

Chimie verte et développement durable : le cas du BUT Chimie à Castres

Comment transformer l'essai ?

Dominique AGUSTIN

<https://doi.org/10.63133/scf.act-chim.2026.518.06>

Cet article présente l'intégration progressive de la chimie verte et du développement durable dans la formation Bachelor Universitaire de Technologie (BUT) Chimie de l'IUT TAC, situé à Castres [1]. Cette démarche, inscrite dans le cadre national du BUT, bénéficie du lien particulier recherche-enseignement des enseignants-chercheurs du département (notamment du Laboratoire de Chimie de Coordination [2]) dont les activités de recherche sont liées à certains principes de la chimie verte (catalyse, valorisation de la biomasse, réactions sans solvant organique) [3].

Le BUT Chimie situé à Castres est organisé en trois parcours : Analyse–Contrôle–Qualité–Environnement (ACQE), Synthèse (SYNT) et Matériaux et Produits Formulés (MPF). Selon le cadrage national, l'évaluation de la formation repose sur 60 % de ressources (enseignements) et 40 % de situations d'apprentissages et d'évaluations (SAE), favorisant une pédagogie utilisant l'approche par compétences et par projets.

Approche des éco-concepts

Dès la première année, les étudiants sont sensibilisés aux enjeux généraux de la catalyse et de l'écoconception, principes inhérents de chimie verte et de développement soutenable. La catalyse est enseignée lors du cours de cinétique. Ils découvrent les processus homogènes, hétérogènes et enzymatiques, les phénomènes physiques associés, ainsi que le gain d'énergie obtenu grâce à la catalyse (figure 1). Le lien direct avec la recherche est illustré par des exemples issus du laboratoire local (figure 2) [4].

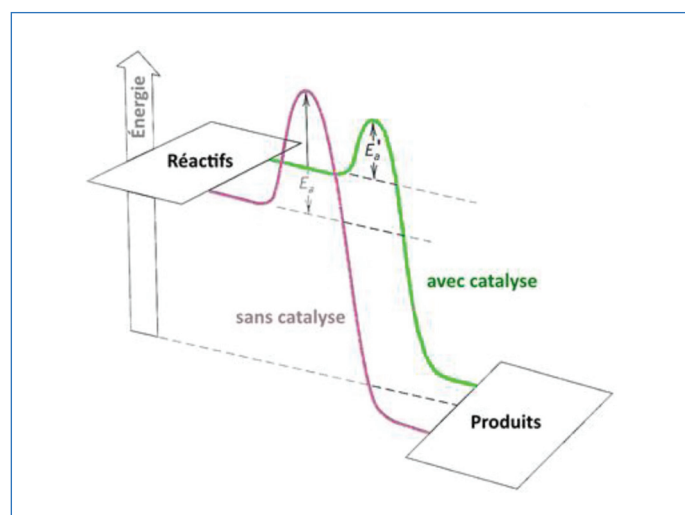


Figure 1 - Schéma énergétique d'une réaction sans catalyse (rouge) et avec catalyse (vert).

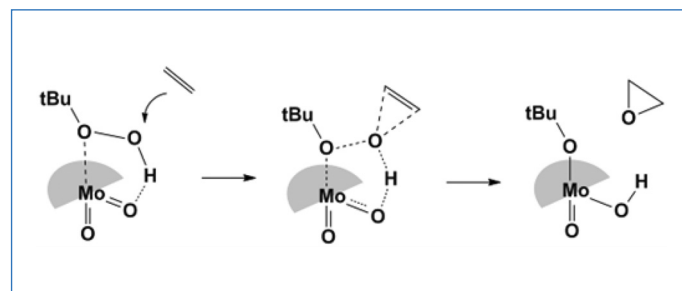


Figure 2 - Schéma simplifié de l'état de transition d'une réaction d'époxydation [4].

En cours d'écoconception sont abordés la chimie et la vie du papier, un matériau biosourcé à « vie multiple ». Une SAE « deuxième vie d'un objet » associée à ce cours amène les étudiants à revaloriser des matériaux pour créer un objet totalement différent et exposer leurs réalisations lors d'événements locaux (festival Futurs Proches [5], exposition à la Maison de Campus). Un jeu interactif sur l'impact carbone d'actions quotidiennes, initialement imaginé par des étudiants à partir de cette SAE, a été retravaillé et proposé comme activité ludo-pédagogique aux étudiants de BUT1 des départements de l'IUT TAC lors du festival Futurs Proches.

Ateliers « prises de conscience » au-delà-du laboratoire

En deuxième année, le développement durable est clairement présenté via les Objectifs de Développement Durable [6], la problématique du réchauffement climatique illustrée par des documents du GIEC [7], des présentations de l'Atecopol [8], ainsi que la Fresque du Climat [9]. Les 12 principes de la chimie verte [10] sont présentés et illustrés par des exemples de recherche locaux (figure 3) [11]. Il y a mise en application des *métriques vertes*⁽¹⁾ à partir d'un article pédagogique [12] lors d'un TD d'application, mais aussi en relatant des expériences industrielles [13]. Des présentations sont faites sur l'analyse de cycle de vie (ACV) [14], le coût carbone (avec mise en application lors de l'Atelier 2 Tonnes [15]) (figure 4), l'écoconception et l'économie circulaire [16]. La biodiversité n'est pas oubliée avec un cours associé à la Fresque de la Biodiversité [17]. Tout ceci a pour but de former les étudiants aux enjeux qui dépassent les périmètres des laboratoires. Des SAE spécifiques portent sur des sujets divers notamment en lien avec des projets liés à la chimie verte : catalyse, extraction et identification de composés naturels, utilisation de molécules biosourcées, réactions sans solvant, formulation de produits biosourcés et évaluation par des métriques vertes.

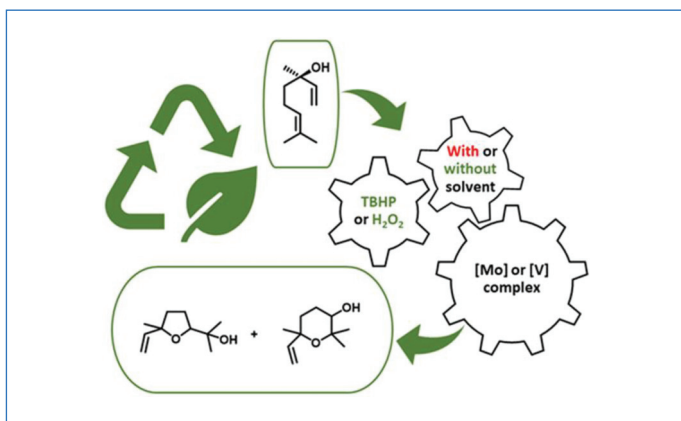


Figure 3 - Schéma simplifié de transformation du linalool par des complexes de molybdène ou de vanadium [11].



Figure 4 - Atelier 2 Tonnes.

Spécialisation « cœur de métier »

En troisième année, les enseignements se spécialisent. En parcours ACQE, les étudiants réalisent notamment des analyses environnementales avec une HPLC « verte », remplaçant le méthanol par l'éthanol. Ce dernier, potentiellement biosourcé, offre une force éluante plus élevée et réduit les temps de rétention, mais augmente la pression du système, ce qui peut accélérer l'usure de la chaîne analytique. En parcours SYNT, les étudiants travaillent sur les solvants verts, l'activation sous toutes ses formes et la biocatalyse. Les étudiants du parcours MPF abordent l'écotoxicologie, le rôle des solvants dans l'écoconception et réalisent un TP de formulation (gel douche bio), avec l'intervention d'industriels [18]. L'ensemble de cette vision du développement durable vise à former des chimistes citoyens responsables, capables de concevoir des procédés et produits à plus faible impact environnemental, d'évaluer leurs performances via des indicateurs et de relier théorie, pratique et recherche. Sur cette terre de rugby, le projet est porté par une équipe pluridisciplinaire (enseignants, enseignants-chercheurs, professionnels) et s'alimente d'interactions fortes avec des dispositifs en lien avec la chimie (Decarbochim [19], Chimie Verte Academy [20]) ou interdisciplinaires (TIRIS [21]), avec les actions de la Division Chimie Durable de la SCF (Mardis de la Chimie Durable

et autres webinaires associés [22]). Cette approche globale fait du BUT Chimie de Castres un exemple de transformation réussie vers la transition écologique, où la chimie peut être un levier de solutions durables.

(1) Les métriques vertes (ou *green metrics* en anglais) sont des équations simples qui permettent de rendre compte de réactions « économes » en atomes, sobres en matières, en considérant tous les composés non recyclés utilisés lors de la réaction (intégrant le traitement post-réactionnel). Ces équations sont bien résumées et expliquées dans les références [11-13].

[1] <https://iut-univ-tlse3.fr/bachelor-specialite-chimie>

[2] www.lcc-toulouse.fr

[3] J. Pisk, D. Agustin, Molybdenum, Vanadium, and Tungsten-Based Catalysts for Sustainable (ep)Oxidation, *Molecules*, **2022**, 27, 6011, <https://doi.org/10.3390/molecules27186011>

[4] J. Morlot, N. Uytendaele, D. Agustin, R. Poli, Solvent-Free Epoxidation of Olefins Catalyzed by "[MoO₂(SAP)]": A New Mode of *tert*-Butylhydroperoxide Activation, *ChemCatChem*, **2013**, 5, p. 601-11, <https://doi.org/10.1002/cctc.201200068>

[5] <https://futurs-proches.univ-toulouse.fr>

[6] www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable

[7] www.ipcc.ch/languages-2/francais

[8] <https://atecopol.hypotheses.org/6544>

[9] <https://fresqueduclimat.org>

[10] P. T. Anastas, J. C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York, **1998**, p. 30.

[11] A. A. Haidar, D. Agustin, Role of organic solvent and influence of oxidant in the oxidation of linalool catalyzed by molybdenum and vanadium complexes, *Tetrahedron Green Chem.*, **2023**, 2, 100029, <https://doi.org/10.1016/j.tgchem.2023.100029>

[12] J. Andraos, M. Sayed, On the Use of "Green" Metrics in the Undergraduate Organic Chemistry Lecture and Lab To Assess the Mass Efficiency of Organic Reactions, *J. Chem. Ed.*, **2007**, 84, 1004, <https://doi.org/10.1021/ed084p1004>

[13] F. Pin, J. Picard, S. Dhulot, GreenScore: A User-Friendly Tool for Assessing the Sustainability of Chemical Processes, *Org. Proc. Res. Dev.*, **2025**, 29, p.1715-26, <https://doi.org/10.1021/acs.oprd.5c00047>

[14] <https://economie-circulaire.ademe.fr/evaluation-environnementale>

[15] www.2tonnes.org

[16] www.economiecirculaire.org

[17] www.fresquedelabiodiversite.org

[18] www.galeniform.com

[19] DecarboChim - Former les acteurs de la chimie à la décarbonation, Site de l'ANR, <https://anr.fr/ProjetIA-23-CMAS-0029/>

[20] G. Chatel, Retour sur le lancement de la Chimie verte Academy, *L'Act. Chim.*, **2025**, 501, p. 8-10, <https://new.societechimiquedefrance.fr/numero/retour-sur-le-lancement-de-la-chimie-verte-academy-p8-n501>

[21] TIRIS - Toulouse Initiative for Research's Impact on Society, <https://tiris.univ-toulouse.fr>

[22] G. Chatel, D. Agustin, What is Green Chemistry? Quand John C. Warner inspire la nouvelle génération, *L'Act. Chim.*, **2025**, 508-509, p. 13-15, <https://new.societechimiquedefrance.fr/numero/what-is-green-chemistry-quand-john-c-warner-inspire-la-nouvelle-generation-p13-n508-509>

Dominique AGUSTIN*, professeur de l'Université de Toulouse¹, vice-président de la Division Chimie Durable de la SCF.

¹ Université de Toulouse / IUT Toulouse Auch Castres (IUT TAC) / Département Chimie, Castres, Laboratoire de Chimie de Coordination.

*dominique.agustin@iut-tlse3.fr / dominique.agustin@utoulouse.fr