



COMPAGNIE
NATIONALE
DES EXPERTS
JUDICIAIRES
DE LA CHIMIE

CHIMIE & COMPAGNIES

N°13
JUN 2022

Recueil technico-juridique des experts chimistes au service des analyses expertales multisectorielles

ÉDITO

Parlons un peu de nous, Experts de Justice près les cours d'Appels nationales ; nous sommes ceux qui savent, dans l'incertitude.

Avant tout, l'Expert est un être humain, femme ou homme, à qui est confié une mission s'inscrivant dans un procès judiciaire pour laquelle il a prêté serment. Il se sent souvent seul face aux parties qui peuvent être nombreuses et surtout bien assistées par des avocats et des experts de parties. Ainsi notre Compagnie (CNEJC) est là pour les soutenir.

Le dynamisme de notre Compagnie s'exprime également dans les services qu'elle rend à ses membres : de l'entraide au tutorat en passant par l'annuaire, le site internet, la revue fort prisée de « Chimie et Compagnies », les contrats d'assurances, les Matinales technico-juridiques qui permettent de délivrer des attestations de formation et enfin, une Assemblée Générale annuelle comportant des conférences de qualités suivies d'un dîner convivial avec magistrats, avocats et experts.

L'Expert doit mener ses opérations avec la rigueur d'une méthodologie expertale particulièrement technique, tout en considérant bien que les parties sont souvent profanes.

Il doit donc user de tact, de finesse, de pédagogie en ayant une grande rigueur scientifique, avec un soucis constant des relations humaines. L'indépendance et l'impartialité de l'Expert s'évaluent lors des opérations d'expertises mais aussi en dehors. Cette solitude de l'Expert se manifeste également dans une certaine insécurité, principalement par les pressions et intimidations dans le but de le déstabiliser et de le pousser à la faute. Cette insécurité se retrouve également dans la contestation des provisions complémentaires et des honoraires, les demandes réitérées de communications de pièce et le respect constant du contradictoire.

En outre, le nombre d'expertises judiciaires diminue d'année en année ce qui ajoute encore à leur insécurité. Ne jamais perdre de vue que l'Expert est le conseiller technique du juge et il est là pour éclairer la justice. Cette justice est chargée de promouvoir ce que l'on appelle une « vérité judiciaire » qui est une sorte d'arrangement autour duquel tout le monde s'accorde parce qu'il faut bien une réponse aux questions qui se posent.

Alors, courage mes confrères car nous faisons un travail formidable, passionnant et utile !

Simon CHOUMER , VP, Expert en Génie Chimique

SOMMAIRE

LES NEWS

- P3.** Paroles de présidente - Lizete Rihan Cypel
- P4.** L'actualité de la compagnie
- P5.** 2 Membres du CNEJC - Sylvie Gal-lage-Alwis et Denys Duprey

JUSTICE & ORGANISATION

- P7.** Principe de précaution et risques de de développement

SCIENCES & TECHNIQUES

- P10.** Fiche technique d'analyse
- P11.** Le béton armé
- P16.** Les pailles éco-friendly

COMITÉ DE RÉDACTION

Alexandre Fleurentin, alexandre.fleurentin@metallocorner.fr - Stéphane Pirnay, expertoxca@gmail.com - Jean Pédelaborde, jean.pedelaborde@gmail.com - Simon Choumer, schoumer@9online.fr

Toutes les informations compilées dans ce recueil sont fournies à titre informatif et n'engagent en aucun cas pénalement et civilement la Compagnie Nationale des Experts Judiciaire de la Chimie ainsi que les membres du comité de rédaction.

RETOUR SUR CHIMIE ET... Notre-Dame de Paris

Le 9 février 2022, à la Maison de la Chimie, s'est tenu le colloque sur la chimie utilisée dans la restauration de la cathédrale Notre-Dame de Paris.

Comme l'a très bien dit le général Georgelin, chargé de la restauration de ce lieu culte "la science au service d'une résurrection".

En effet, le 15 avril 2019, un incendie ravageait Notre-Dame. Avec 865 millions d'euros de dons et la mobilisation de 50 laboratoires, la mission est de tout restaurer à l'identique, à l'horizon 2024.

Le plomb des toitures a été le plus gros problème car les 250 tonnes de plomb de la couverture ont créé d'importants dégâts :

- Microbilles d'oxydes de plomb
- Poussières recouvrant les peintures murales et les vitraux
- Lixiviation par ruissellement des eaux de pluie
- etc...

La chimie des matériaux a permis de restaurer les vitraux, les pierres, le bois, les métaux et le verre. En particulier, il a fallu restaurer les statuts de cuivre

dont la structure métallique interne a été corrodée par la corrosion galvanique. Après la restauration, il a donc fallu isoler le couple fer/cuivre par de la résine époxy et des bandes de téflon.

Par ailleurs, les peintures murales ont dû être nettoyées des microparticules de plomb provoquées par l'incendie. Après dépoussiérage des murs, un gel aqueux à base de polymères et de 2% de citrate d'ammonium a été appliqué avec succès.

La destruction de la charpente en chêne (construite entre le 11^{ème} et 13^{ème} siècle) a nécessité son remplacement à l'identique avec l'aide de 800 à 1000 chênes. En ce qui concerne les pierres de l'édifice, les sels sont principalement responsables de leur dégradation (sulfate de calcium hydraté et sulfates de sodium).

La chimie est présente, aussi bien dans le chantier de restauration que dans le programme de recherche avec les archéologues, les historiens de l'art, les chimistes, les physiciens et les architectes.

Simon CHOUMER, VP, Expert en Génie Chimique

PAROLES DE PRÉSIDENTE

Madame Lizete RIHAN CYPEL, traductrice et interprète de conférence - Experte près la cour d'appel de Paris Agréée par la Cour de cassation et enseignante en master à l'Université Sorbonne-Nouvelle.



L'interprète, experte Justice

L'interprète est l'un des collaborateurs incontournables de la Justice, lorsqu'une des parties ne s'exprime pas et ou ne comprend pas la langue française, la présence de l'interprète s'impose et constitue un droit fondamental.

L'interprète intervient dès la garde à vue, au cours de l'instruction, aux audiences correctionnelles voire aux assises pour y assister les individus ne maîtrisant pas le français, soient-ils des mis-en-examen, des accusés ou des victimes. La théorie interprétative, ou théorie du sens repose sur un principe essentiel : la traduction n'est pas un travail sur la langue, sur les mots, c'est un travail sur le message, sur le sens. Cela constitue une base fondamentale pour une bonne méthode de traduction, applicable à toutes les facettes de la traduction professionnelle, technique, juridique ou scientifique et bien sûr à la traduction et à l'interprétation auprès des juridictions. L'opération traduisante comporte toujours deux volets : COMPRENDRE et DIRE.

Ces deux phases nécessitent pour le traducteur et l'inter-

prète la possession d'un certain savoir : la parfaite connaissance de la langue de départ, la compréhension du sujet, la maîtrise de la langue d'arrivée, mais aussi une méthode, des réflexes bien éduqués, qui vont lui permettre d'adopter l'attitude qui aboutira au meilleur résultat par la recherche d'équivalences, sans se laisser enfermer dans les simples correspondances.

Traduire est une opération cognitive et non pas linguistique, elle n'a pas pour objet les langues, mais le sens appréhendé dans une situation de communication.

L'interprétation est un acte de communication qui permet le dialogue entre les parties. La tâche de l'interprète est de faire passer le message et de veiller à ce que le contenu soit compris.

L'interprète doit assurer efficacement le passage complet du message étant impartial, indépendant, neutre, courageux intellectuelle et moralement, compétent, vrai, exemplaire. Il appréhende le sens sans pour autant l'interpréter. Il se doit et se limite à retranscrire l'expression du sujet. Cette opération conduit l'interprète à vivre le sens et à le reformuler.

Visant un travail de qualité l'expert interprète doit remplir sa mission avec rigueur et compétence. Il doit maîtriser les différentes facettes du métier qu'il exerce, faire preuve d'exemplarité et de courage intellectuel et moral.

Lizete RIHAN CYPEL

L'ACTUALITÉ DE NOTRE COMPAGNIE

Cette première partie de l'année et une crise sanitaire qui, nous l'espérons, va continuer à s'éloigner, nous ont permis de reprendre l'ensemble de nos activités en présentiel.

C'est tout d'abord le 14 mars que s'est tenue la première matinale de l'année. Nous avons innové sur deux points. Tout d'abord le lieu. Grâce à l'intermédiaire de Mongi Sakly, un des membres du CA, nous avons pu réserver une salle dans les locaux de la Société Chimique de France. Les participants ont eu la possibilité d'assister à deux présentations de très haut niveau : « L'IRCGN : le centre national de sciences forensiques de la gendarmerie et normalisation et préconisations en criminalistique – rétrospective et travaux en cours » par le Lieutenant-Colonel Frédéric Brard et « L'expertise judiciaire abordée par un avocat, quid ? » par Maître Sylvie Gallage-Alwis du Cabinet Signature.

Nous avons profité de cette matinale pour organiser à l'issue de celle-ci notre deuxième CA de l'année. Deux autres Conseils d'Administration se sont tenus les 10 janvier et 18 mai (tous les deux en visio pour des raisons d'organisation).

Principal événement de notre compagnie, l'Assemblée Générale s'est tenue le lundi 30 mai, à la Maison des Polytechniciens. C'est un moment de convivialité toujours apprécié par les participants tout en proposant des échanges fructueux et constructifs pour le devenir de la CNEJC et de ses membres. A l'issue de l'AG, les membres, magistrats et avocats présents ont pu assister à trois présentations de

qualité. La première thématique a été traitée de manière exhaustive et précise par Monsieur Laurent Caniard, Président du Tribunal de Commerce de Paris : L'évolution des expertises au sein du TC de Paris et le recours aux experts techniciens pour les procédures de conciliation, médiation et arbitrage, vaste sujet qui a suscité de nombreux échanges. Deux présentations techniques proposées par deux membres de la compagnie ont permis à l'assistance de mieux connaître et d'actualiser leurs connaissances sur Le Génie chimique par Monsieur Mongi Sakly et La Chimie du renouvelable par Monsieur Patrice Sainthérant. L'AG ne serait plus l'AG sans le cocktail et le dîner partagés en fin d'après-midi.

Le nouvel annuaire de la Compagnie a été finalisé, imprimé et la distribution a débuté auprès des membres de la Compagnie, des magistrats et des cabinets d'avocats. Ce document leur facilitera la tâche dans le choix des experts en fonction des problématiques qui leur sont posées.

En ce qui concerne les prochains événements, la prochaine matinale aura lieu le lundi 19 septembre. La médiation par Maître Laurence Azoux-Bacrie et un Retour d'expérience par Monsieur Paolo Bruno constitueront les deux sujets traités. La matinale sera suivie d'un Conseil d'administration.

Lionel BRUNET, Expert judiciaire et secrétaire de la
Compagnie

2 MEMBRES DU CNEJC

SYLVIE GALLAGE-ALWIS



La vocation d'avocat est venue de mon père, non pas qu'il était avocat mais parce que passionné de politique, il a observé qu'en France nos

politiciens ont souvent fait des études de droit et ont été ou se sont reconvertis en avocats si bien que pour lui, ce métier était représentatif de succès. Cette influence, dès très jeune, et sans m'en rendre compte, a fait que depuis petite, j'ai toujours répondu à la fameuse question « que veux-tu faire quand tu seras grande ? » : avocat.

Une fois entrée à l'Université Panthéon-Assas en première année de droit, mon parcours a été très influencé par la volonté de l'internationaliser, à l'image de mon éducation par une mère roumaine et un père sri-lankais en France. J'ai donc effectué mon année de licence à Trinity College Dublin en Irlande pour revenir ensuite faire une maîtrise en droit européen et un DEA en droit international privé à l'Université Panthéon-Assas. J'ai ensuite effectué un Master en droit des affaires à la London School of Economics & Political Science (LSE) en Angleterre ainsi qu'un Master en management à l'ESSEC. Pendant ces années, j'ai participé à un concours de plaidoiries de renom qui a été une révélation en termes de choix de spécialité, à savoir la résolution des litiges.

C'est donc naturellement que je me suis tournée vers la pratique du contentieux, dans un cadre international et pour les entreprises. J'ai ainsi rejoint le cabinet Lovells, devenu Hogan Lovells. C'est un cabinet international (avec plus de 40 bureaux dans le monde) et de multiples spécialités, dont le contentieux. La particularité de l'équipe en contentieux de l'époque était que beaucoup de dossiers portaient sur la responsabilité du fait des produits pour des fabricants variés avec une forte réputation en matière d'aviation, l'équipe représentant par exemple Boeing dans les dossiers de crash aériens. Par hasard, j'ai été instruite sur un dossier de responsabilité du fait de l'utilisation d'amiante. Ce dossier s'est avéré donner naissance à une pratique qui dure depuis près de 15 ans, couvrant les contentieux de salariés ayant développé une maladie, le préjudice d'anxiété des personnes qui craignent de développer une maladie

dans le futur, la gestion des pollutions et aspects environnementaux, les contentieux de tiers/consommateurs en contact avec des produits contenant de l'amiante, les contentieux fournisseurs et cessionnaires/cédants. Cette pratique a permis de développer une expertise plus générale liée à l'utilisation de substances prétendument dangereuses dans la fabrication de produits et les contentieux afférents (produits phytosanitaires, cosmétiques, métaux, produits contenant des batteries, plastique, etc.).

En janvier 2019, je décide de quitter le cabinet Hogan Lovells avec mon associé et plus de 10 membres de notre équipe afin d'ouvrir le bureau parisien d'un cabinet anglais spécialisé en contentieux et arbitrage uniquement : le cabinet Signature Litigation. A Paris, nous sommes actuellement 4 associés et 30 membres. J'y dirige depuis 3 ans le département « responsabilité du fait des produits / risques industriels » au sein d'une équipe actuelle de 10 personnes avec des collaborateurs également situés dans nos bureaux de Londres et Gibraltar.

Nous représentons des fabricants de tous types de produits et d'industries : téléphones portables / produits électroniques, robots ménagers, acier/titane/autres métaux, médicaments/vaccins, cosmétiques, produits alimentaires, produits de consommations (ex : jouets), équipements électriques, automobile, moteurs et pièces détachées, etc. Les problématiques juridiques sont également très variées, tels le dieselgate, l'obsolescence programmée, la responsabilité des plateformes de e-commerce, les actions de groupe de consommateurs. Dans tous ces dossiers, l'expertise judiciaire joue un rôle clé et la coopération avec les experts de tous domaines est essentielle car ce type de dossier se gagne généralement sur les faits.

Cette spécialisation qui, au départ, est le fruit du hasard est devenue une véritable passion avec un volet d'activité qui me tient particulièrement à cœur, à savoir l'aide au lancement de nouveaux produits ou produits innovants pour lesquels la réglementation existante n'est pas forcément adaptée et la participation aux consultations relatives à la mise à jour de réglementations, dont actuellement la future réglementation européenne relative à la responsabilité du fait des produits. Beaucoup de travail à venir, en particulier dans un contexte où les produits deviennent la cible de réglementations et recours destinés à déterminer leur impact sur l'environnement et les changements climatiques !

2 MEMBRES DU CNEJC

HOMMAGE À MAÎTRE DENYS DUPREY



Conseiller juridique de notre compagnie d'Experts depuis plus de 40 ans, Maître Denys DUPREY a décidé de prendre sa retraite à 85 ans !

Vous trouverez ci-dessous son brillant parcours. Nous le remercions vivement pour nous avoir toujours conseillé avec sagesse et compétence tout en nous faisant

bénéficier de ses conférences toujours bien documentées. Ces conférences sont d'ailleurs reprises avec succès dans les colonnes de notre revue « Chimie et Compagnies ».

Denys, sois ici remercié par l'ensemble de notre compagnie et plus particulièrement par moi, ton ami de 60 années !

Ce dernier sera remplacé par Sylvie GALLAGE qui a accepté de grand cœur de prendre ce difficile relais.

Simon CHOUMER V.P.

Né parisien en 1936 dans le cocon du 6^{ème} arrondissement et du jardin du Luxembourg je poursuis un cursus scolaire à Bossuet puis au lycée Montaigne et à Louis le Grand avant la faculté de droit de la rue Saint Jacques et mon inscription au Barreau de Paris, fin 1957, à 21 ans ; Sursitaire, je résilie mon sursis fin 1958 et pars faire mes classes à Montluçon, puis j'intègre à Fontainebleau, L'école des EOR (ou je rencontre mon ami Simon CHOUMER) avant de rejoindre comme sous-lieutenant mon affectation en Algérie et plus précisément au Sahara à Colomb Béchar. Rappelé comme officier instructeur à l'école des EOR à Fontainebleau, j'y achève, en mars 1961, un long service militaire en compagnie de Sabine que je peux enfin, épouser en juillet 1960 ; De retour à Paris j'entame le long parcours ou plutôt la formation professionnelle de base du jeune avocat débutant, d'abord collaborateur chez un patron, puis en créant ma propre structure qui grossira petit à petit en y intégrant des collaborateurs qui deviendront ensuite des associés ; Au sein du Barreau de Paris je gravis petit à petit les échelons en réussissant le concours de la conférence, devenant ainsi secrétaire de la conférence avant d'être élu pour trois ans au conseil de l'Ordre pour y diriger la commission de

déontologie. Au fil des ans et d'une intense activité, outre une huitaine de déménagements, j'intègre une structure internationale (CLYDE AND CO) et développe, après une longue pratique du droit des assurances et de la construction, mon véritable souhait à savoir Risque industriel.

Ce passionnant domaine m'amène, presque plus comme un ingénieur que comme un avocat, à apporter mon concours aux plus grandes sociétés industrielles de la place dont je dois connaître à fond les procédés pour les épauler dans leurs contentieux judiciaires ou arbitraux.

Avec le concours de leurs assureurs j'interviens ainsi comme conseil de Suez, d'Usinor, de Total, de Vallourec, de Dietrich, Solvay, ABB, Creusot Loire, du Cetim, de la SNPE et de bien d'autres encore. Cela me vaut de voyager de plus en plus souvent en Afrique ou dans les Caraïbes puis aux USA ou au Canada et finalement au Moyen-Orient, en Australie, en Malaisie, aux Philippines, voire même en Chine, à Taiwan et au Japon.

Vie trépidante mais vie incroyablement excitante que les rencontres et les multiples contacts avec les ingénieurs et Risk managers des sociétés clientes comme aussi avec les experts judiciaires désignés dans ces contentieux, transformant en expériences irremplaçables.

Parallèlement à ces activités purement professionnelles, outre ma participation à des séminaires de formation, je suis sollicité par L'Union Européenne pour participer à des conférences internationales avec les anciennes républiques de l'URSS, ce qui me conduira au Kazakhstan et au Tadjikistan, tout en devenant, par ailleurs, conseil des experts judiciaires (la première étant la compagnie des chimistes) et de la compagnie Nationale des experts agréés par la cour de Cassation, avant d'assurer, à la demande de la Compagnie Nationale des Ingénieurs Experts, la formation des nouveaux experts récemment inscrits et de les initier à la pratique de l'expertise judiciaire et de la procédure expertale. Après ma démission du barreau de Paris en fin 2015, je poursuis mes activités comme consultant au sein du cabinet créé par Gérard HONIG qui m'offre de lui apporter mon concours pendant quelques années encore. Ce n'est finalement qu'à l'âge de 79 ans que je tire définitivement ma révérence, montrant par-là que les professionnels libéraux ne sont jamais totalement murs pour prendre leur retraite.

PRINCIPE DE PRÉCAUTION ET RISQUES DE DÉVELOPPEMENT : VERS UN BLO-CAGE DE L'INNOVATION ?

Denys DUPREY - Avocat honoraire

LE PRINCIPE DE PRÉCAUTION

S'il est certain que les risques avérés, connus et prévisibles peuvent être combattus par le respect et l'application de règles d'abord élémentaires de prudence puis par l'adoption de mesures de prévention, que décider lorsque les progrès scientifiques n'ont pas encore permis de transformer un risque potentiel en un risque avéré ?

Il est alors prescrit et recommandé d'agir sans attendre en invoquant le « Principe de Précaution »

De quoi s'agit-il ?

Si la prévention a pour but d'éviter ou de minimiser les risques avérés, la précaution tend à ne pas créer de risques potentiels et, en ce sens, la précaution est un prolongement de la prévention appliquée aux risques incertains. Le principe posé est que, dès qu'il y a incertitude ou doute, c'est-à-dire, avant même que l'existence d'un risque ne soit effectivement établie avec certitude, le devoir de précaution doit s'appliquer.

Les exemples les plus actuels nous sont donnés par les problèmes des OGM, ou par celui des antennes relais et des téléphones portables et tout récemment (le 3/05/2011) par l'opposition formelle manifestée par notre Président à l'exploitation du gaz de schiste et sa décision d'abroger tous les permis de recherche accordés, en faisant « prévaloir » le principe de précaution.

On peut aussi rappeler l'extraordinaire histoire de la « vache folle » ou le principe de précaution fut invoqué par la CJCE pour refuser la levée de l'embargo, sollicitée par la Grande-Bretagne.

On comprend que le risque de développement précédemment évoqué ne se situe pas dans ce contexte puisque, par sa nature même, il ne se trouve pas dans le domaine de l'incertitude mais dans le domaine de l'inconnaissable c'est-à-dire de l'ignorance absolue.

Si l'on est dans l'incertitude c'est le principe de précaution qui s'impose alors que si l'on est dans l'ignorance absolue

du risque à craindre et à éviter, aucune action n'est possible.

Cette culture de la précaution s'est développée en France, après la reconnaissance officielle du principe lors de la convention de Rio du 13 juin 1992 relative au droit de l'environnement et plus particulièrement à la protection de la couche d'ozone (conduisant à l'époque à l'interdiction des halons et des CFC).

Inscrit désormais dans la gouvernance mondiale, ce principe, introduit en 1992 dans le traité de Maastricht puis dans la législation française par la loi BARNIER du 2 février 1995, avant d'être consacré par la commission Européenne le 2 février 2000 et d'être gravé dans notre constitution en février 2005, s'énonce en ces termes :

« Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veilleront, par application du principe de précaution, et dans leurs domaines d'attribution, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parler de la réalisation du dommage »

Il s'agit donc, au départ, d'un concept philosophique développé en Allemagne dans les années 1979/1980 par le philosophe Han Jonas qui considérait, comme l'écrit Michel Onfray « qu'on convertit mieux en agitant des épouvantails qu'en éduquant » et professait que « les hommes doivent se faire le gardien de l'humanité et doivent exiger le risque zéro de conduire à l'apocalypse »

Devenu ensuite une norme juridique, ce principe appliqué en conformité avec le concept de développement durable, a été étendu du domaine de l'environnement à celui de la santé publique et de l'alimentation puis, au domaine du risque économique (traité de Marrakech de 1994 créant l'OMC), avec l'exigence d'un principe de précaution dans la gouvernance de l'économie, des bourses et des banques. La généralisation du principe de précaution et la mondialisation des risques environnementaux ont suscité de nom-

JUSTICE&ORGANISATION

breux et importants débats sur le point de savoir s'il fallait admettre ou limiter le principe lui-même et si son extension ne conduisait pas à freiner voire à empêcher toute évolution.

Pour ses défenseurs, il s'agissait au départ, face à la multiplication des catastrophes écologiques, de permettre aux autorités publiques de prendre les mesures adéquates pour éviter un dommage irréversible pour l'environnement, même incertain en l'état des connaissances scientifiques.

Pour ses adversaires, la constitutionnalisation du principe de précaution risquait de faire obstacle à la recherche scientifique, d'étendre la judiciarisation de la société et de bloquer l'initiative économique et l'innovation technologique. Différents clans se sont donc opposés et s'opposent encore sur cette question (et, bien qu'on le devine, il sera fort intéressant de connaître à cet égard le point de vue de Claude Allègre).

Les tenants d'une approche « catastrophique » considérant « qu'au voisinage de l'ignorance tout serait possible dont les pires catastrophes » en sorte « qu'il faudrait donc s'abstenir de tout faire et qu'à l'extrême, toute innovation considérée de façon précocité, devrait être écartée »

Pour ceux-là, « un décideur ne se lance dans une action que s'il est certain que s'il est certain qu'elle ne comporte aucun risque environnemental ou sanitaire »

Cette attitude conservatrice tend à ne rien changer, à maintenir le statu quo et à prôner une aversion totale à l'incertitude.

A l'opposé, les détracteurs du principe de précaution voient dans cette attitude caricaturale une règle d'abstention qui, mal utilisée, peut conduire à des blocages inutiles et à régression dans la voie du progrès technique.

Claude Allègre et Michel Onfray ont disserté tout comme Chantal Delsol sur les notions de « CATASTROPHES ET CATASTROPHISMES, » tandis que Jean de Kervasdoué, soucieux d'en finir justement avec le principe de précaution, s'est interrogé sur le point de savoir si « la peur est au-dessus de nos moyens »

Dans son précédent ouvrage intitulé « les prêcheurs de l'apocalypse » ce dernier résumait bien le problème en disant : « Être prudent, analyser les risques pour tenter de les éviter, constituent de sages conseils, mais d'avoir fait de la précaution un principe est un drame ! »

Dans son nouvel ouvrage il s'attaque aux peurs véhiculées

en France dans le cadre d'un déclinisme généralisé en faisant observer qu'alors que l'espérance de vie n'a jamais été aussi longue, la crainte des cancers, des pesticides, des antennes-relais, des OGM et des nanotechnologies n'a jamais atteint de telles proportions.

Analysant le problème des OGM, il dit ceci : « ces trois lettres évoquent, plus que toutes autres en France, le mythe de Frankenstein, le mal absolu, le danger suprême. Jamais l'obscurantisme n'aura été si coûteux pour la France ; Elle aura ici tout perdu : Une recherche de qualité, une industrie de pointe, et un atout pour l'agriculture. »

Ainsi, faut-il rappeler que faisant référence à ce principe qu'elle interprète et auquel elle donne des effets juridiques directs, la jurisprudence a suspendu une autorisation de mise en culture des OGM et a, par ailleurs, demandé au Ministre de l'agriculture de réexaminer son refus de retirer du marché l'insecticide « gaucho » pour avoir insuffisamment analysé les risques qu'il présentait pour les abeilles.

Rappelons aussi qu'en 2005, le tribunal d'Orléans a relaxé 49 faucheurs volontaires de maïs transgéniques au motif que « cette dégradation volontaire répondait à l'état d'une nécessité résultant d'une situation de danger » alors qu'aucun rapport scientifique ne mettait en évidence un risque sanitaire.

Indiquons encore pour illustrer l'ambiguïté du problème et les excès résultant de manifestations d'hypersensibilité, voire d'angoisse, qu'il existe en ce domaine un phénomène « nocebo » bien connu en médecine (l'inverse du placebo). Il consiste à ressentir un effet nocif parce que l'on croit être exposé à une substance dangereuse.

Ainsi des antennes non branchées ont-elles provoqué des inquiétudes équivalentes à celles d'antennes branchées.

Que faut-il dès lors retenir de ce débat ?

D'abord que le choix ne se résume pas entre l'action risquée ou l'inaction précautionneuse mais entre deux risques, celui lié à l'action mais aussi celui lié à l'inaction.

Pour certains, tel Mathieu Laine, il y a un risque à voir le principe de précaution décourager le progrès scientifique et donc priver la société de ses bienfaits futurs. Il professe que « l'histoire de l'humanité a, depuis toujours, été guidée par cette logique de l'essai, de la tentative et de l'erreur sans corrigée pour parvenir à la vérité ; » et que « le principe de précaution annihile cette dynamique et paralyse le

JUSTICE&ORGANISATION

progrès.»

D'autres regrettent qu'avec le principe de précaution on ne considère que les risques, en cas d'application du progrès, tout en ignorant les coûts à ne pas appliquer le progrès.

L'appliquer consiste alors à adopter une démarche scientifique et en particulier, à évaluer le risque redouté qui ne doit pas être un simple fantasme mais doit être, à tout le moins, plausible.

Le principe de précaution, conçu désormais comme un principe d'action, ne conduirait plus nécessairement à s'abstenir du moindre risque et à rechercher systématiquement le risque zéro. Il pourrait et devrait même, selon certains, conduire à une attitude dynamique et non paralysante.

Il pourrait être appliqué en conformité avec le concept de développement durable dans des situations où la science et la technologie ne peuvent apporter de réponse complète à des problèmes spécifiques.

Comme on le voit le débat sur le principe de précaution est donc ouvert et bien malin celui qui pourrait aujourd'hui le trancher.

Faut-il permettre aux autorités publiques confrontées à des menaces dommage irréversible, même incertain en l'état des connaissances scientifiques du moment, de prendre les mesures adéquates pour l'éviter ?

Faut-il au contraire freiner cette tendance qui ferait obstacle à la recherche scientifique et bloquerait toute innovation technologique en rappelant que ce principe est normalement « limité à l'environnement » alors qu'on l'invoque dans les domaines les plus divers (ainsi l'utilisation des pistolets TASER à impulsion électrique relevait-elle de ce principe ? le conseil d'état a répondu par la négative en considérant que le principe de précaution n'était pas fait

pour garantir les libertés publiques. Les antennes de téléphonie mobile causent-elles des dommages irréversibles à l'environnement ? Non, car une antenne est toujours démontable.)

Existe-t-il une position médiane entre ces deux positions extrêmes ? Faut-il s'inquiéter d'une certaine tendance des magistrats à s'emparer trop facilement du principe de précaution pour l'appliquer à des risques avérés qui relèvent en réalité du domaine de la prévention ?

Nul doute qu'à l'heure actuelle l'opinion se caractérise par un pessimisme et par la peur du futur et de la science. Or lorsqu'on est pessimiste et que l'on craint le futur, cette peur se cristallise sur la science et les technologies, ce qui induit leur rejet.

On peut, dès lors, se demander (comme l'écrivait le professeur TUBIANA, membre de l'Académie de médecine) si, au lieu de rassurer, le principe de précaution n'a pas privilégié l'émotion sur la rationalité et si la peur des risques hypothétiques n'a pas éclipsé celle des risques réels.

Souvenons-nous qu'au Moyen Age, on brûlait les sorcières avec un principe de ce genre sur le fondement de rumeurs et de terreurs collectives !

Alors, à la place, très modeste, qui est la mienne, je pourrai me garder de répondre, et renouer avec la prudence antique, dont Aristote disait qu'elle fait de celui qui la pratique, non un peureux mais un « valeureux » !

Mais, préférant finalement abandonner le titre de « valeureux » j'ose terminer mon propos en indiquant qu'à mon avis, la prise de risque doit l'emporter sur la prudence.

Denys DUPREY - Avocat honoraire

FICHE TECHNIQUES D'ANALYSE

MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE

Alexandre FLEURENTIN (Métallo Corner Conseils), Expert judiciaire en Métallurgie

Équipement	Français : MEB (Microscope Électronique à Balayage) Anglais : SEM (Scanning Electron Microscopy)
Principe	<p>Utilisation d'un canon à électrons (de type à émission thermoélectronique et/ou émission de champ) dont le faisceau de quelques micromètres est focalisé par des lentilles électromagnétiques. L'image est obtenue par le balayage de la surface de l'échantillon obtenu par deux couples de bobines qui dévient en x et en y le faisceau. L'angle de déflexion détermine la taille de la surface balayée donc le grandissement. Les détecteurs qui vont conduire à la formation de l'image sont des détecteurs d'électrons secondaires, d'électrons rétrodiffusés et de rayons X. L'ensemble des mécanismes et échantillon sont placés sous vide (10^{-3} à 10^{-4} Pa). La formation de l'image est obtenue par la variation du signal vidéo entre deux points, appelée contraste (contraste d'émission électronique, contraste topographique, contraste de phase ou de N° atomique).</p> <p>Les avantages de la microscopie à balayage sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la profondeur de champ (cent fois celle de la microscopie optique au même grandissement), • la résolution (3 à 50 nm selon le type de faisceau), • le grandissement (10 à 100 000), la préparation simple des échantillons permettant une observation directe des surfaces. <p>Le MEB est souvent associé à d'autres moyens d'analyse et dosage (Cf. rubriques concernées)</p>
Objet(s) de l'identification	Structure, topographie.
Exemple d'application	Métallographie structurale (identification de phases non résolubles en métallographie optique), expertises de ruptures, expertises d'état de surface
Surface analysée	0,1 à 1 µm (longueur de balayage)
Profondeur analysée	1 µm à qq. µm (profondeur de champ)

LE BÉTON ARMÉ : COMPOSITIONS, PATHOLOGIES ET RÉPARATIONS

Xavier HALLOPEAU, Ph.D., expert corrosion/protection cathodique, expert judiciaire de la Cour d'Appel de Versailles

QUELQUES RAPPELS

Le béton moderne est un mélange de granulats, de sables, et d'un liant à caractère hydraulique, comme la chaux ou le ciment, qui fait sa prise avec de l'eau. C'est donc un matériau composite résultat de différents constituants mélangés dans des proportions variables.

A l'époque romaine, le terme ciment ne désignait pas le liant mais faisait référence à la pierre de déchet de carrière, aux morceaux de briques. Il s'agissait d'un appareil constructif que l'on pourrait qualifier de béton de chaux, cette dernière étant de nature hydraulique pouzzolanique. La maçonnerie réalisée avec ce béton devenait solide et faisait barrière à l'eau.

A la fin du 18^{ème} siècle, grâce à Parker, apparaît le ciment naturel, produit de la calcination de galets de l'île de Sheppey contenant un calcaire suffisamment argileux pour donner après une cuisson à 900°C comme les chaux naturelles ordinaires un ciment naturel à prise rapide.

Il faut attendre les travaux de Vicat dans les années 1830 pour déterminer les règles de la chaux hydraulique : la maîtrise des dosages de calcaire et d'argile.

Le ciment, dit Portland Artificiel, est obtenu grâce à la cuisson d'un mélange de calcaire et d'argiles qui produit une chaux extrêmement hydraulique qui confère au ciment une prise lente rendant plus facile son usage en construction.

Le terme béton prendra de l'importance avec les règles de calcul quand il est armé par de l'acier de manière à augmenter sa robustesse. En effet le béton souffre quand il est sollicité en traction et en flexion, alors même qu'intrinsèquement il résiste bien à la compression, c'est pour cela qu'il est armé dans la construction, et non armé en utilisation en masse type barrage poids

ET LA CHIMIE DANS TOUT ÇA

Le ciment est le liant hydraulique par excellence, élaborés à partir d'un mélange d'environ 80% de calcaire et 20% d'argile, mélange qui est progressivement chauffé à une tem-

pérature voisine de 1450°C, puis brusquement refroidi. Au cours de ces opérations, s'enchaînent plusieurs réactions chimiques. Il en résulte le clinker qui, mélangé avec du gypse (sulfate de calcium hydraté $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et éventuellement avec d'autres produits, puis finement broyé, donne le ciment.

Le principal constituant des ciments est le clinker Portland. Il est constitué de silicates de calcium (C3S et C2S) et d'aluminates de calcium (C3A et C4AF).

L'ajout d'autres constituants permet d'obtenir les différents types de ciments.

Ce sont essentiellement du laitier de haut fourneau, des cendres volantes, des calcaires, des fumées de silice, des fillers, du sulfate de calcium (gypse). Lorsque leur teneur en masse excède 5% ce sont des constituants principaux, sinon ils sont appelés constituants secondaires.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE CIMENTS COURANTS

Selon que des constituants, autres que le gypse, sont ou non ajoutés au clinker lors des opérations de fabrication, on obtient les différents types de ciments définis par la norme ciment (norme NF EN 197-1) utilisable pour le béton armé :

- Le ciment Portland : CEM I qui contient au moins 95% de clinker et au plus 5% de constituants secondaires.
- Le ciment Portland composé : CEM II/A ou B qui contient au moins 65% de clinker et au plus 35% d'autres constituants : laitier de haut fourneau, fumée de silice, pouzzolane, cendres volantes, calcaires, constituants secondaires.
- Le ciment de haut fourneau : CEM III/A ou B qui contient entre 36 et 80% de laitier et 20 à 64% de clinker.
CEM III/C qui contient au moins 81% de laitier et 5 à 19% de clinker.
- Le ciment pouzzolanique : CEM IV/A ou B contient 45 à 89% de clinker et 11 à 55% de pouzzolanes. Il n'est pas présent en France.

- Le ciment composé : CEM V/A ou B contient 20 à 64% de clinker, 18 à 49% de laitier et 18 à 49% de cendres volantes ou de pouzzolanes.

L'eau de gâchage est un élément indispensable lors de la conception du béton. Elle permet d'hydrater le ciment, ce qui libère ses capacités de liant, et rend également plus facile l'application du béton. L'eau utilisée doit être propre et dosée avec soin sous peine d'altérer les performances de votre béton.

Les granulats, d'origine naturelle ou artificielle, sont des grains minéraux de dimensions variables. En tant que principaux composants du béton, ils lui transmettent certaines caractéristiques techniques et esthétiques, notamment sa résistance. Le choix du type de granulat utilisé ne doit donc pas être fait à la légère car il aura une influence sur la durabilité du béton. On distingue alors différentes sortes de granulats : les fillers, les sables, les graves, les gravillons et les ballasts.



Variété des granulats (photo www.infociments.fr)

Il existe également des adjuvants qui sont rajoutés au mélange afin d'améliorer certaines caractéristiques du béton comme son temps de prise, sa maniabilité ou son étanchéité. Ceux sont des produits chimiques faiblement dosés lors de la préparation (moins de 5% de la masse du béton). On dénombre des accélérateurs ou des retardateurs de prise, des accélérateurs de durcissement, des plastifiants, des entraîneurs d'air, des hydrofuges, des pigments ... Voir la norme EN 206-1 qui définit les teneurs maximales en ions chlorures dans le béton à la construction. Pour les bétons autres que CEM III contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées cette limite est de 0,4% en poids de ciment. En absence d'acier, cette

teneur maximale est de 1%.

LES MÉCANISMES

La pâte de ciment hydraté est le résultat de réactions chimiques entre l'eau et les composés du ciment. Il s'agit d'un processus complexe dans lequel les principaux composés du ciment C3S, C2S, C3A, et C4AF réagissent pour former de nouveaux composés insolubles qui entraînent la prise et le durcissement progressif du matériau.

Au contact de l'eau, les silicates tricalciques (Ca_3SiO_5) et les silicates bicalciques (Ca_2SiO_4) se dissolvent sous forme d'ions qui interagissent entre eux et forment des silicates de calcium hydratés (C-S-H) et de la portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Ces réactions sont exothermiques et peuvent servir de catalyseur à la réaction d'hydratation.

Les C-S-H sont des composés non cristallins. Ils ont les caractéristiques d'un gel et possèdent une composition variable. L'enchevêtrement du gel C-S-H donne sa solidité au ciment : les C-S-H se développent à la surface des grains de ciment non hydratés et comblent progressivement les interstices capillaires entre les grains.

La portlandite est un hydrate qui joue un rôle fondamental dans le maintien d'un pH élevé de l'ordre de 12 à 13 protégeant les armatures du béton armé. Dans des conditions normales, les armatures enrobées d'un béton compact et non fissuré sont protégées naturellement des risques de corrosion par un phénomène de passivation qui résulte de la création, à la surface de l'acier, d'une couche protectrice d'oxydes dite de passivation.

PATHOLOGIES

Deux phénomènes principaux peuvent dans certaines conditions détruire cette couche protectrice et initier la corrosion des armatures en acier du béton armé. La dépassivation locale induit alors un couplage galvanique entre le site anodique, lieu de cette initiation de la corrosion, et les sites dits cathodiques demeurés passifs immédiatement à proximité.

La carbonatation correspond de façon prépondérante à la transformation d'un des composés minéraux du béton durci, la portlandite en calcite, au contact du dioxyde de carbone contenu dans l'air en présence de traces d'eau ou

d'humidité résiduelle selon la réaction 1. Cette transformation progressive s'accompagne d'une diminution du pH basique en milieu solide.



La transformation de la portlandite conduit à une diminution du pH qui entraîne une instabilité thermodynamique de la couche de passivation des aciers. Il s'ensuit une corrosion des armatures qui conduit à une réduction de la section d'acier des armatures. Les produits de corrosion, qui sont expansifs, endommagent le parement (fissuration, épaufrures...). La valeur de pH seuil en dessous de laquelle la carbonatation peut conduire à une corrosion des armatures est situé entre 9 et 11. Ce seuil dépend de la nature du ciment et surtout de l'état hydrique du béton. La vitesse de carbonatation répond à une loi en racine carré du temps et est maximale pour une humidité relative comprise entre 50 et 70 %. On parle de front de carbonatation qui généralement conduit à une généralisation de la corrosion de l'armature en acier et à une délamination de l'enrobage sur des surfaces parfois très grande.



Béton carbonaté sur bâtiment

Il est possible de réaliser un diagnostic de l'état de carbonatation du béton en prélevant dans un parement une carotte qui est fendue en deux et sur laquelle un indicateur colorimétrique de pH (phénolphtaléine) est pulvérisé sous sorbonne. La partie carbonatée apparaît incolore et

le noyau non carbonaté, c'est-à-dire très basique, se colore en rose. La phénolphtaléine est un indicateur de pH coloré dont le changement de couleur se situe aux alentours de 9.

Les ions chlorures issus de l'eau de mer, des sels de déverglaçage, mais également de procédés industriels ou de produits ménagers pénètrent dans le réseau capillaire de l'enrobage par adsorption, provoquent une rupture du film passif et l'amorce d'une corrosion par piqûre. Le processus de pénétration est complexe, il est optimal dans des conditions de cycles d'humidification/séchage, les chlorures et migrent avec la phase liquide par convection. La teneur en chlorure libre est rapidement au-delà des seuils définis dans la norme EN 206-1, et très souvent sur des profondeurs supérieures à l'enrobage des aciers y compris dans un béton non encore fissuré. La vitesse de diffusion des chlorures suit en première approximation la 2nd loi de Fick selon laquelle le flux de diffusion est proportionnel au gradient de concentration, des modèles plus complexes ont été développés pour caractériser la durabilité des bétons. La corrosion des armatures en acier par les chlorures peut être dissolvante entraînant une perte de la section réelle efficace sans nécessairement faire apparaître de gonflement du béton d'enrobage (épaufrure).

Les structures situées en bord de mer sont exposées à trois types de configurations. Selon les variations du niveau de la mer, elles peuvent être :

- Continuellement immergées (béton situé sous le niveau de la mer à marée basse), les bétons situés dans cette zone sont rarement l'objet de dégradations importantes,
- Continuellement émergées et soumises aux embruns et brouillards marins contenant des chlorures, les bétons situés dans cette zone peuvent subir de légères agressions,
- Ou alternativement émergées ou immergées en fonction du niveau de la mer (zones de marnage déterminées par les niveaux de marée haute et basse) ou soumises aux éclaboussures provoquées par les vagues. Les surfaces de béton situées dans cette zone sont les plus agressées.

Les chlorures, libres et totaux (liés), sont dosés en laboratoire par titration potentiométrique au nitrate d'argent. La méthode consiste à prélever des carottes dans la structure, parfois au-delà du premier lit d'armature, à les tronçonner en fonction de la profondeur d'investigation et à les réduire en poudres qui seront alors solubilisées dans l'eau afin



Corrosion sur un talon de poutre avec perte de section en milieu maritime

d'obtenir les chlorures libres (solubles dans l'eau) et dans l'acide nitrique pour les chlorures totaux. L'analyse conduit à un profil en ions chlorures et la teneur en ions chlorures au niveau de l'armature (enrobage) doit être interprétée.

RÉPARATIONS

En préambule, la réussite des travaux de réparation et de renforcement des ouvrages en béton armé nécessite un travail en commun d'experts. Cela repose par une démarche rigoureuse selon une approche d'ingénierie de la durabilité : connaissance du patrimoine d'ouvrage, diagnostic de l'état des ouvrages, hiérarchisation des priorités d'entretien et programmation des opérations.

Dans ce qui suit ne sera traité que la partie contrôle de la corrosion des armatures en acier; le sujet renforcement structurel mettant en œuvre des techniques de réparation : des désordres superficiels (traitement des fissures), par addition d'armatures passives, de précontrainte additionnelle, de renfort composite ou de béton projeté.

De nombreuses solutions de réparation du béton armé dégradé par corrosion des armatures sont disponibles. Elles permettent de réparer plus ou moins durablement le béton et évitent de nouveaux désordres. Pour chaque ouvrage, le choix de la solution adoptée sera fonction en particulier du processus de dégradation (carbonatation, chlorure...), du niveau de propagation de la corrosion, des caractéristiques du béton et des agressions du milieu environnant. La pérennité de la réparation suppose une réali-

sation soignée et des contrôles réguliers tout au long de la vie de l'ouvrage.

Il existe 3 familles de techniques :

- La réparation traditionnelle : remplacement du béton carbonaté ou pollué par les chlorures et des armatures corrodées si perte de section inadmissible.

La reconstitution du béton d'enrobage permet de protéger les armatures dégagées par passivation grâce à l'alcalinité du nouveau béton d'enrobage, mais avec un risque de créer un phénomène de corrosion par création d'anode induite avec les armatures du béton ancien environnant.

- La mise en œuvre de produits sur le parement du béton :
- D'inhibiteurs de corrosion depuis la surface du béton est décrite pour des bétons carbonatés par pénétration d'inhibiteur inorganique base phosphate. Le retour d'expérience est très faible, et les résultats de leur efficacité peu convaincants.

- D'imprégnations hydrophobes qui agissent en créant une barrière à l'eau (et aux polluants de type chlorures) sur le parement et qui limite ainsi l'apport d'oxygène aux aciers. Leur utilisation et leur efficacité sont généralement reconnues.

- Les traitements électrochimiques : ils regroupent la protection cathodique par courant imposé (PCCI), la protection cathodique par anodes galvaniques (PCAG), la réalcalinisation et la déchloruration.

Ces traitements nécessitent de s'assurer de la parfaite continuité électrique des armatures en acier dans la zone de traitement mais également des zones adjacentes.

Ils reposent tous sur la technique de polarisation cathodique des armatures de manière temporaire ou permanente par création d'une boucle de courant continu entre une anode rapportée et les armatures en acier jouant le rôle de cathode. Le fait d'abaisser le potentiel électrochimique de l'acier vers des valeurs plus négatives entraîne une diminution immédiate de la corrosion de l'acier par formation d'ions hydroxydes (OH^-) à la surface de l'acier selon la réaction 2 et au déplacement par migration électrique des ions chlorures des aciers vers l'anode. L'objectif est le maintien de l'acier dans son domaine de passivation.



Les électrons sont produits à l'anode par les réactions suivantes :

$M \Rightarrow M^{n+} + ne^{-}$, et $M = Zn, Mg$ ou Al sous PCAG
(3)

$2H_2O \Rightarrow O_2 + 4H^{+} + 4e^{-}$, réaction d'évolution de O_2 sous PCCI
(4)

$2Cl^{-} \Rightarrow Cl_2 + 2e^{-}$, réaction d'évolution de Cl_2 sous PCCI
(5)

Ces traitements sont encadrés par les normes EN ISO 12696, EN 14038-1 et EN 14038-2.

Les traitements temporaires sont améliorés dans le temps par l'application à la surface d'une barrière aux polluants.

Pour la protection cathodique, l'EN ISO 12696 donne un cadre précis de mise en œuvre, définit des critères de performance afin d'assurer son efficacité et décrit les opérations de suivi et de maintenance indispensables à son maintien.

RÉFÉRENCES

NF EN 197-1 : Composition des ciments courants

EN 206-1 Béton - Partie 1 : Spécification, performance, production et conformité

www.guidebeton.com

www.toutsurlebeton.fr

<http://doc.lerm.fr>

www.infociments.fr

Mieux Maîtriser la durabilité des bétons par l'approche probabiliste, CERIB, Janvier 2007

Les solutions techniques pour la réparation et le renforcement des ouvrages de génie civil en béton, Solutions béton, Construction Moderne / Annuel Ouvrages d'art 2011

EN ISO 12696 : Protection cathodique des aciers dans le béton

EN 14038-1 : Réalcalinisation électrochimique et traitements d'extraction des chlorures applicables au béton armé - Partie 1 : réalcalinisation

EN 14038-2 : Réalcalinisation électrochimique et traitements d'extraction des chlorures applicables au béton armé - Partie 2 : extraction des chlorures

A-T-ON FAVORISÉ L'ENVIRONNEMENT AU DÉTRIMENT DE NOTRE SANTÉ ? FOCUS SUR LES PAILLES ÉCO-FRIENDLY

Lona GUILLEMIN*, Léa SABBAH* & Stephane PIRNAY*, Président CNEJC, Expert toxicologue

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, le développement durable est devenu une préoccupation majeure pour la population mondiale. Protéger les écosystèmes en luttant contre la pollution et le gaspillage s'impose aux générations actuelles afin d'offrir un monde respectable et « vivable » pour les générations futures. Progressivement, différentes mesures ont été prises.

La loi n°2015-992 du 17 août 2015 publiée au Journal officiel de la République française (JORF) relative à la transition énergétique pour la croissance verte expose les objectifs et les changements attendus pour préserver l'environnement et protéger la santé humaine. Par ailleurs, il est mentionné l'étendue des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques sur l'ensemble du territoire avant 2022.

En France, le gouvernement a adopté le 21 janvier 2020 la loi anti-gaspillage pour une économie circulaire qui est axé sur de nouveaux objectifs. En l'occurrence, elle vise le zéro plastique jetable d'ici 2040, en donnant des consignes pour les années à venir afin de réduire l'impact du plastique sur l'environnement.

C'est l'article L541-15-10 du code de l'environnement qui fixe les échéances à respecter sur la fin de la mise à disposition des produits en plastique à usage unique : l'interdiction concerne notamment « A compter du 1er janvier 2021, pour les pailles à l'exception de celles destinées à être utilisées à des fins médicales, confettis en plastique, piques à steak, couvercles à verre jetables [...] ». L'interdiction est entrée en vigueur le 1er janvier 2021, avec une tolérance jusqu'au 1er juillet 2021, afin de laisser le temps aux

entreprises d'écouler leurs stocks, à condition qu'il s'agisse de produits fabriqués ou importés avant l'année 2021.

La directive (UE) 2019/904 du parlement européen et du conseil en date du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement mentionne les restrictions relatives à l'utilisation des produits en plastiques. Tous les produits plastiques cités ont été bannis de l'Union Européenne à compter du 3 juillet 2021.

Les produits en plastiques ont eu un impact désastreux sur l'environnement. Ils sont polluants pour les océans, les terres et les animaux. La population prend conscience des dégâts causés par ces déchets. Le présent article porte spécifiquement sur l'interdiction des pailles en plastiques. Ces dernières sont à pointer du doigt et représentent un danger majeur pour la protection de l'environnement. Leur temps de décomposition est extrêmement long c'est pourquoi de nombreuses solutions de remplacement des pailles plastiques ont émergées ces dernières années.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE PAILLES

En 1888, Marvin Stone a été le premier homme à déposer un brevet pour une paille. Son invention consistait à enrouler des bouts de papier autour d'un crayon, les collait et ainsi obtenir une paille.

Son usine a produit les pailles en papier en grande quantité. Par la suite, grâce à l'invention brevetée de Joseph Frie-

dman, dans les années 1930, les pailles purent se plier. Il créa la Flex-Straw Company afin d'en produire. Ce fut une invention utile pour les hôpitaux : elles permettaient aux patients de boire tout en restant allongés. Les pailles en papier se sont répandues et ont ainsi été adoptées.

Parallèlement, en 1870, un Américain, John Wesley Hyatt, a introduit les premiers produits en plastique fabriqués à partir d'un matériau appelé celluloïd. D'autres composés plastiques s'y sont ajoutés dans les décennies suivantes : la bakélite, utilisée pour les articles ménagers, le nylon utilisé pour les bas et collants etc. Représentant un marché peu coûteux, il y a eu un essor de la production de plastique. De cette manière, dans les années 1960, les pailles en papier ont laissé place à la production de pailles en plastiques en masse. Les pailles en plastiques sont devenues les pailles de référence à travers le monde en termes de praticité pour le consommateur. Mais celles-ci ont eu un impact néfaste pour l'environnement.

Aujourd'hui, de nouvelles solutions bénéfiques pour la planète existent pour remplacer les pailles en plastiques : à savoir les pailles jetables biodégradables, celles réutilisables ou même comestibles.

Actuellement, les pailles jetables biodégradables sont les plus répandues. Sont retrouvées les pailles en carton biodégradable, en PLA (bio-plastique), à base de canne à sucre, en paille naturelle à partir de blé, en glace etc. Il existe également des pailles comestibles qui sont une bonne alternative : des pailles en pâtes, en pomme ou même en glace. Les pailles réutilisables représentent aussi une bonne solution écologique. Elles se déclinent en bambou, roseau, inox (304), verre ou encore silicone.

MOLÉCULES SUSCEPTIBLES DE MIGRER

Bien que l'interdiction des pailles en plastiques s'avère être bénéfique pour l'environnement ; qu'en est-il de la santé des consommateurs ?

Le principe de l'« Interaction Contenu-Contenant » (ICC)

Aujourd'hui encore, les substances toxiques peuvent se retrouver dans n'importe quel produit. C'est pourquoi il est important d'évaluer le potentiel toxicologique des emballages, dont les pailles, puisqu'ils sont en effet susceptibles de relarguer des substances toxiques capable de migrer du

contenu jusqu'au contenant, c'est-à-dire jusqu'au produit. Ce phénomène est d'autant plus visible pour les produits sous forme liquide, c'est pourquoi le relargage des pailles vers la boisson est particulièrement préoccupant. Pour mesurer ce phénomène, il est nécessaire de réaliser ce que l'on appelle une étude de l'« interaction contenu-contenant » (ICC).

L'ICC est une méthode d'évaluation de la sûreté d'un couple emballage-produit. Les polymères plastiques et leurs additifs ont la capacité d'interagir avec le produit, vice-versa. Ce qui peut modifier la composition du produit, ces propriétés et entraîner un véritable danger pour le consommateur. Schéma des phénomènes d'interaction et de migration

Molécules susceptibles de migrer pour les matières plastiques

Les plastiques pétro-sourcés sont nocifs pour l'environnement mais aussi pour la santé humaine, car ils contiennent des composés toxiques comme le benzène. De nombreuses études récentes montrent un lien entre des problèmes de santé tels que le cancer, des troubles d'apprentissage, des malformations congénitales ou des allergies et l'utilisation croissante de produits chimiques dérivés du pétrole. Les molécules activées lors de la migration en ICC des plastiques pétro-sourcés sont le plus souvent : phtalates, formaldéhydes, bisphénols. La plupart des migrants sont intentionnellement ajoutés pour améliorer les propriétés des polymères plastiques. Ils sont classés selon leur rôle dans l'emballage :

- Les plastifiants tels que les phtalates, dont la fonction est d'augmenter la souplesse du plastique,
- des stabilisants UV, qui aident l'emballage à résister aux rayons UV,
- Antioxydants, qui empêchent l'oxydation des emballages par contact avec l'air ou la lumière.

Parmi les migrants, il est également possible de détecter des monomères, qui proviennent de la chaîne polymère plastique séparée après dégradation dans des conditions environnementales. Un exemple toxique de monomère est le bisphénol A. Cependant, certains composés n'ont pas nécessairement été ajoutés par le fabricant. Dans certaines conditions environnementales, les composants ajoutés dans le polymère plastique peuvent se dégrader et libé-

rer des sous-produits. Ils sont appelés NIAS, pour Non-Intentionally Added Substances (Substances ajoutées non intentionnellement). Les additifs ou monomères ajoutés intentionnellement peuvent également contenir des impuretés, qui sont capables de migrer et les fabricants peuvent ne pas être conscients de leur présence.

Le carton n'est pas épargné par la présence de molécules préoccupantes

Depuis la prohibition de l'utilisation des pailles en plastiques, les pailles en papier et carton biodégradables en PLA (Acide polylactique) sont devenues les plus utilisées. Celles-ci ont l'avantage de réduire l'impact sur l'environnement mais elles ne sont pas pour autant exemptes de danger pour la santé humaine.

Il existe de nombreuses manières de créer des biopolymères, soit directement à partir de substances naturelles parmi lesquelles figurent des polysaccharides et des protéines, soit par polymérisation de monomères dérivés de la biomasse, comme le PLA issu de l'acide lactique. Les deux principaux types de matériaux biodégradables sont les mélanges PLA et Amidon (tous deux à 18,7 %). Par l'extraction du PLA, d'autres biopolymères peuvent être produits par des micro-organismes tels que le polyhydroxyalcanoate (PHA ou PHB) qui sont les types de plastiques biosourcés les plus écologiques et biodégradables. Par conséquent, les applications de PHA et PHB ne cessent de croître. Les traces potentielles de substances provenant de la vie précédente des matières premières ou/et des traitements chimiques en aval doivent être ciblées pour être conscient des dommages possibles sur la santé du consommateur. En effet, des traces de contaminants comme les pesticides sont à prévoir. Ces matières biodégradables suscitent beaucoup de questionnements.

Études sur les molécules retrouvés dans les emballages en papier/carton susceptibles de migrer dans la boisson

En 2017, l'ANSES a émis un avis sur la migration des composés d'huiles minérales dans les denrées alimentaires à partir des emballages en papiers et cartons recyclés. Les travaux du laboratoire cantonal de Zürich en Suisse, ont mis en évidence la présence de certaines catégories d'huiles minérales dans les denrées alimentaires sèches condition-

nées dans des emballages en papiers et cartons. Les huiles minérales (MOH) sont des mélanges complexes issus du pétrole brut. Elles sont constituées d'hydrocarbures saturés d'huile minérale (MOSH) et hydrocarbures aromatiques d'huile minérale (MOAH).

L'EFSA a souligné en 2012 la nécessité d'établir de nouvelles valeurs toxicologiques de référence pour ces catégories spécifiques d'hydrocarbures d'huile minérale. Les principales sources d'huiles minérales dans les papiers et cartons sont les encres d'impression de type offset⁸ directement appliquées sur les emballages alimentaires en papier et carton, ainsi que celles présentes dans les emballages issus du recyclage des papiers et cartons.

Par ailleurs, en 2019, le Bureau Européen des Unions de Consommateurs (BEUC) pointe également du doigt les pailles en papier biodégradable et spécifiquement celles en couleurs. Des tests ont été réalisés et montrent que les matériaux d'emballage alimentaire en papier et en carton imprimés peuvent contenir et libérer des substances chimiques problématiques. En effet, sur 76 échantillons d'emballages en papier/carton analysés, 13 (soit 17 %) comportaient des amines aromatiques primaires et 71 (soit 93 %) des filtres UV. Selon le règlement sur les matières plastiques, les amines aromatiques primaires qui n'ont pas fait l'objet d'une évaluation spécifique ne doivent pas migrer dans les aliments en quantité détectable. Les pailles sont directement en contact avec la boisson ou l'alimentation du consommateur. Il s'avère qu'un échange peut s'effectuer entre les particules d'encre toxique de la paille et la boisson qui sera consommée. Les résultats démontrent que les matériaux d'emballage alimentaire en papier et carton imprimés contiennent et rejettent des substances chimiques préoccupantes, dont certaines n'ont pas été évaluées par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA).

Règlementation des emballages en papier/carton

Il n'existe pas de réglementation de l'UE sur l'utilisation du papier au contact des produits alimentaires, seul le plastique est réglementé. De ce fait, il n'existe pas de limite réglementaire européenne relative aux teneurs autorisées en hydrocarbures d'huile minérale destinés à entrer en

contact avec les aliments. Pour combler ce vide juridique, la DGCCRF a élaboré des notes d'informations à destination des industriels afin de préciser les règles permettant de vérifier et de contrôler l'aptitude au contact des denrées alimentaires des papiers et cartons. Ces notes indiquent des exigences de pureté, des limites d'acceptabilité et des méthodes d'analyse pour différentes substances ou groupes de substances à respecter. D'autre part, les pailles en papier s'effritent rapidement au contact du liquide et peuvent altérer le goût de la boisson. Elles ne sont pas appréciées par la plupart des consommateurs.

Comparaison des molécules toxiques potentiellement présentes dans les pailles plastiques versus pailles carton/papier

Comparaison

Pailles plastiques

Pailles en carton/ papier

Molécules toxiques potentiellement présentes

- Bisphénol A (BPA) : utilisé pour augmenter la conservation des produits classé en tant que perturbateur endocrinien
- Phtalate : souplesse du plastique classé en tant que perturbateur endocrinien
- PET : sa production nécessite l'emploi du trioxyde d'antimoine, désigné comme catalyseur toxique. L'antimoine est classé par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) comme agent possiblement cancérigène pour l'homme.
- Huiles minérales : mélanges complexes issus du pétrole brut.
- Amines aromatiques primaires
- Filtres UV
- Pesticides

Ces pailles en papier et carton doivent faire l'objet de plus d'attention de la part des autorités, d'autant plus qu'elles font partie du quotidien de la population. Elles doivent susciter des études et tests approfondis afin de garantir au consommateur l'absence de risque pour sa santé.

Les meilleures alternatives aux pailles plastiques

Les meilleures alternatives aux pailles plastiques restent celles réutilisables et celles comestibles. Elles sont écologiques et n'impactent pas le plaisir du consommateur.

Les pailles comestibles, comme celles en pomme, ont l'avantage d'émettre zéro déchet et restent « amusantes » pour le consommateur.

Quant aux pailles réutilisables, comme celles en verre ou inox, elles sont à privilégier. Elles responsabilisent le consommateur dans la démarche de développement durable et restent agréables à utiliser par le consommateur sans interférer avec le goût de la boisson.

CONCLUSION

Pour conclure, l'interdiction des pailles en plastiques s'inscrit dans une démarche de développement durable et incite la population à participer pleinement à ce changement et cette responsabilité. Toutefois, il reste important de prioriser la santé du consommateur et s'intéresser aux meilleures solutions de remplacement au plastique. Depuis quelques années, la société prône le naturel, le « bio » dans l'alimentation, les produits cosmétiques, les produits du quotidien, etc. Il va de soi que le remplacement du plastique ne doit pas influencer négativement sur la santé du consommateur et le tromper. De ce fait, les pailles à privilégier sont celles réutilisables et comestibles, pour lesquelles le relargage de substances potentiellement néfastes dans la boisson est négligeable.

De nouvelles restrictions concernant l'utilisation du plastique sont à venir chaque année afin de sensibiliser la population et offrir un environnement respectable aux générations futures. Bien que les enjeux environnementaux soient un sujet de préoccupation majeure pour notre société, la santé des consommateurs ne doit pas pour autant passer au second plan. Il est donc important de privilégier les solutions non seulement les plus durables mais également les plus saines. Ainsi, le remplacement des pailles plastiques par les pailles en papier ou en carton ne sont pas forcément la meilleure solution à privilégier pour l'environnement, ni pour la santé.

RÉFÉRENCES

INTRODUCTION

[Référence : Site du ministère de la transition écologique ; Fin du plastique à usage unique, 28 mars 2019 ; <https://www.ecologie.gouv.fr/fin-du-plastique-usage-unique>]

[Référence : Site du ministère de l'économie, de la finance et de la relance : Interdiction du plastique à usage unique : quels produits sont

concernés ? <https://www.economie.gouv.fr/cedef/interdiction-plastique-usage-unique>

[Reference : Code de l'environnement Article D541-330 ; https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043045054]

[Reference : Code de l'environnement Article L541-15-10 ; https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000041568974/]

[Reference : Legifrance ; Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte ; <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000031044385>]

[Reference : Journal officiel de l'Union européenne ; Directive (UE) 2019/904 du parlement européen et du conseil du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement ; <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904>]

[Reference : La loi anti-gaspillage ; https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Document_LoiAntiGaspillage%20_2020.pdf]

LES DIFFÉRENTS TYPES DE PAILLES

[Reference : National Geographic, Comment les pailles en plastique ont envahi le monde, <https://www.nationalgeographic.fr/environne->

<ment/comment-les-pailles-en-plastique-ont-envahi-le-monde>]

[Reference : Quelles sont les alternatives aux pailles en plastique ? <https://lespailles.com/quelles-alternatives-pailles-plastique/>]

MOLÉCULES SUSCEPTIBLES DE MIGRER

[Reference : Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la migration des composés d'huiles minérales dans les denrées alimentaires à partir des emballages en papiers et cartons recyclés ; 8 mars 2017, <https://www.anses.fr/fr/system/files/ESPA2015SA0070.pdf>]

[Reference: BEUC, European consumer organisations call for action on paper and board food contact materials; https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2019-042_more_than_a_paper_tiger_test_summary_food_contact_materials.pdf]

*EXPERTOX, Cabinet d'expertises toxicologiques & Laboratoire d'analyses industrielles
94140 ALFORTVILLE - France



COMPAGNIE
NATIONALE
DES EXPERTS
JUDICIAIRES
DE LA CHIMIE

Si vous êtes intéressés à publier un article technico-scientifique ou en rapport avec la rubrique Justice et Réglementation, n'hésitez pas à le transmettre aux membres du comité de rédaction (adresse mails en première page).

PROCHAIN NUMÉRO À PARAÎTRE JANVIER 2023