

La photochimie organique et ses applications industrielles.

Norbert HOFFMANN

*CNRS, Université de Reims Champagne-Ardenne, ICMR, Équipe de Photochimie,
UFR Sciences, Reims,*

Dès le début de la chimie scientifique, les chimistes se sont intéressés aux réactions induites par absorption de la lumière. Rapidement, on a remarqué l'intérêt d'étudier ces réactions en vue des applications en synthèse organique. En 1908, devant la Société Chimique de France, le chimiste italien en Giacomo Ciamician, inspiré par la photosynthèse des plantes vertes, a développé des perspectives pour une industrie chimique non polluante basée sur des réactions photochimiques et enzymatique.[1] Cet événement peut être considéré comme le début de la chimie durable (Green Chemistry).[2]

Contrairement aux réactions thermiques, les réactions photochimiques sont initiées à l'état électroniquement excité dans lequel la configuration électronique est différente. En conséquence la réactivité chimique des molécules excitées se distingue considérablement ; elle est parfois complémentaire à la réactivité ordinaire d'un composé. Par ce fait les transformations photochimiques enrichissent la méthodologie en synthèse organique.[3] Dans ce contexte, on peut remarquer les points suivants:

- Les synthèses multi-étapes des composés complexes peuvent être raccourcies et simplifiées.
- De nombreuses familles de composés deviennent accessibles ou plus facilement accessible.
- Des réactions dans des structures supramoléculaires, comme les cristaux sont facilement réalisées.
- La chimie rédox des composés organiques est enrichie. Les réactions photoredox catalysées avec la lumière visible ont significativement contribuées à la renaissance fulgurante de la photochimie appliquée en synthèse organique [4]
- Les différentes formes de catalyse sont favorablement influencées.[5]
- Dans beaucoup de réactions, le photon est un réactif qui ne laisse pas de traces (traceless reagent).[6] Dans ce cas, aucun réactif chimique (acide, base, métal,...) ou un groupement activant n'est nécessaire.
- Les transformations sont souvent faciles à mettre sur l'échelle industrielle.[7]
- L'utilisation des microréacteurs et des procédés en flux continu (continuous flow) facilitent les transformations photochimiques.[8]

Les liens traditionnellement forts entre la photochimie organique et la physicochimie permettent une analyse et une compréhension approfondies des mécanismes ce qui facilite l'optimisation des réactions.[9] Depuis environ deux à trois ans, l'industrie chimique et pharmaceutique s'intéressent fortement aux réactions photochimiques dans le but de trouver de nouveaux produits biologiquement actifs et de développer des procédés écologiquement et économiquement avantageux.

Références

- [1] G. Ciamician, Sur les actions de la lumière. *Bull. Soc. Chim. Fr.* **1908**, 3-4, i-xxvii. Voir aussi: G. Ciamician, The photochemistry of the future. *Science* **1912**, 36, 385.
- [2] A. Albini, M. Fagnoni, Green chemistry and photocchemistry were born at the same time. *Green Chem.* **2004**, 6, 1. A. Albini, M. Fagnoni, 1908 Giacomo Ciamician and the concept of green chemistry. *ChemSusChem* **2008**, 1, 63
- [3] N. Hoffmann, Photochemical reactions as key steps in organic synthesis *Chem. Rev.* **2008**, 108, 1052; T. Bach, J. P. Hehn, Photochemical reactions as key steps in natural product synthesis. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2011**, 50, 1000. A. B. Beeler (Ed.) Numéro spécial : "Photochemistry in organic synthesis" *Chem. Rev.* **2016**, 116 (17).
- [4] C. R. J. Stephenson, T. P. Yoon, D. W. C. MacMillan (Eds.) *Visible light photocatalysis in organic synthesis*. Wiley-VCH, Weinheim, **2018**.
- [5] N. Hoffmann, Homogeneous photocatalytic reactions with organometallic and coordination compounds – Perspectives for sustainable chemistry *ChemSusChem* **2012**, 5, 352. C. Michelin, N. Hoffmann, Photosensitization and photocatalysis – Perspectives in organic synthesis. *ACS Catal.* **2018**, 8, 12046.
- [6] N. Hoffmann, Photochemical reactions of aromatic compounds and the concept of the photon as a traceless reagent. *Photochem. Photobiol. Sci.* **2012**, 11, 1613.
- [7] C. Michelin, C. Lefebvre, N. Hoffmann, Les réactions photochimiques à l'échelle industrielle. *Actual. Chim.* **2019**, 436, 19.
- [8] K. Mizuno, Y. Nishiyama, T. Ogaki, K. Terao, H. Ikeda, K. Kakiuchi, Utilization of microflow reactors to carry out synthetically useful organic photochemical reactions. *J. Photochem. Photobiol. C* **2016**, 29, 107. K. Loubière, M. Oelgemöller, T. Aillet, O. Dechy-Cabaret, L. Prat, Continuous-flow photochemistry: A need for chemical engineering. *Chem. Eng. Process.* **2016**, 104, 120.
- [9] M. Oelgemöller, N. Hoffmann, Studies in organic and physical photochemistry – an interdisciplinary approach. *Org. Biomol. Chem.* **2016**, 14, 7392.

Mots Clés : Chimie durable, Synthèse organique, Composés biologiquement actifs, Génie chimique, Chimie physique.