

Actions de transition prioritaires pour l'industrie chimique

Résumé Les Divisions de chimie durable et de chimie industrielle de la Société Chimique de France, en collaboration avec France Chimie, ont organisé une 2^e rencontre Académie-Industrie sur le thème « *Transition Pathway for the Chemical Industry* » le 14 juin 2024 à la Maison de la Chimie, à Paris. Plusieurs axes du document européen *Transition Pathway for the Chemical Industry* ont été développés par Kristin Schreiber (Commission Européenne). L'importance fondamentale de l'écoconception et du recyclage dans ces voies de transition a notamment été soulignée par Bob Diderich (OCDE), Hélène Olivier-Bourbigou (IFPEN), Pascal Breuilles (CNRS) et Xavier Montagne (MESR). La vision des industriels sur cette transition a été détaillée par Hélène Moumrikoff (France Chimie), Ismahane Remonnay (Veolia), Fabien Deswarte (L'Oréal), Olivier Teillac (BASF), Régis Marchand (SEPPIC-Air Liquide), Hervé Plessix (Stéarinerie Dubois), Norbert Patouillard (Pennakem) et Bernard Chaud (Global Bioenergies). En premières conclusions, les défis scientifiques et techniques à relever pour accompagner cette transition s'articulent autour de l'écoconception pour une innovation durable. Cette dernière sera basée sur des substances et matériaux à faible impact environnemental avec l'utilisation de matières premières si possible renouvelables, de catalyseurs et procédés durables s'appuyant sur des sources d'énergie renouvelables ou bas carbone. Les actions futures des deux divisions de la Société Chimique de France seront focalisées sur ces défis majeurs pour la chimie.

Mots-clés Biosourcé, circularité, écoconception, innovation et procédés durables, partenariats, transition chimique.

Abstract Priority transition actions for the chemical industry

The sustainable chemistry and industrial chemistry divisions of the *Société Chimique de France* in collaboration with *France Chimie* organized a 2nd meeting between academia and industry on the theme "Transition Pathway for the Chemical Industry" June 14, 2024 at the *Maison de la Chimie* in Paris. Several axes of the European document "Transition Pathway for the Chemical Industry" have been developed by Kristin Schreiber (European Commission). The fundamental importance of ecodesign and recycling in these transition pathways was highlighted by Bob Diderich (OECD), Hélène Olivier-Bourbigou (IFPEN), Pascal Breuilles (CNRS) and Xavier Montagne (MESR). The vision of the Industrial companies on this transition was detailed by Hélène Moumrikoff (France Chimie), Ismahane Remonnay (Veolia), Fabien Deswarte (L'Oréal), Olivier Teillac (BASF), Régis Marchand (SEPPIC-Air Liquide), Hervé Plessix (Stéarinerie Dubois), Norbert Patouillard (Pennakem) and Bernard Chaud (Global Bioenergies). In the first conclusions, the scientific and technical challenges to be met to accompany this transition are articulated around ecodesign for sustainable innovation. The latter will be based on substances and materials with low environmental impact (with the use of renewable raw materials where possible), catalysts and sustainable processes based on renewable or low carbon energy sources. The future actions of the two divisions of the *Société Chimique de France* will be focused on these major challenges for chemistry.

Keywords Bio-based, circularity, eco-design, sustainable innovation and processes, partnerships, chemical transition.

Auteurs-coordonnateurs : Joel Barrault* (SCF/Division de chimie durable ; ex CNRS) et Michel Philippe (Division de chimie industrielle/SCF ; ex L'Oréal)

Intervenants : Kristin Schreiber (Commission Européenne) ; Xavier Montagne (MESR) ; Hélène Olivier-Bourbigou (IFPEN) ; Bob Diderich (OCDE) ; Pascal Breuilles (CNRS) ; Hélène Moumrikoff (France Chimie) ; Ismahane Remonnay (Veolia) ; Fabien Deswarte (L'Oréal) ; Olivier Teillac (BASF) ; Régis Marchand (SEPPIC-Air Liquide) ; Hervé Plessix (Stéarinerie Dubois) ; Norbert Patouillard (Pennakem) ; Bernard Chaud (Global Bioenergies) ; François Jérôme (CNRS) ; Gregory Chatel (Université Savoie Mont Blanc) ; Abdelhakim Koudil (IFPEN) ; Sophie Marquis (ACDV) ; Patricia Pineau (SCF/L'Actualité Chimique).

Les Divisions de chimie durable et de chimie industrielle de la Société Chimique de France (SCF), en collaboration avec France Chimie, ont organisé une 2^e rencontre Académie-Industrie sur le thème « **Transition Pathway for the Chemical Industry** » le 14 juin 2024 à la Maison de la Chimie à Paris. Un groupe de 30 personnes réunissant institutionnels, experts académiques et leaders de l'industrie a partagé des perspectives sur quelques aspects de cette transition, en favorisant les échanges et les discussions.

En 2018, un rapport publié par le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) [1] a présenté un cadre pour la transition de l'industrie chimique vers une économie

plus durable. Les quatre domaines-clés identifiés étaient les suivants :

1. L'industrie chimique doit passer à une utilisation plus durable des ressources, en utilisant des matières premières renouvelables et en réduisant la consommation d'énergie.
2. L'innovation est essentielle pour la transition vers une économie plus durable. Les entreprises chimiques doivent investir en R & D, technologies avancées pour réduire leur impact environnemental.
3. La collaboration entre les entreprises, les gouvernements et les organisations est essentielle pour accélérer la transition vers une économie plus durable.

4. Les entreprises doivent être transparentes sur leur impact environnemental et leur performance en matière de durabilité, en communiquant régulièrement avec les parties prenantes.

En **janvier 2023**, la **Commission Européenne** et les parties prenantes ont élaboré une feuille de route en trois parties pour l'industrie chimique européenne afin de réaliser la double transition et la résilience de l'industrie. Cette feuille de route s'articule autour de huit blocs d'actions, regroupés en trois composantes principales : 1) Innovation, énergie propre et diversification des ressources ; 2) Technologie et procédés ; 3) Réglementation. L'ensemble de ces recommandations vise à accélérer la transition vers une industrie chimique durable et circulaire, en cohérence avec les objectifs du Pacte vert européen [2]. Une déclinaison française a ensuite été préparée. En **décembre 2023**, en **France**, le ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique a réaffirmé son soutien à la filière chimie et a présenté le nouveau contrat de filière pour la période 2023-2027 avec trois axes prioritaires : 1) transition écologique, 2) compétitivité et souveraineté, et 3) compétences [3].

L'industrie chimique en France ouvre la voie à un avenir plus durable. Elle est au cœur des grands changements qui se produisent dans notre société, car elle fournit les solutions nécessaires pour façonner une économie résiliente et à faible émission de carbone. Ses innovations sont particulièrement cruciales en ce qui concerne la participation de la France à la construction de chaînes de valeur stratégiques européennes dans des domaines tels que les batteries, les énergies renouvelables, l'hydrogène, les semi-conducteurs et les médicaments. Les **objectifs de la rencontre du 14 juin** étaient alors les suivants :

- Échanger sur ces programmes.
- Identifier la perception en France au sein des milieux académiques et industriels.
- Déterminer les développements prioritaires en matière de recherche, d'innovation et d'industrie avec une présentation d'exemples industriels illustrés par des exemples concrets.
- Explorer les perspectives en vue de l'élaboration d'un futur plan.

Et le programme présenté ci-après en a résulté :

Une **présentation de la réunion** par Michel Philippe (ex L'Oréal) et Joel Barrault (ex CNRS) ;

Quelques **axes du document européen *Transition Pathway for the Chemical Industry*** par Kristin Schreiber (Commission Européenne - leads the Directorate Ecosystems I: Chemicals, Food, Retail, Health in DG GROW, the Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs of the European Commission) ;

La **place de l'écoconception & du recyclage dans la TPCI** par Bob Diderich (OCDE), Hélène Olivier Bourbigou (IFPEN), Pascal Breuilles (CNRS) et Xavier Montagne (MESR) ;

La **vision des industriels sur cette transition** par Hélène Moumrikoff (France Chimie), Ismahane Remonnay (Veolia), Fabien Deswarte (L'Oréal), Olivier Teillac (BASF), Régis Marchand (SEPPIC-Air Liquide) et par Hervé Plessix (Stéarinerie Dubois), Norbert Patouillard (Pennakem), Bernard Chaud (Global Bioenergies), ces derniers représentant plutôt des PME et ETI ;

Les **priorités en recherche** par François Jérôme (CNRS) ;

Avec les co-animateurs : Grégory Chatel (USMB), Abdelhakim Koudil (IFPEN), Sophie Marquis (ACDV) et Patricia Pineau (SCF-AC).

Introduction

L'initiative « **Science Based Targets** »¹ (SBTi), les conclusions du **Pacte vert européen**² initié en 2019 et ciblant la neutralité climatique en 2050, suivi du **Plan stratégique pour la recherche et l'innovation**³ (SRIP) en 2022 exhortant l'utilisation de la modélisation pour l'écoconception d'alternatives durables avec le développement conjoint des analyses de cycles de vie montrent la marche à suivre.

La **feuille de route**⁴ de la Commission Européenne et des parties prenantes sous forme de trois composantes doit permettre la réalisation de ces objectifs :

Une **composante axée sur l'action** regroupant les sujets sous trois thèmes transversaux : la collaboration pour l'innovation, l'approvisionnement en énergie propre et la diversification des matières premières.

Une **composante technologique** qui donne un aperçu des différents sujets liés à la technologie comme contribution à la transition.

Une **composante réglementaire** qui recueille la législation existante – y compris les grandes initiatives de R & I influençant les développements dans l'industrie chimique.

L'ensemble de ces éléments, le respect des limites planétaires⁵ et des principes du Pacte mondial des Nations Unies⁶, notamment les principes 7 à 9 promouvant une plus grande responsabilité environnementale des entreprises et encourageant la mise sur le marché de technologies éco-respectueuses conduit à prioriser l'**Écoconception**. Avec l'aide essentielle de la chimie verte bio-inspirée, de la biotechnologie et du développement des voies circulaires de synthèse, l'écoconception apparaît en effet comme une approche innovante et incontournable pour développer la **chimie durable**.

¹<https://sciencebasedtargets.org/> (consulté le 16/12/24).

²https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr (consulté le 16/12/24).

³https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/support-policy-making/support-national-research-and-innovation-policy-making/srip-report_en (consulté le 16/12/24).

⁴ Feuille de route TPCI : PDF ISBN 978-92-76-61690-0 ; DOI : 10.2873/873037 ET-08-23-017-EN-N, Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2023. © European Union.

⁵www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html (consulté le 16/12/24).

⁶<https://pactemondial.org/decouvrir/pacte-mondial-des-nations-unies/>

Le parcours de transition pour l'industrie chimique de l'UE

Le premier sujet de la session présenté par **Kristin Schreiber** résulte d'un **Plan d'action** élaboré conjointement par la Commission Européenne avec les pays de l'UE, l'industrie, les ONG et d'autres parties prenantes.

• Les **principaux éléments** constitutifs du plan ont été mis au point par le Forum industriel : Compétitivité durable - Investissements et financement Recherche et innovation - Réglementation et gouvernance publique - Accès à l'énergie et aux matières premières - Infrastructures - Compétences - Cadre social.

• Ce plan recense environ **190 actions**, regroupées en 26 thèmes, nécessaires à la double transition et au renforcement de la résilience de l'UE^(*).

^(*)https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/chemicals/transition-pathway_en (consulté le 16/12/24).

En l'état actuel de sa mise en œuvre et des appels à projets de transition en cours, les principaux messages-clés de la commission européenne sont les suivants :

- Le parcours de transition pour l'industrie chimique offre une solution à un objectif double : promotion de la compétitivité et renforcement de la durabilité.

- La participation active des entreprises, des organisations et des États membres est essentielle pour contribuer à la réalisation de la double transition et accroître la résilience de l'industrie chimique.

- Appel à des initiatives de transition - *Êtes-vous sur la voie de la transition écologique et numérique ? Dites-le-nous !*

L'appel est toujours ouvert sur le site web de la Commission Européenne (lien EU Survey).

- Nous faisons régulièrement le point sur les projets de transition reçus, ainsi que sur les avancées du groupe d'experts et les task-forces afin d'alimenter l'élaboration des politiques, y compris le prochain programme de travail de la Commission.

La place de l'écoconception et du recyclage dans la TPCI

Ce deuxième volet a conduit à un échange de points de vue de représentants de l'OCDE, de l'IFPEN, du CNRS et du MESR.

Organisation de coopération et de développement économiques

Pour l'OCDE, la chimie durable doit englober le concept, la synthèse et l'utilisation de produits et procédés efficaces, non toxiques et respectueux de l'homme et de l'environnement.

L'exemple particulier et d'importance, celui des plastiques, a été choisi pour illustrer le thème (Published December, 2021- [oe.cd/chemicals-plastics](https://www.oecd.org/chemicals-plastics)).

Parmi les principaux objectifs prioritaires de ce domaine figurent :

- la création de polymères-précurseurs à partir des principes de la chimie durable (ressources, toxicité, environnement, pollution, ACV) ;

- une utilisation efficace des connaissances scientifiques et techniques pour la formulation de plastiques aux propriétés dédiées.

Un guide d'identification et de sélection de voies alternatives a d'ailleurs été publié : Define "safer" chemicals in the context of alternatives assessments^(**).

France 2030 : un plan d'investissement pour la France (MESR)

« L'ambition du plan France 2030 est de préparer la France de demain : il s'agit en priorité de choix d'investissements stratégiques majeurs, au service de nos concitoyens et d'une ambition écologique forte, pour mieux produire, mieux vivre et mieux comprendre notre monde. Ces actions sont donc destinées à la fois de rattraper notre retard dans certains secteurs historiques et de donner un temps d'avance à la France en créant de nouvelles filières industrielles et technologiques pour accompagner les transitions écologiques et numériques. »

Le plan France 2030, doté de 54 milliards d'euros déployés sur 5 ans, vise donc à développer la compétitivité industrielle et les technologies d'avenir, dont la moitié des financements

sont destinés à des acteurs émergents, et la moitié aux actions de décarbonation. Il poursuit dix objectifs pour mieux comprendre, mieux vivre et mieux produire à l'horizon 2030.

10 objectifs sont programmés pour répondre aux grands défis de notre temps :

Mieux produire

• Favoriser l'émergence d'une offre française de petits réacteurs modulaires (SMR) d'ici 2035, et soutenir l'innovation de rupture dans la filière.

• Devenir le leader de l'hydrogène vert et des énergies renouvelables en 2030.

• Décarboner notre industrie afin de respecter l'engagement de baisser, entre 2015 et 2030, 35 % de nos émissions de gaz à effet de serre dans ce secteur.

• Produire en France, à l'horizon 2030, près de 2 millions de véhicules électriques et hybrides.

• Produire en France, d'ici 2030, le premier avion bas-carbone.

Mieux vivre

• Investir dans une alimentation saine, durable et traçable, afin d'accélérer la révolution agricole et alimentaire sur laquelle la France est un pays leader

• Produire en France au minimum 20 biomédicaments, en particulier contre les cancers, les maladies chroniques, dont celles liées à l'âge et créer les dispositifs médicaux de demain.

• Placer la France en tête de la production des contenus culturels et créatifs, et des technologies immersives.

Mieux comprendre le monde

• Prendre toute notre part dans l'aventure spatiale.

• Investir dans le champ des grands fonds marins.

Et six leviers sont proposés pour réussir France 2030 :

• Sécuriser l'accès aux matières premières.

• Sécuriser l'accès aux composants stratégiques, notamment électronique, robotique et machines intelligentes.

• Soutenir l'émergence de talents en construisant les formations de demain.

• Maîtriser les technologies numériques souveraines et sûres.

• S'appuyer sur l'excellence de nos écosystèmes d'enseignement supérieur, de recherche et d'innovation.

• Accélérer l'émergence de l'industrialisation de startups décisives pour le déploiement de l'innovation.

France 2030 mise sur les acteurs émergents et innovants à fort potentiel (start-ups et licornes de demain) et place son action dans la dynamique européenne à l'œuvre depuis la crise sanitaire avec l'adoption du plan de relance européen. France 2030 accompagne le développement de nombreux secteurs au travers de plus de 20 stratégies nationales d'accélération, accompagne tous les niveaux de TRL, des niveaux de TRL 1-4 via les PEPR (Programmes et équipements prioritaires de Recherche) jusqu'aux TRL les plus élevés passant par les démonstrateurs.

Les enjeux de l'éco-partenariat public privé pour le développement durable dans le domaine de la chimie (CNRS)

Le CNRS s'engage face au défi planétaire qu'est le changement climatique.

^(**)www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/substitution-of-hazardous-chemicals.htm (consulté le 16/12/24).

Par ses recherches et ses innovations, il participe à une dynamique mondiale organisée autour des Objectifs de développement durable (ODD) définis par l'Organisation des Nations unies (ONU).

La recherche scientifique, clé de voûte d'une industrie décarbonée

Des acteurs-clés du secteur désignent trois leviers essentiels pour accélérer la transition écologique de l'industrie : une coopération accrue entre scientifiques et industriels, une phase de maturation technologique plus rapide et un investissement massif en faveur de la recherche publique et des formations associées.

- **Passer, plus vite, de la paillasse à l'usine.**

- **Pas d'innovation sans puissance publique :** le CNRS est pilote ou copilote de la majorité des 47 Programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR) lancés dans le cadre du plan France 2030.

www.cnrs.fr/fr/actualite/la-recherche-scientifique-cle-de-voute-dune-industrie-decarbonee

Programmes nationaux de recherche

Le CNRS est pilote ou copilote de la majorité des **47 Programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR)** lancés dans le cadre du plan France 2030, ainsi que des Programmes prioritaires de recherche (PPR) lancés auparavant. **Les PEPR d'accélération, adossés aux stratégies nationales d'accélération**, accompagnent des transformations déjà engagées avec des produits, services, usages et acteurs bien identifiés. On peut noter en particulier : Batteries, Décarbonation de l'industrie (SPLEEN), Hydrogène (H2), Intelligence artificielle, Recyclage, Systèmes énergétiques & Énergies renouvelables (TASE).

La recherche, moteur de l'économie circulaire

La résolution de la crise mondiale des déchets ne se limite pas au recyclage. C'est l'ensemble du cycle de vie des matières, de leur extraction jusqu'à leur réutilisation, qu'il faut repenser. Recherche fondamentale, collaboration avec des industriels, start-up, le CNRS se positionne en leader sur ces sujets en pilotant un ambitieux programme de recherche pluridisciplinaire.

Comment généraliser le **recyclage et la réutilisation des matières** dans une économie mondialisée, consommatrice de toujours plus de matériaux neufs, génératrice de milliards de tonnes de déchets très mal valorisés, et qui repose sur une extraction croissante de ressources naturelles ?

Le Programme et équipements prioritaires de recherche associé à la Stratégie d'accélération « Recyclage, recyclabilité, réutilisation des matières », piloté depuis 2023 par le CNRS dans le cadre du plan France 2030, ambitionne de résoudre cette problématique d'apparence inextricable.

<https://www.cnrs.fr/fr/actualite/dossier-la-recherche-moteur-de-leconomie-circulaire>

www.cnrs.fr/fr/presse/france-2030-un-tout-nouveau-programme-pour-acceler-le-recyclage-et-la-re-utilisation-des

CNRS Chimie : Proche des partenaires industriels

La **création d'unités mixtes de recherche (UMR) et de laboratoires communs de recherche avec des industriels**, de Labcom ANR et de chaires industrielles auxquels on peut ajouter les instituts Carnot, les pôles de compétitivité

et des plateformes techniques sont des exemples tout à fait représentatifs de la politique de collaboration active menée par le CNRS en particulier dans le domaine de la Chimie.

Le programme de **prématuration** du CNRS (initié en 2014), le soutien à la création de start-up (et le programme **RISE**) complètent les aides au développement de l'innovation.

www.cnrsinnovation.com/actualite/10-ans-du-programme-de-prematuration-cnrs/

Les enjeux du développement durable : impact sur la conception des produits/catalyseurs et procédés à IFPEN

IFPEN mobilise ses compétences et son savoir-faire pour éclairer les décisions, inventer et développer des solutions qui permettront d'atteindre les objectifs de « défossilisation » et de décarbonation pour un développement durable. Grâce à sa capacité à mener un continuum de projets depuis la recherche fondamentale jusqu'à la valorisation, IFPEN contribue au déploiement des filières industrielles, en réalisant des travaux de Recherche & Innovation aux différentes échelles, en s'appuyant sur des outils expérimentaux du laboratoire au pilote pré-industriel et sur des outils numériques puissants de modélisation et d'analyse de données.

Ces développements technologiques s'intègrent dans une démarche systémique de filière, englobant différents enjeux : économiques, environnementaux, d'intégration aux écosystèmes territoriaux et d'appropriation sociétale... Dans le domaine de la chimie pour l'industrie, les principaux défis et les opportunités que ceux-ci présentent concernent :

- Les **ressources** (carbone, énergie, minerais) : avec une diversification et une complexification des intrants et une nécessité d'aller vers une utilisation raisonnée et sobre de ces ressources ;

- Les **catalyseurs** en synergie avec les procédés : avec la conception de nouveaux catalyseurs et procédés ou l'adaptation des catalyseurs existants avec un enjeu de performances (sélectivité et rendements énergétique et matière), de durabilité, d'intégration et d'optimisation dans la chaîne de valeur considérée ;

- La **recyclabilité**, le recyclage et la réincorporation des matériaux recyclés : des produits (par exemple les plastiques), des matériaux (métaux de catalyseurs ou de batteries par exemple) via des boucles allant de la réutilisation directe jusqu'à la réinsertion de matières recyclées dans la fabrication de nouveaux matériaux ou produits.

Le thème de l'**écoconception** est intégré dans ces enjeux et est abordé par :

- Une approche multi-critères : analyse de l'ensemble des impacts, consommation d'eau, d'énergie, matières premières, impact sur la biodiversité, sur le réchauffement climatique.

- Une approche multi-étapes avec la prise en compte des impacts à chaque étape du cycle de vie du produit.

À titre d'illustrations, IFPEN développe des technologies de recyclage avancés des plastiques tout en construisant des solutions pour suivre et maîtriser le cycle du plastique dans l'environnement. De même, IFPEN accompagne le développement des technologies de conversion de la biomasse pour la production de biocarburants avancés ou de bio-produits tout en intégrant les analyses de cycle de vie, les enjeux de disponibilité des ressources, de gestion durable des sols agricoles

et de l'eau, ainsi que la valorisation des co-produits. Certaines technologies sont aujourd'hui à l'étape du démonstrateur pré-industriel (Biobutterfly pour la chimie verte, Rewind®PET pour le recyclage des plastiques, projet Take Kair™ pour une chaîne de production d'électro-carburants) ou de première unité industrielle en France (BioTfuel® pour les carburants aériens durables, Futurol® pour la production de bioéthanol avancé). De nombreux défis sociétaux, économiques, scientifiques et technologiques doivent encore être levés pour accélérer cette transition. Il n'y aura pas une solution unique, les enjeux liés à la disponibilité limitée des ressources et à leur usage sont clés, d'où la nécessité de gérer le sujet de manière systémique. On a ainsi besoin de renforcer la R&I pour répondre au mieux aux attentes sociétales et aux enjeux énergétiques et écologiques de demain. La mise en place d'approches partenariales (tant avec des laboratoires académiques, groupements de recherche, organismes de recherche appliquée, qu'avec des groupes industriels, PME ou start-up) devrait être accentuée dans les prochaines années, en France, en Europe et à l'international.

Ces interventions montrent que les ruptures scientifiques et technologiques nécessaires pour lever les verrous de la transition environnementale ont bien été identifiées. Cependant une bonne moitié des technologies nécessaires à cette transition ne sont pas encore à un niveau mature, y compris dans le domaine de l'énergie ! On constate néanmoins qu'une importante partie du Budget de France 2030 et autres financements porte sur « la décarbonation rapide de l'industrie », alors qu'il est également prioritaire de poursuivre et d'amplifier la recherche fondamentale et l'innovation dans tous les domaines stratégiques.

La vision des industriels de la chimie

Pour le troisième volet de cette rencontre, nous avons demandé au secteur industriel de la chimie (grandes entreprises et PME) de nous faire part de leur réflexion et vision en cette période de transition.

Parmi les grandes entreprises

Pour BASF, « la chimie est au cœur des transformations profondes de notre société » car « elle fournit et fournira les solutions pour construire l'économie résiliente et décarbonée de demain ». Ses innovations permettront la construction de filières industrielles européennes dans le domaine des batteries, des énergies renouvelables, de l'hydrogène, des semi-conducteurs ou des médicaments, notamment.

Que ce soit dans le cadre du *Green Deal*, de la *Transition Pathway* ou du Contrat stratégique de filière, la chimie s'est engagée depuis quatre ans dans une transition que nous aimons à qualifier de « double transition jumelle ». Effectivement, en moins de 30 ans, nous devons atteindre la neutralité climatique, la circularité, digitaliser nos process, tout en passant à des produits chimiques sûrs et durables.

Quatre objectifs ambitieux, alignés avec les valeurs de BASF, qui s'est doté dès les années 1990 d'un département développement durable, mais aussi d'indicateurs économiques, environnementaux et sociaux permettant de qualifier son portefeuille, tout en optimisant l'utilisation de ses ressources (eau, déchets de gaz de synthèse, chaleur fatale).

Si BASF a réussi à diviser par deux ses émissions de GES entre 1990 et 2018 tout en doublant sa production, et si nous sommes capables de fournir l'empreinte carbone de nos

45 000 produits et solutions, **la route vers la neutralité carbone est encore longue, et il va falloir pour l'atteindre des projets et des investissements.**

Côté projets, nous n'en manquons pas, puisque nous travaillons activement à la **décarbonation de nos outils de production**, que ce soit à travers l'électrification de nos vapocraqueurs et de nos boilers, la fabrication d'hydrogène bas carbone *via* la pyrolyse du méthane et l'électrolyse de l'eau ou encore la capture du carbone pour ne citer que les plus gros chantiers.

La **biomasse** et les **matières premières renouvelables** ne sont pas laissées de côté puisqu'en 2022, BASF a consommé 1,2 million de tonnes de matières premières renouvelables issues d'huiles végétales, sucre, graines et bois principalement. Enfin, le **recyclage chimique** mais aussi l'amélioration du tri et la requalification des déchets plastiques vont dans le sens d'une meilleure circularité des plastiques.

La durabilité est le moteur de l'innovation et l'innovation est le moteur de la durabilité. Il n'y aura pas ou peu de progrès sans l'expertise en recherche et développement des industriels.

Dans un environnement international de plus en plus concurrentiel (IRA et concurrence asiatique pour ne citer que les plus évidents), et une re-répartition des ressources dues à une modification de la demande (métaux rares et batteries), il est important pour l'industrie d'avoir accès à des financements. Pour cela il faut un **cadre réglementaire stable, ambitieux et pragmatique**. Il est crucial de veiller à ce que cette transformation ne compromette pas notre compétitivité mondiale, alors que nous nous efforçons de maintenir notre position de fournisseur fiable au sein des chaînes de valeur stratégiques.

La réalisation de cette transformation nécessitera des investissements substantiels, s'élevant à des milliards d'euros à réaliser d'ici 2050. **Nous avons besoin de la certitude que l'Europe reste un endroit attrayant à investir pour notre industrie.**

BASF est en faveur d'un dialogue politique et d'un cadre réglementaire fondés sur la science et l'innovation et contribue *via* ses associations et de façon constructive sur la façon dont la réglementation sur les produits chimiques peut être mise en œuvre. Les produits chimiques sont le point de départ de presque toutes les industries. Par conséquent, il est essentiel que toutes les parties prenantes s'engagent activement dans le processus de co-mise en œuvre. Notamment à travers :

- La mise en place d'infrastructures dans les secteurs de l'énergie, de l'hydrogène et de la circularité ;
- Des feuilles de route européennes et nationales définissant les priorités et fléchant les investissements majeurs nécessaires.
- Une feuille de route réglementaire solide et un enchaînement réaliste des mesures permettant une transition viable dans des conditions favorisant l'accès aux investissements et au financement.

Une meilleure réglementation serait de réduire les charges réglementaires et d'éliminer les incohérences. C'est essentiel pour renforcer la compétitivité en sachant que la chimie fournit 96 % de l'industrie.

Pour L'Oréal, le leader mondial dans le domaine des cosmétiques, les priorités pour dépasser la transition actuelle sont les suivantes :

Dans le cadre de la transition de la chimie, il est important d'adopter une **approche holistique**, « *life cycle-based* » prenant en compte les impacts environnementaux et sociaux

des produits tout au long de leur cycle de vie. En outre il est nécessaire de :

Maintenir et accroître la Recherche & Développement et les collaborations

- **Soutenir la recherche académique.** Les centres de recherches publics ont un très grand rôle à jouer dans cette transition sur le court, moyen et long terme. L'Oréal a mis en place en 2018 un laboratoire commun avec le Laboratoire de Chimie des Polymères Organiques (LCPO) à Bordeaux dédié à l'innovation des polymères « verts ».

- **Collaborer pour innover** est absolument essentiel ; il est donc crucial de nouer des partenariats et de développer de nouvelles façons de travailler avec des partenaires externes. En tant qu'end user, des groupes comme L'Oréal peuvent jouer le rôle de catalyseur de ce changement mais, comme le dit très bien le rapport de la Commission, il y a un besoin de transparence et de partage de données tout au long de la chaîne de valeur pour stimuler l'innovation !

Certains sujets ne seront « crackés » qu'en adoptant une **approche multipartenaire** impliquant plusieurs end-users et parfois même des concurrents (la coopération comme certains l'appellent).

Soutenir l'industrie et en particulier les start-ups

Le gouvernement et l'Union européenne doivent continuer le soutien à l'innovation et la montée en échelle et ceci de l'échelle labo jusqu'à la première usine – *"first of a kind" facilities* comme mentionné dans le rapport de la Commission. En outre, les partenariats public-privé (CBE Joint Undertaking) ont un rôle-clé à jouer dans la transition verte, et en particulier l'industrialisation de technologies durables. L'Oréal vient d'ailleurs de rejoindre The Bio-Based Industries Consortium (BIC), le partenaire privé dans ce partenariat entre la commission et le monde industriel.

Soutenir les compétences et la formation

Pour que cette transformation soit réussie, *l'upskilling* ou le *reskilling* est un élément essentiel, (cf. rapport de la Commission).

- Il y a un vrai besoin de monter des **programmes de formations dédiés** à la durabilité (*sustainability*) et au digital (autre thème du rapport).

- Il est aussi important que **l'enseignement secondaire et universitaire** continue à évoluer pour répondre aux besoins de l'industrie en intégrant un programme consistant dédié au développement durable tout au long du cycle de formation (éviter les petits modules de début et de fin d'années !)

Prévoir des méthodes d'évaluation scientifique robustes

Ce 4^e volet d'évaluation de la performance environnementale est très important pour cette transition afin d'assurer que les produits développés à partir de ressources renouvelables ou circulaires soient vraiment durables « *truly sustainable* ».

Une molécule bio-sourcée, par exemple, n'est pas toujours plus performante d'un point de vue environnemental que son équivalent pétro (analyse ACV).

L'Oréal mandate des experts externes pour développer ces méthodes (et souvent avec d'autres acteurs de l'industrie).

Accompagner les consommateurs

Enfin, il est aussi extrêmement important d'accompagner le consommateur dans cette transition en l'aidant à faire des choix de consommation plus responsables.

- Au niveau du groupe, un système d'affichage environnemental et social destiné à informer les consommateurs sur l'impact environnemental de nos produits a été mis en place.

- La société est également engagée depuis deux ans dans une démarche de co-construction d'un score commun (à l'ensemble de l'industrie cosmétique) et mondial baptisée EcoBeautyScore.

Pour Veolia, entreprise de référence de la transformation écologique, la boussole qui guide ses choix stratégiques et ses activités, se traduit par un engagement de performance plurielle et créateur de valeur pour toutes les parties prenantes. Veolia s'engage à accorder le même niveau d'attention et d'exigence à ses performances économiques, financières, commerciales, humaines, sociales et environnementales. Cet engagement nous guide dans la manière dont ils accompagnent nos clients, en recherchant les solutions les plus efficaces en termes techniques et économiques, mais qui ont également un impact positif pour les personnes et les territoires.

Programme Veolia Chemical transition pathway

En 2019, Veolia a structuré un programme « Chemical Transition Pathway » pour consolider des actions initiées depuis quelques années, accélérer la Transformation Écologique et Industrielle en ne se concentrant pas uniquement sur le CO₂ mais avec une approche holistique, en intégrant l'ensemble des limites planétaires et des enjeux de ressources et de pollution. Ce programme a été structuré autour de 3 briques : le dialogue et les alliances, l'exemplarité, un modèle d'affaire responsable avec des offres, des solutions et des technologies conçues ou reconçues pour être sûres et durables.

La première action (*en cours d'évolution*) était d'établir un langage commun et une vision commune de ce qu'est la chimie durable et comment la développer par la proposition co-construite d'une première définition de la transition chimique. Cette démarche a été structurée autour du dialogue et d'une alliance pour une approche holistique, avec plusieurs objectifs :

- Ouvrir le dialogue avec transparence depuis 2015 avec **l'ensemble des acteurs (public et privé), des géographies et une approche transgénérationnelle** ;

- Engager nos parties prenantes en continu, dans un processus où les actions à mener ont des **temporalités différentes** ;

- Définir ensemble une première version du concept de transition chimique pour sortir de l'obsession du CO₂ ou du plastique (enjeu-clé, mais approche parcellaire).

Cette première version d'un cadre pour la transition chimique, écho au Global Framework on Chemicals (GFC), adoptée en septembre 2023 à Bonn, s'est appuyée sur la proposition d'un nouveau modèle : le **modèle SPC**, pour clarifier la chaîne de valeur (et les différents acteurs associés) et faciliter la cartographie des cadres réglementaires existants et des solutions existantes. Par analogie avec les différents « scopes CO₂ », le modèle SPC peut être découpé en trois « scopes » :

- Scope 1. **S** pour **Sourcing et Supply** : la chimie que nous achetons, utilisons, concevons, transformons et vendons.

- Scope 2. **P** pour **dePollution et decarbonisation** : la chimie que nous décontaminons et que nous décarbonons.

- Scope 3. **C** pour **Circularity** : la chimie que nous récupérons, recyclons et remettons sur le marché.

Il s'agissait également de rappeler des fondamentaux scientifiques : **le cycle de la chimie/la matière (de la mine à la mine)**, avec le concept de mine élargie à la notion d'économie circulaire : les déchets des uns sont des matières premières potentielles pour d'autres).

En parallèle, différentes actions et initiatives ont été menées et/ou en cours de développement avec différentes parties prenantes autour de l'exemplarité et des solutions proposées, avec en particulier :

- La sécurité avant tout pour les employés et les parties prenantes de Veolia, dans les différentes opérations.
- Aider nos clients municipaux et industriels, dans toutes les géographies, à être proactifs et maintenir leur « *sustainable license to operate* » SLO/licence d'exploitation durable SLO.
- Innover pour des solutions sûres et durables en utilisant les principes de la chimie verte et durable.

SEPPIC, une société d'Air Liquide Healthcare, filiale du groupe Air Liquide, est une entreprise qui crée, fabrique et commercialise depuis plus de 80 ans des ingrédients uniques pour la santé, le bien-être et la beauté. Sa vision est d'aider chacun à vivre bien et en bonne santé dans un environnement sain en fournissant des ingrédients sûrs et brevetés à la performance objectivée.

- Certifiée Platinum Ecovadis, SEPPIC agit de manière responsable et progresse sur les aspects sociaux, sociétaux et environnementaux. Son programme RSE (nommé Caring) repose sur trois piliers : des engagements pour ses collaborateurs, pour l'environnement et pour ses parties prenantes.

- SEPPIC s'engage notamment dans la transition vers la bioéconomie en soutenant la durabilité, la traçabilité et la naturalité des ingrédients. Dans le cadre de son plan d'actions pour l'environnement, SEPPIC a des engagements et objectifs pour la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre, mais aussi un programme pour réduire ses impacts sur la biodiversité qui repose sur 4 axes :

RÉDUIRE les pressions générées par nos approvisionnements sur la biodiversité ;

INTÉGRER la biodiversité dans nos processus industriels et dans nos installations ;

CONTRÔLER les impacts des produits tout au long de leur cycle de vie ;

ENGAGER et soutenir nos parties prenantes en faveur de la biodiversité.

- SEPPIC a évalué les risques liés à la consommation d'eau sur ses sites en se référant à la carte « Aqueduct 3.0 Water Risk Atlas » du World Resource Institute et a pris des engagements pour améliorer sa gestion de l'eau du site le plus exposé.

Parmi les petites et moyennes entreprises

Les interventions des PME ont conduit, quant à elles, à un certain nombre de constats et recommandations, parmi lesquels :

La consolidation, le développement technologique et RSE

La société **Pennakem**, membre du groupe **Minafin**, se positionne comme pionnier et leader mondial des solvants furaniques biosourcés (solvants verts sous le nom de marque **Viridisol**[®]) et des intermédiaires ou ingrédients à structure furanique ou autres molécules obtenues à partir de structures cycliques mono-oxygénées en C5 et C6 mono ou di-substituées, ou obtenus par clivage catalytique du cycle furanique.

Au niveau du groupe **MINAFIN**, les entités manufacturières visent à **optimiser** et **intensifier les procédés** grâce à la mise en place d'une politique d'excellence opérationnelle en intégrant les principes de la chimie verte, là où cela est possible. Pour **Pennakem**, le développement d'arbres produits sur la base de molécules plateformes biosourcées reste un objectif majeur, ainsi que la sécurisation de l'approvisionnement des matières premières issues de la biomasse, et ce dans le respect des indicateurs de durabilité fixés en interne et par certains des marchés en aval ciblés.

L'innovation est un atout majeur des activités du groupe et doit permettre d'apporter des solutions durables pour les marchés ciblés, qui sont ceux de la santé, de la beauté et, plus généralement, des sciences de la vie entre autres. Pour **Pennakem**, l'objectif d'introduire de nouvelles molécules biosourcées innovantes sur le marché européen reste néanmoins parfois un dilemme en ce qui concerne les coûts de lancement, associés à l'enregistrement REACH. Pour des structures de taille modeste, un cadre réglementaire plus souple d'accompagnement pour la mise sur le marché de produits nouveaux, innovants et durables pourrait permettre d'intensifier l'émergence de nouvelles structures chimiques en substitution applicative de dérivés fossiles.

Le programme RSE de **Pennakem**, au sein du groupe **Minafin**, est structurellement tourné vers des valeurs fortes d'engagement sociétaux et environnementaux. Pour cela, **Pennakem** s'engage à remplir les besoins réglementaires et à suivre les meilleures pratiques en matière de sécurité et durabilité. Un plan d'actions au niveau groupe a été mis en place pour s'assurer de la traçabilité des activités et actions dans un cadre durable et contrôlé :

- **au niveau environnemental**. La société se concentre sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la gestion des déchets et des ressources en eau, la préservation de la biodiversité, ainsi que sur le respect des normes ISO, REACH et s'efforce de répondre au référentiel **EcoVadis** ;

- **au plan social**. **Pennakem** met l'accent sur la sécurité des employés, la santé au travail, le respect des droits de l'homme dans les chaînes d'approvisionnement et les partenariats établis.

Le choix de procédés biotechnologiques

Global Bioenergies propose une contribution à la transition environnementale *via* les biosciences. C'est une start-up créée en 2008, avec le soutien de partenaires publics et privés, qui a pour principal objectif le développement de bioprocédés à partir de renouvelables (issus de l'agriculture ou de la forêt) pour l'obtention d'hydrocarbures insaturés et de nombreux dérivés.

La mission essentielle consiste en le développement d'un écoprocédé de fermentation unique *via* un catalyseur enzymatique spécifique conçu au laboratoire pour produire de l'isobutène à partir de sucres. C'est donc un dossier particulièrement suivi pour des applications prioritaires dans les domaines de la cosmétique (isododécane) et des carburants d'aviation durables (SAF).

Les preuves de concept ont été transposés à l'échelle pilote et un nouvel appel de fonds est en cours pour la construction d'une unité industrielle.

Le choix d'une biomasse et la réglementation

La **Stéarinerie Dubois** est une entreprise industrielle (ETI) et familiale française, née en 1820, fortement exportatrice. C'est un producteur en France de corps gras technologiques

pour une multitude d'applications : cosmétique, santé, alimentaire, industrie. Les matières premières utilisées sont des acides gras et des alcools obtenus prioritairement à partir de matières premières végétales, renouvelables et durables. Une filière particulière à partir d'huile de palme a été mise en place pour répondre à une demande importante « clients », particulièrement pour des produits basés sur des acides et alcools à chaînes courtes (8 à 10 carbones). Cette filière n'est évidemment pas *a priori* exempte de critiques, mais un regroupement européen d'industriels responsables (l'ASD, *Action for Sustainable Derivatives*, association à laquelle appartient la Stéarinerie Dubois) veille au développement d'une filière durable en respectant les principes de développement durable. Ce type d'initiatives de l'industrie, auxquelles s'ajoute une réglementation européenne exigeante (par exemple l'application à partir du 1^{er} janvier 2024 du règlement européen contre la déforestation, EUDR) favorise le développement de filière durable pour les agroressources. **Mais il est important que les réglementations nouvelles intègrent aussi la préservation de la compétitivité des entreprises utilisatrices et exportatrices !** C'est tout l'enjeu de la « déclaration d'Anvers » initiée par l'industrie européenne^(†).

La vision du Comité stratégique de filière « Chimie et matériaux » et France Chimie

En décembre 2023 les principales recommandations pour la période 2023-2027 ont été présentées.

La filière regroupe les industries de la chimie, du papier-carton, de la plasturgie et du caoutchouc. Ces secteurs se caractérisent par leur forte valeur ajoutée, un emploi qualifié, une part d'investissement significatif, mais également une forte dépendance à une énergie compétitive. Dans le cadre du nouveau Contrat stratégique pour la période 2023-2027, la filière entend engager de nouveaux travaux selon les trois axes prioritaires définis par le Conseil national de l'industrie.

Tout d'abord sur le volet de la transition écologique avec la **nouvelle feuille de route de décarbonation**, dans la lignée des contrats de transition écologique des 50 sites les plus émetteurs en carbone, mais également avec un nouveau projet structurant dédié au **recyclage des composites**.

Ensuite, sur le volet **compétitivité et souveraineté**, la filière entame des travaux sur un cadre réglementaire favorable au développement de la **chimie biosourcée**.

En partenariat avec le CSF Santé, **redynamisation de la production des principes actifs et d'intermédiaires pharmaceutiques** critiques au service de la sécurité sanitaire. La filière s'engage à démarrer un travail sur les **besoins de consommations de biomasse pour des usages industriels**.

Enfin, sur le volet compétences, les branches de la filière continueront à déployer leur plan d'actions sur l'alternance, et de nouvelles actions doivent être engagées pour continuer d'améliorer l'égalité professionnelle et la mixité des métiers. Au travers d'un plan de transition sectoriel, il a été convenu des principales conditions de succès à réunir.

Cependant, l'industrie chimique en France a récemment été impactée par la crise énergétique. La flambée des prix de l'énergie, liée au conflit russo-ukrainien, a affaibli l'industrie chimique européenne et pourrait perturber l'élan vers la relocalisation et le renforcement des chaînes de valeur. L'écart de compétitivité entre l'Europe et les États-Unis concernant

les activités les plus énergivores s'est considérablement creusé au cours des dernières années. Cette situation de vulnérabilité doit être atténuée, compte tenu des liens étroits entre les activités de l'industrie chimique et le risque d'un « effet domino » des productions en amont affaiblies aux activités en aval, souvent critiques pour la transformation des produits de base et la production de biens à haute valeur ajoutée.

Pour toutes ces raisons, en avril 2024, France Chimie s'est engagée dans la définition d'un plan de transition sectoriel pour l'industrie chimique en France. Les priorités-clés sont de sécuriser un soutien à long terme pour les investissements productifs ; de garantir les conditions d'une décarbonation réussie ; de construire un cadre européen et national qui encourage la croissance et de répondre correctement aux besoins en compétences. Pour cela, cinq leviers prioritaires ont été identifiés pour une industrie de la Chimie souveraine en France :

- Répondre aux besoins en électricité bas carbone à un prix compétitif, dans un contexte où la prochaine régulation du nucléaire se doit de préserver l'attractivité du territoire France.
- Renforcer le plan France 2030 pour se battre à armes égales avec l'IRA (Inflation Reduction Act).
- Faciliter le recours aux instruments de défense commerciale pour rétablir une concurrence internationale équitable.
- Simplifier et stabiliser la réglementation, tout en l'adaptant aux nouvelles filières.

- Préserver la compétitivité de la recherche en France par le Crédit d'impôt recherche et capitaliser sur l'excellence académique de la chimie pour former les collaborateurs dont l'industrie manque et, surtout, manquera.

Pour chaque domaine de transformation, le plan fournit un rapport d'étape, présente des perspectives, énumère les conditions de réussite et souligne les obstacles à surmonter en termes de réglementation européenne. Il met également en évidence les progrès récents (grâce à la loi « Industrie verte ») pour renforcer encore l'attractivité de la France pour les investissements dans l'industrie et la chimie.

Ce document est la version nationale de la « *Transition Pathway for the Chemical Industry* » préparée par la Commission Européenne. Il inclut des éléments du nouveau contrat stratégique pour l'industrie « Chimie et Matériaux » signé le 6 décembre 2023 par les ministères de l'Économie, de la Transition écologique et du Travail, deux syndicats (CFDT, CFE-CGC) et les fédérations professionnelles de la chimie, des plastiques, du papier et du caoutchouc.

Conclusions et perspectives : vers une chimie exemplaire et durable

La chimie, en tant que **science et industrie**, doit se positionner comme un modèle d'exemplarité dans ses concepts et réalisations. En effet, le grand public, souvent prompt à critiquer les écarts, oublie parfois les contributions majeures de cette discipline, véritable « mère des industries », dans des secteurs essentiels à notre société : santé, alimentation, hygiène, agriculture, logement, mobilité, cosmétiques, etc., ainsi qu'en matière de gestion de l'eau, de l'air, des sols et d'énergie.

Les enjeux de la chimie durable sont au cœur des préoccupations des acteurs publics et privés. Parmi les priorités, on retrouve la diversification des ressources, le recours à des énergies propres, des procédés plus économes, le recyclage des matières et l'innovation scientifique. Ces problématiques

^(†)<https://antwerp-declaration.eu/> (consulté le 16/12/24).

exigent des solutions cohérentes, articulées sur des horizons à court, moyen et long terme. Toutefois, il est largement admis qu'une part significative des technologies nécessaires à la transition environnementale n'a pas encore atteint un niveau de maturité suffisant.

Priorités identifiées lors de cette rencontre

Recherche, innovation et digitalisation

Les défis scientifiques et techniques à relever pour accompagner cette transition s'articulent autour de l'**Écoconception**. Celle-ci incarne une chimie qui :

- produit des composés et matériaux à **faible impact environnemental**, issues de ressources durables et de molécules plateformes, en intégrant la recyclabilité, le recyclage et la réincorporation des matériaux recyclés ;
- utilise des procédés optimisés et efficaces, intégrant notamment la digitalisation ;
- emploie des sources d'énergie renouvelables ou bas carbone ;
- respecte les règles environnementales et sanitaires tout en promouvant l'économie circulaire, en limitant l'appauvrissement des ressources et l'accumulation de déchets.

Formation : sensibiliser et former les acteurs de demain

La transition vers une chimie durable repose en grande partie sur l'éducation et la formation des générations futures. Former scientifiques, ingénieurs, chimistes et concepteurs aux principes de la chimie verte et durable est essentiel pour répondre aux défis environnementaux et économiques de demain.

- En France, le projet de Chimie Verte Academy, soutenu par le programme Compétences et Métiers d'avenir (CMA) de France 2030, illustre cette ambition.

Lancé officiellement le 3 décembre 2024 par Grégory Chatel (Université Savoie Mont Blanc), ce programme réunit cinq universités réparties sur le territoire national (Savoie Mont Blanc, Poitiers, Strasbourg, Picardie Jules Verne et Toulouse III), trois Campus des métiers et des Qualifications d'excellence (CMQe), trois pôles de compétitivité (Axelera, B4C et Végepolys Valley), la Société Chimique de France et des partenaires privés de différents secteurs de la chimie. La Chimie Verte Academy vise à :

1. former étudiants et professionnels tout au long de leur carrière ;
2. promouvoir la chimie verte auprès du grand public et des scolaires ;
3. sensibiliser les entreprises aux enjeux d'une filière d'excellence nationale.

- Les étudiants de l'École de Chimie de Paris ont initié une série de conférences pour réfléchir à l'évolution de l'enseignement des sciences et de la chimie en France, en revenant aux fondamentaux tout en intégrant les principes de la chimie verte. Ce type d'initiative pourrait être élargi et institutionnalisé au niveau national pour accélérer la transition éducative vers une chimie plus durable. Une proposition pourrait être adressée au ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur et au ministère de l'Éducation Nationale pour soutenir cette démarche. L'ANRT et les différentes écoles de chimie françaises (et européennes) discutent également à la possible intégration de modules de chimie verte obligatoires dans toutes les formations scientifiques.

À l'échelle internationale, d'autres initiatives notables émergent.

- Aux États-Unis, John Warner, considéré comme l'un des pères de la chimie verte, a lancé une initiative en collaboration avec le Parlement américain il y a trois ans pour repenser les programmes de formation en chimie. Parmi les avancées majeures, on peut citer la création de centres de chimie et d'ingénierie vertes, ainsi que le développement de la Green Chemistry Academy, dédiée à la formation des jeunes. Cette initiative propose des kits pédagogiques et des formations destinés aux enfants et adolescents de 12 à 18 ans, actuellement déployés aux États-Unis, en Australie, au Royaume-Uni et en Asie. Des modules ciblant les jeunes adultes de 18 à 25 ans, ainsi que la formation continue, sont également en cours de développement. L'audition de John Warner et Paul Anastas en 2021 devant le Parlement, suivie de l'adoption de la loi de programmation fiscale la même année, a donné une impulsion significative à ce projet. Selon Paul Anastas, cette loi reconnaît l'importance cruciale des découvertes en chimie verte pour les missions de toutes les agences fédérales, qu'il s'agisse de l'énergie, de l'agriculture, du commerce, de la défense ou encore de la santé publique.

- Enfin, en Allemagne, l'INKULAB à Berlin s'appuie sur l'entrepreneuriat pour intégrer la chimie verte dans les formations. Ces exemples montrent qu'une action coordonnée, notamment avec des modules obligatoires dans les formations scientifiques, est cruciale pour accompagner cette transition.

Décarbonation et gestion des ressources : vers une approche équilibrée

La transition vers une économie durable implique de repenser la manière de réduire les émissions de gaz à effet de serre tout en tenant compte des spécificités chimiques et industrielles. Le terme « décarbonation », souvent utilisé, peut prêter à confusion dans le contexte des bioressources. En chimie, le carbone renouvelable est un élément-clé pour construire des alternatives durables, ce qui nécessite une approche plus nuancée que la simple réduction des sources carbonées.

Les priorités s'articulent autour de plusieurs axes stratégiques :

- Décarboner les procédés énergétiques, physiques, chimiques et agricoles : réduire l'empreinte carbone des activités industrielles grâce à des énergies bas carbone accessibles et abordables.
- Valoriser les ressources carbonées renouvelables : encourager l'utilisation de bioressources durables, issues de filières responsables, en complément des ressources fossiles.
- Exploiter des ressources minérales abondantes : privilégier des matériaux et métaux disponibles localement pour limiter l'impact environnemental de l'extraction et du transport.
- Optimiser la gestion de l'eau : améliorer son utilisation, réduire les gaspillages et répartir cette ressource essentielle de manière équitable.
- Renforcer l'économie circulaire et le recyclage : développer des solutions pour limiter la consommation de matières premières vierges et maximiser la réutilisation des matériaux tout au long de leur cycle de vie.

Ces efforts combinés permettront de construire une économie moins dépendante des énergies fossiles, tout en assurant une gestion responsable des ressources naturelles et des matières.

Cohérence, articulation, et simplification des actions

Pour accélérer la transition vers une chimie durable, il est crucial de garantir une meilleure coordination des initiatives, tant au niveau national qu'européen, et de simplifier les cadres d'action. L'Union Européenne joue un rôle-clé en mettant en place des plateformes de soutien pour accompagner les parties prenantes dans leurs parcours de transition. Les projets soumis dans ce cadre, ainsi que les travaux des groupes d'experts et task forces, offrent des pistes concrètes pour renforcer l'impact des actions en cours, comme l'a souligné Mme Schreiber.

Les entreprises, quant à elles, ont besoin de **stabilité et de visibilité** pour planifier leurs investissements. Cela passe par :
- des priorités claires en matière de durabilité,
- la définition de nouvelles règles de « license to operate », intégrant des normes pour le design et le redesign des produits sur l'ensemble de leur cycle de vie.

Par ailleurs, la **création de valeur** dans l'industrie chimique nécessite une redéfinition des modèles économiques. Entre les exigences de la CSRD, les taxonomies vertes et les divers Green Deals (pas seulement le Green Deal de l'UE), il devient essentiel de développer des métriques universelles, comparables au rôle du CO₂ dans le cadre des objectifs climatiques, pour mesurer la durabilité tout au long du cycle de vie des produits. Cela permettra de bâtir une **compétitivité équilibrée et tournée vers l'avenir**.

Alliances et partenariats : des leviers essentiels pour la chimie durable

Les alliances et partenariats sont essentiels pour accompagner la transition vers une chimie durable. Acteurs industriels, académiques, agences publiques et ONG doivent collaborer pour maximiser l'impact des initiatives. En France, l'Agence de programme « Climat, biodiversité, sociétés durables », confiée au CNRS en 2024, illustre cette dynamique.

Coordonnant 31 partenaires majeurs (Ademe, CEA, Inserm, etc.), elle vise à optimiser les efforts de recherche et à accélérer les réponses aux défis environnementaux. Cette initiative s'inscrit dans une stratégie globale avec six autres agences thématiques abordant des enjeux tels que l'énergie décarbonnée, l'agriculture durable ou les infrastructures numériques.

Ces programmes visent à renforcer les synergies entre acteurs, stabiliser les priorités réglementaires et promouvoir des outils de mesure pour évaluer l'impact environnemental sur tout le cycle de vie des produits. Parallèlement, l'Union européenne soutient cette transition *via* des plateformes structurantes et des financements innovants. En favorisant la coopération à tous les niveaux, ces partenariats permettent de construire une chimie compétitive et durable, capable de répondre aux défis globaux tout en soutenant l'innovation et l'économie circulaire.

Conclusion : construire une chimie d'avenir

Pour réussir cette transition, l'engagement des acteurs académiques, industriels et politiques est primordial. L'Écoconception, la formation des générations futures et une vision cohérente à l'échelle européenne sont les piliers d'une chimie durable, capable de répondre aux défis environnementaux tout en préservant compétitivité et innovation.

Actions futures des deux Divisions de la SCF

Les actions à venir seront principalement axées sur la communication écrite et orale au plus large de tous ces échanges dont la feuille de route TPCI, ainsi que des résultats des travaux déjà initiés suite à l'appel à projets de la Communauté européenne. Une focalisation sera également faite sur l'importance vitale de l'écoconception afin de développer la connaissance de tous les critères et outils, dont en particulier les tests et méthodes prédictifs, ainsi que les méthodes de mesure, déjà à disposition. Cette connaissance et ces pratiques semblent en effet essentielles afin de bien évaluer et anticiper les principaux impacts tout au long du cycle de vie des produits tout en préservant une compétitivité et une économie durables pour les applications industrielles.

Joel BARRAULT*, directeur de recherche honoraire CNRS,
Division de chimie durable de la SCF.

*joel2.barrault@gmail.com

