a pas été spontané, il a été généré et jalonné par une succession de crises sanitaires, sociales, morales et écologiques. Il en résulte une méfiance envers des solutions technologiques considérées comme trop élaborées et la majorité de la population s'est convertie à l'utilisation de produits « rustiques » conçus pour ne pas être coûteux en ressources.

Comme dans le scénario précédent, le très fort développement des activités de recyclage, essentielles au fonctionnement de l'économie, a eu pour effet d'atténuer fortement les frontières entre vie privée et vie professionnelle et il devient plus difficile d'établir une distinction entre expositions professionnelles et extra-professionnelles. Dans ce contexte, des limites d'exposition professionnelle différentes de ce qui est admis pour le reste de la population perdent de leur sens. Le travail étant considéré comme une valeur sociale de première importance, un fort intérêt est porté aux questions de prévention des risques professionnels, même si les techniques de prévention restent assez frustes.

4. De l'impasse technologique au morcellement social

Une aggravation de la crise économique conjuguée à une montée des préoccupations environnementales de la société (causées en particulier par l'émergence de crises sanitaires et climatiques graves) a abouti à un blocage de la société. Les rapports entre l'État, les entreprises privées et les citoyens – consommateurs se sont dégradés au point de rendre le seul dialogue difficile, tant la confiance entre partenaires s'est détériorée. L'objectif revendiqué par tous est de conjuguer croissance et développement durable, mais toute initiative en ce sens est considérée avec suspicion. Dans ce contexte de fort déficit de confiance, mais aussi de moyens de contrôle et d'évaluation, un développement insuffisamment contrôlé des technologies vertes a produit plusieurs catastrophes sanitaires et écologiques. Cet ensemble de facteurs conduit à un comportement de repli communautaire où tout ce qui vient de l'extérieur est considéré avec méfiance. Dans ce contexte, une économie parallèle de survie s'est mise en place.



Comme l'ensemble de la société, les structures de prévention des risques professionnels sont mal en point. L'inexistence du dialogue social et le manque de moyens rendent caduques toute tentative d'évaluation *a priori* des risques. La culture de prévention est mise systématiquement en doute. Dans ce domaine aussi, c'est la tendance au repliement qui domine. Seule la prévention des accidents du travail montre encore une certaine efficacité. Celle de l'exposition aux polluants de type chimique ou biologique n'est plus hiérarchisée ou, au moins, elle n'est plus entendue par les travailleurs chez qui une méfiance généralisée s'est installée. Les discours institutionnels ou ceux des entreprises privées sont systématiquement mis en doute.

5. Transition écologique orchestrée par l'État

La crise climatique et ses conséquences sur les ressources agricoles, mais aussi des crises d'approvisionnement pour d'autres matières premières ont conduit à un début de situation de pénurie. Cependant, une politique volontariste des États européens, assise sur un consensus social global, permet une transition réussie vers une économie moins gourmande en ressources. Cette situation contraste avec celle de certaines autres parties du monde et concourt à renforcer d'autant ce consensus. Confronté à de fortes pressions, l'État ne se contente pas d'assumer ses tâches régaliennes, mais joue un rôle important dans tous les secteurs d'activité: la transition écologique figure parmi ses priorités. Il met notamment en œuvre des mesures favorisant la redistribution des richesses. La mobilisation de tous les acteurs et un débat public approfondi permettent d'aboutir à des compromis bénéfiques - risques assumés et à des réglementations adaptées. Il ne s'agit pas pour autant d'une étatisation de l'économie puisque le secteur privé réussit à tirer son épingle du jeu et est à l'initiative de propositions. La transition écologique à laquelle on assiste au cours de la période est bâtie sur de fortes avancées technologiques.

La société accorde une grande importance à la valeur « travail ». Il a en effet fallu mobiliser toutes les énergies pour faire face à une situation politique et économique difficile et pour repenser presque complètement l'organisation d'une production devenue circulaire. La prévention des risques professionnels est donc devenue, au même titre que toutes les actions visant à produire mieux et de façon plus rationnelle, une priorité. L'évaluation *a priori* des risques, dans les domaines industriels, environnementaux ou dans celui de la santé au travail, s'est vue dotée de moyens très importants, aboutissant à une meilleure maîtrise de tous les procédés et de toutes

les méthodes de travail et à une forte diminution de la sinistralité.

Quelques commentaires sur l'apport des contributions en santé environnementale à la détermination des politiques de prévention en santé et sécurité au travail

On le constate régulièrement: les frontières entre vie privée et vie professionnelle (au moins pour certaines catégories de travailleurs) sont de plus en plus poreuses et, dans un contexte où les attentes de la société en matière de santé sont de plus en plus fortes, les distinctions entre santé environnementale et santé au travail paraissent de plus en plus artificielles. L'amiante en constitue un excellent exemple: au fil des années, les valeurs limites d'exposition professionnelle se rapprochent de plus en plus des valeurs établies pour la population générale. Dans ce contexte, la capacité, offerte par la réalisation de tels exercices, de comparer non seulement les approches adoptées par les différents acteurs de la santé publique, mais aussi de façon plus large celles d'experts intervenant dans des domaines comme la pollution atmosphérique, la gestion des déchets, le traitement des sols pollués, etc. permet de « recontextualiser » l'approche en prévention des risques professionnels dans un ensemble plus large dont beaucoup d'éléments ont une influence directe ou indirecte en santé et sécurité au travail.

Enfin, la réalisation par l'INRS (en partenariat avec d'autres organismes dont certains membres du R31) de plusieurs exercices de prospective ces dernières années montre bien à quel point la réflexion sur les risques professionnels et leur prévention est fortement influencée par l'évolution des variables de contexte, qu'elles soient politiques, économiques, sociologiques, sanitaires, etc. Une revendication de longue date des spécialistes de la santé et de la sécurité au travail est que cette évaluation des risques et la mise en place des mesures de prévention soient considérées comme des éléments à part entière de toute action de production. Il est donc logique que la prospective qui les prend comme objets se place dans le même contexte global. ●

1. *Le réseau R31, piloté par l'Anses, fédère 31 établissements dont l'activité s'exerce au moins partiellement dans le domaine de la santé publique. Les objectifs de travail de ce réseau sont l'évaluation des risques sanitaires dans le domaine de l'alimentation, de l'environnement, du travail et de la santé animale et végétale; la veille et l'alerte des pouvoirs publics en cas de risques pour la santé publique; l'amélioration de la connaissance des risques sanitaires.*

2. *Compte tenu de la longueur limitée de cet article, cet accent sera relatif. Les éléments relatifs aux questions de santé et de sécurité qui ont été intégrées à la réflexion collective dans le cadre de cet exercice réunissant différents acteurs de la santé publique ont été développés dans M. Héry, L. Laurent, J.N. Orsmy, C. Wendling, D. Eilstein. Comment anticiper l'impact sanitaire des technologies vertes à l'horizon 2030? INRS, Hygiène et sécurité du travail, 236, 2014, pp. 90-95, téléchargeable sur www.hst.fr*