

De la transition à la mutation : quelle chimie pour demain ?

Grégory CHATEL

Directeur de la Chimie Verte Academy, maître de conférences HDR à l'Université Savoie Mont Blanc.

✉ gregory.chatel@univ-smb.fr

Les 17 et 18 septembre derniers, plus de 340 acteurs engagés dans les projets « Compétences et Métiers d'Avenir » (CMA) se sont réunis à l'Université Sorbonne Nouvelle, à Paris, pour leur rencontre nationale. Au-delà du bilan d'un dispositif désormais largement déployé, ces journées ont permis d'interroger la manière dont les investissements de France 2030 peuvent accompagner des transformations qui dépassent la seule création de nouvelles formations. En invitant les lauréats à penser désormais en termes de « mutation », de pérennisation et de prospective, Bruno Bonnell, secrétaire général pour l'investissement, a ouvert plusieurs pistes de réflexion qui trouvent un écho particulier dans les évolutions actuelles de la chimie.



Intervention de Bruno Bonnell lors de la rencontre nationale des lauréats CMA, 17 septembre 2026, Université Sorbonne Nouvelle (photo : G. Chatel).

Cette rencontre nationale des lauréats « Compétences et Métiers d'Avenir » a réuni 342 participants, dont 275 représentants des projets lauréats, autour des équipes du Secrétariat général pour l'investissement (SGPI), des ministères, de l'Agence nationale de la recherche (ANR) et de la Banque des Territoires. Lancé en décembre 2021, le dispositif CMA compte désormais 234 projets, soutenus à hauteur d'environ 1,3 milliard d'euros, et le SGPI indique que 353 000 personnes ont déjà été formées, avec pour ambition d'atteindre 400 000 personnes formées par an à l'horizon 2030.

Ces résultats donnent la mesure prise par le programme sans pour autant résumer son impact. Lors de son intervention, Bruno Bonnell a lui-même insisté sur une fragilité : le taux moyen de remplissage des projets CMA reste de l'ordre de 75 %, avec des situations très différentes d'une formation à l'autre. Il en fait même l'un des principaux points de vigilance du programme. Développer de nouvelles formations ne suffit donc pas, encore faut-il qu'elles rencontrent leur public, qu'elles répondent à des besoins clairement identifiés et qu'elles permettent aux futurs étudiants de comprendre à quelles transformations ils pourront contribuer.

Cette question trouve un écho particulier en chimie. Les besoins industriels évoluent rapidement, tandis que les enjeux associés à l'énergie, aux ressources, à l'environnement, à la réindustrialisation ou à la souveraineté deviennent de plus en plus structurants. Dans le même temps, l'attractivité de la discipline demeure un enjeu récurrent. Former aux métiers

d'avenir suppose donc non seulement de transmettre de nouvelles compétences, mais aussi de rendre plus visible la place que la chimie peut occuper dans les transformations industrielles et environnementales des prochaines décennies. C'est dans ce contexte qu'une formule employée par Bruno Bonnell mérite une attention particulière : « *Il faut oublier le mot transition [...] le vrai mot, c'est mutation.* »

De la transition à la mutation

Depuis plusieurs années, les notions de transition énergétique, écologique ou industrielle se sont imposées dans les politiques publiques comme dans les stratégies des entreprises. Parler de mutation va cependant plus loin : il ne s'agit plus seulement de faire évoluer progressivement un système existant, mais de prendre en compte des transformations simultanées liées à l'énergie, aux ressources, au climat, aux tensions géopolitiques ou encore au numérique, qui modifient en profondeur les procédés, les chaînes d'approvisionnement et les modèles industriels.

La chimie est directement concernée par ces évolutions, parce qu'elle transforme la matière, mobilise de l'énergie et fournit des molécules et des matériaux essentiels à de très nombreux secteurs. L'enjeu ne consiste donc plus seulement à réduire les consommations, les émissions ou les déchets des procédés existants, mais aussi à réinterroger les ressources utilisées, les voies de transformation, les produits fabriqués, leurs usages et leur devenir.

Cette évolution renforce la pertinence d'une approche systémique de la chimie verte. Les principes qui ont accompagné son développement restent des repères fondamentaux, mais ils conduisent aujourd'hui à considérer conjointement matières premières, efficacité des transformations, énergie, eau, toxicité, impacts environnementaux et fin de vie. Une solution ne peut plus être appréciée uniquement à l'échelle d'une réaction ou d'un rendement. Elle doit être replacée dans l'ensemble du système auquel elle appartient.

Cette dimension apparaît également dans plusieurs projets CMA, où la chimie n'est pas toujours explicitement affichée dans les intitulés mais reste présente à travers la décarbonation, les bioressources, les biotechnologies industrielles, les matériaux, le recyclage, l'hydrogène ou encore la valorisation du CO₂. Cette diversité rappelle que la transformation à venir

ne reposera vraisemblablement ni sur une ressource unique ni sur une technologie dominante, mais sur la combinaison de solutions adaptées aux différents procédés, produits et usages (voir encadré).

Des CMA complémentaires autour des transformations de la chimie

Plusieurs projets lauréats « Compétences et Métiers d'Avenir » illustrent cette diversité d'approches et montrent comment différentes dimensions de la transformation de la chimie se traduisent déjà en besoins de compétences :

- **La Chimie Verte Academy** porte une approche transversale de la chimie verte, depuis l'attractivité et la formation initiale jusqu'à la formation continue et l'accompagnement des entreprises. Elle associe notamment ressources renouvelables ou recyclées, économie circulaire, éco-procédés et évaluation environnementale, dans une logique nationale réunissant plusieurs universités et partenaires socioéconomiques.

- **DecarboChim** se concentre sur les compétences nécessaires à la décarbonation des industries de la chimie, du génie chimique et du génie des procédés, avec la construction de référentiels et de formations partagés à l'échelle nationale.

- **BIORAF** aborde la transformation de la biomasse végétale dans une logique de bioraffinerie intégrée, en associant procédés chimiques et biotechnologiques et en considérant l'ensemble de la chaîne, de la bioressource jusqu'aux produits et à leur évaluation environnementale.

- **FIBI - Formations Innovantes en Biotechnologies Industrielles** développe les compétences nécessaires aux produits biosourcés et aux biotechnologies industrielles, avec l'objectif d'accompagner le développement de la bioéconomie et les besoins de compétences associés.

- **CAP3R - Compétences Avenir Plasturgie** travaille sur les compétences nécessaires dans les domaines des polymères, composites et textiles, en particulier celles liées à la recyclabilité, au recyclage et à l'utilisation de matières recyclées, en formation initiale comme en formation continue.

- **MERCASO - MESurer, Réduire, CAPter, STocker** les émissions industrielles de CO₂ associe mesure des impacts, analyse de cycle de vie, matériaux pour l'énergie, recyclage, capture, stockage et valorisation du CO₂, avec des formations initiales, continues et doctorales.

Pris ensemble, ces projets abordent des briques différentes mais complémentaires. Décarboner l'énergie, défossiliser les matières premières, développer les biotechnologies, valoriser la biomasse, recycler davantage les matériaux ou utiliser le CO₂ comme ressource potentielle ne constituent pas des trajectoires concurrentes, mais différentes dimensions d'une même transformation du système chimique et industriel.

De l'investissement à la transformation durable

Les échanges de ces journées montrent également que France 2030 entre progressivement dans une nouvelle phase. Après le lancement des projets, l'enjeu porte désormais davantage sur leur impact et sur leur capacité à perdurer au-delà des financements initiaux. Bruno Bonnell l'a formulé très directement : « *La première mission, c'est la pérennisation.* » Cette pérennisation ne repose pas uniquement sur la recherche de nouveaux financements. Elle suppose aussi que les actions développées puissent progressivement s'intégrer dans les stratégies des établissements, leurs projets pédagogiques et leurs cartes de formation. L'objectif est ainsi de passer d'initiatives financées pour quelques années à des transformations capables de faire évoluer durablement les compétences, les pratiques et les interactions entre formation, recherche et entreprises.

Une électricité bas-carbone au service de la transformation de la chimie

Parmi les perspectives évoquées, Bruno Bonnell a qualifié de futur « or blanc » l'électricité bas-carbone dont la France pourrait disposer dans les prochaines décennies, en posant la question de sa transformation en valeur industrielle. Pour la chimie, cette disponibilité peut constituer un levier important : électrochimie et électrosynthèse, production d'hydrogène bas-carbone, électrification de certains procédés, valorisation du CO₂ ou recyclage sont autant de voies susceptibles d'en bénéficier.

Cet avantage énergétique ne suffit cependant pas, à lui seul, à répondre à l'ensemble des enjeux environnementaux associés à la chimie. L'origine des matières premières, la consommation de ressources et d'eau, la toxicité ou encore la fin de vie des produits restent déterminantes. Pour l'industrie chimique, il faut donc distinguer la décarbonation de l'énergie de la défossilisation de la matière : une partie du carbone fossile n'est pas brûlée, mais incorporée aux molécules produites. Réduire cette dépendance suppose alors de combiner, selon les applications, ressources renouvelables, matières recyclées, coproduits ou CO₂ avec de nouvelles voies de transformation rendues notamment possibles par une énergie bas-carbone.

Lorsque les contraintes accélèrent l'innovation

En évoquant les tensions actuelles sur l'énergie et le prix des carburants, Bruno Bonnell a rappelé que certaines crises peuvent accélérer l'évolution des choix technologiques. Pour la chimie, cette question est particulièrement importante : la pétrochimie s'est développée à partir de ressources fossiles abondantes et de chaînes industrielles optimisées depuis plusieurs décennies, ce qui explique aussi la profondeur de la dépendance actuelle.

Une hausse durable du prix du pétrole, des tensions d'approvisionnement ou des contraintes environnementales ne constituent évidemment pas des situations souhaitables en elles-mêmes, mais elles peuvent modifier rapidement les conditions économiques et stratégiques dans lesquelles les technologies sont comparées. Des voies longtemps pénalisées par leur coût ou leur maturité peuvent alors devenir plus pertinentes : recours à des matières premières recyclées ou biosourcées, procédés catalytiques, biotechnologiques ou électrochimiques, ou encore nouvelles voies de valorisation du CO₂.

La transformation ne reposera probablement pas sur le remplacement du pétrole par une ressource unique, mais sur la combinaison de solutions adaptées aux molécules, aux procédés et aux usages. Dans ce contexte, la chimie verte ne consiste pas seulement à réduire les impacts du système existant : les contraintes sur l'énergie, les ressources ou les émissions peuvent aussi devenir des moteurs d'innovation, à condition que la recherche ait suffisamment anticipé pour disposer de solutions lorsque leur déploiement devient nécessaire.

Anticiper les évolutions et faire évoluer les compétences

La rapidité des transformations explique un autre message fort de ces journées : la nécessité de renforcer la veille et la prospective. Bruno Bonnell a invité les projets à continuer

d'ajuster leurs formations et à identifier leurs « trous dans la raquette », c'est-à-dire les évolutions insuffisamment anticipées lors de la conception initiale des projets. L'intelligence artificielle en constitue un exemple particulièrement visible en chimie, mais d'autres transformations liées aux ressources, à l'eau, au recyclage, aux biotechnologies, à l'électrification des procédés ou aux évolutions réglementaires peuvent être tout aussi structurantes.

Les fondamentaux de la chimie resteront indispensables, mais les outils, les technologies et les critères utilisés pour concevoir et évaluer molécules et procédés continueront d'évoluer. Cette dynamique donne une importance particulière à la formation continue, également identifiée comme une priorité possible d'une prochaine phase du programme CMA. La transformation de l'industrie chimique ne pourra en effet pas reposer uniquement sur les futurs diplômés : chercheurs, ingénieurs et techniciens actuellement en activité devront eux aussi intégrer progressivement de nouvelles ressources, de nouveaux procédés et de nouvelles méthodes d'évaluation.

La formation constitue ainsi l'une des conditions permettant de transformer les avancées scientifiques et technologiques en réalités industrielles. Une électricité bas-carbone ne devient un avantage que si les procédés permettant de l'utiliser sont développés. La diversification des matières premières suppose de savoir transformer et évaluer de nouvelles ressources. Les outils numériques et l'intelligence artificielle ne prennent pleinement leur sens qu'associés à une compréhension solide de la chimie et des contraintes industrielles.

Les journées nationales CMA auront ainsi dépassé le seul bilan d'un programme de formation. Les notions de mutation, de pérennisation et de prospective renvoient directement aux transformations auxquelles la chimie est confrontée. Celles-ci ne reposeront vraisemblablement pas sur une technologie ou une ressource unique, mais sur la combinaison de nouvelles sources de matières premières, de nouvelles voies de transformation et de nouveaux outils d'évaluation. Dans cette évolution, la chimie verte fournit un cadre pour réduire les impacts des pratiques actuelles, mais aussi pour concevoir et anticiper les solutions appelées progressivement à les compléter ou à les remplacer.

Références

- C. Buyck, « Les projets CMA sont "une réussite" mais le "gros échec" reste "l'insuffisant taux de remplissage" (Bruno Bonnell, SGPI) », AEF info, dépêche 756924, 18/09/2026.

- Secrétariat général pour l'investissement, *Présentation du dispositif Compétences et métiers d'avenir*, www.info.gouv.fr/organisation/secretariat-general-pour-l-investissement-sgpi/competences-et-metiers-d-avenir-presentation

- ANR, *France 2030, Compétences et Métiers d'Avenir : clôture de la Saison 2 et annonce de 40 nouveaux lauréats*, 19/09/2025, <https://anr.fr/fr/actus/details/news/france-2030-competences-et-metiers-d-avenir-cloture-de-la-saison-2-et-annonce-de-40-nouveaux-laur>

La rubrique « Chimie Verte Insights » est coordonnée par Grégory CHATEL (gregory.chatel@univ-smb.fr). Elle est en téléchargement libre sur www.lactualitechimique.org



ChemoSapiens

Use The Brain

ChemoSapiens est la plateforme intelligente qui connecte les organismes de recherche avec un réseau mondial de fournisseurs de confiance, simplifiant les achats et accélérant la découverte scientifique.

Produits



Blocs de construction



Catalyseurs et ligands



Science des matériaux



Sciences du vivant



Composés de criblage



Essentiels de laboratoire

Comment ça marche ?

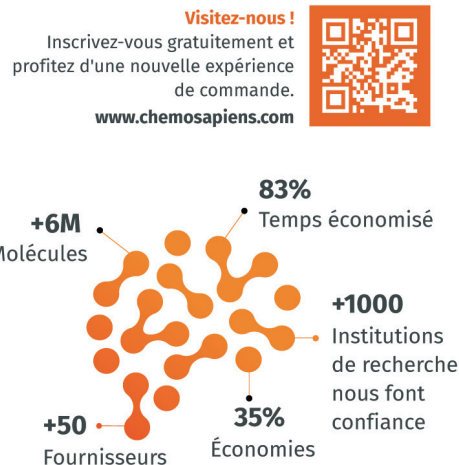
Recherchez parmi plusieurs fournisseurs

Comparez les conditions

Optimisez chaque achat avec nos outils avancés d'approvisionnement

Commandez auprès de plusieurs fournisseurs en une seule fois

Centralisez le support et le suivi des commandes



Services

Gestion des douanes
Accédez à des fournisseurs internationaux en évitant les formalités douanières

Chimie sur mesure
Nous vous aidons à obtenir des molécules difficiles à trouver, des matières premières et des tarifs de gros