



La chimie en Midi-Pyrénées

par Jean-Jacques Bonnet¹

La structuration et le potentiel

Avec l'Île-de-France, Strasbourg et Lyon, la métropole toulousaine regroupe un potentiel de recherche des plus importants en France dans le domaine de la chimie. C'est en effet un ensemble de près de 1000 personnes (chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens, administratifs, doctorants et post-doctorants) qui œuvrent au tout meilleur niveau international dans 4 structures publiques de recherche pouvant regrouper des équipes issues différents laboratoires :

Structure fédérative toulousaine en chimie moléculaire - SFTCM (FR 2599)

- Laboratoire de chimie de coordination - LCC
- Laboratoire d'hétérochimie fondamentale et appliquée - LHFA
- Laboratoire interactions moléculaires et réactivité chimique et photochimique - IMRCP
- Laboratoire de catalyse chimie fine et polymères - LCCFP
- Laboratoire de synthèse et physicochimie de molécules d'intérêt biologique - SPCMIB
- Laboratoire pharmacochimie des substances naturelles et pharmacophores Redox - LP-SNPR
- Cemes - Groupe nanosciences

Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales - Cemes

- Groupe chimie des matériaux inorganiques

Centre interuniversitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux - Cirimat

- Laboratoire de chimie des matériaux inorganiques et énergétiques - LCMIE
- Laboratoire de physique des polymères - L2P
- Ecole nationale supérieure des ingénieurs en arts chimiques et technologiques - Ensiacet

Agroressources - INP-Ensiacet, INP-Ensat, Esap, Inra, Insa

- Laboratoire de chimie agro-industrielle
- Laboratoire des biotechnologies et amélioration des Plantes, BAP
- Laboratoire agrosystèmes cultivés et herbagers, Arche
- Laboratoire des biotechnologies et des bioprocédés, LBB
- Centre de bioingénierie Gilbert Durand

La communauté scientifique conduit des travaux en réseaux pluridisciplinaires, pour répondre à divers aspects de besoins sociétaux et économiques. Les moyens lourds d'investigation sont regroupés afin d'assurer une meilleure efficacité en 5 services :

- Plateforme scientifique et technique de la SFTCM : caractérisation et analyse
- Plateforme de microanalyse des matériaux du LMTG
- Plateforme de radio-fluoration
- Plateforme de frittage flash
- Service Temscan de microscopie électronique de l'UPS

Ce dispositif de recherche publique s'appuie sur des formations de qualité dispensées à l'Université Paul Sabatier (formation LMD, IUT de Castres) et à l'Ecole nationale supérieure des ingénieurs en arts chimiques et technologiques, (Ensiacet), l'Institut national des sciences appliquées, (Insat), l'Ecole nationale supérieure agronomique, (Ensat). Il est en relation étroite avec des industries régionales, nationales et internationales ainsi qu'avec les pôles de compétitivité régionaux, et partie prenante de plusieurs réseaux .

Principaux axes de recherche

Quatre grandes thématiques, toutes d'essence pluridisciplinaire, caractérisent les recherches en chimie en région Midi-Pyrénées : Chimie et santé, Chimie et matériaux, Chimie et développement durable, Chimie des agroressources.

1 - Chimie et Santé

L'engagement des chimistes de Midi-Pyrénées vis-à-vis des questions de santé est à la hauteur des défis qui restent encore considérables dans ce domaine. En effet, de nombreuses maladies restent encore non maîtrisées. On connaît celles que l'on croyait éradiquées ou que l'on croyait savoir guérir, comme les maladies infectieuses (tuberculose ou paludisme, par exemple) et pour lesquelles des phénomènes de résistance remettent en cause les



Fig 1 : Complexes organiques de terbium et d'euporium luminescents en présence d'un rayonnement UV (©CNRS/Cyril Fréssillon)

traitements jusqu'ici utilisés ; celles pour lesquelles peu de solutions thérapeutiques sont actuellement disponibles, comme les cancers ; enfin celles qui prennent aujourd'hui une ampleur alarmante comme les maladies neuro-dégénératives (Parkinson, Alzheimer), le sida ou encore les maladies à prion. A côté de ces grands thèmes, tous abordés dans les laboratoires de recherche publique de Midi-Pyrénées et pour lesquels des résultats sont à l'honneur de notre communauté, il convient de signaler des approches plus ciblées vers le traitement de l'athérosclérose ou du décollement de la rétine.

En utilisant la science «chimie» pour comprendre au niveau moléculaire les mécanismes d'une maladie, il s'agit pour les chimistes engagés dans cette thématique, de concevoir et de synthétiser de nouvelles molécules candidates pour être de nouveaux médica-

ments ou pour être utilisées en imagerie médicale. Les chercheurs de la SFTCM entretiennent des collaborations qui conduisent à créer un pôle de recherche « chimie et santé » productif et attractif sur les thématiques suivantes :

- Paludisme
- Tuberculose
- Maladies neuro-dégénératives
- Cancers
- Nano-thérapie
- Nano-diagnostic

Laboratoires impliqués : LCC, IMRCP, SPCMIB, LPSNPR

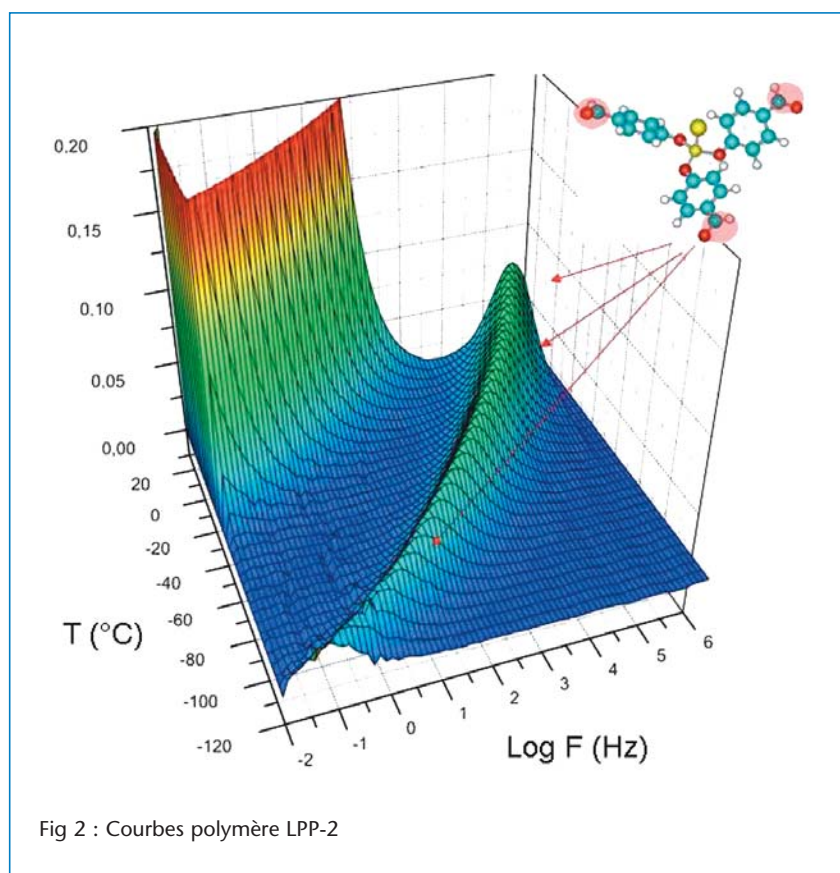
2 - Chimie et matériaux

Nos laboratoires développent des recherches de premier niveau

dans ce domaine avec comme objectifs (i) la conception, l'étude des propriétés physiques et l'ingénierie de matériaux à **nouvelles propriétés**, et (ii) la **miniaturisation**. La **chimie** est primordiale à chaque étape : quelque soit le matériau, le contrôle de la matière, de sa morphologie et de ses propriétés dépend de la conception des systèmes chimiques pré-curseurs et de la structuration des briques élémentaires.

Des **nanomatériaux** à base de métaux et d'oxydes métalliques, constitués de briques élémentaires parfaitement individualisées et de taille ultrafine (< 50 nm) sont élaborés à partir de pré-curseurs variés, en particulier métallorganiques. La stabilité colloïdale et l'individualisation des particules permettent leur post-modification de surface à façon, favorisant la préparation de matériaux à haute surface spécifique (catalyseurs, capteurs). Des matériaux moléculaires nano-structurés à propriétés conductrices, optiques et magnétiques (en particulier transition de spin) sont développés. Par ailleurs, face à la pénurie annoncée des énergies fossiles, le développement de matériaux à usage énergétique performant (stockage d'hydrogène) est très actif.

Les voies de **chimie douce**, autorisées par la nature des systèmes chimiques pré-curseurs, sont largement développées. Elles comprennent la thermo hydrolyse, le traitement hydrothermal, la précipitation stabilisée par des copolymères, la décomposition à basse température. Compte tenu



de la nécessité de limiter l'effet de serre, la prise en compte de procédés d'élaboration non polluants est au cœur des préoccupations de nos laboratoires.

Les matériaux étudiés sont destinés à être utilisés dans des domaines de pointe.

- la micro et la nanoélectronique : capteurs chimiques, téléphonie mobile, systèmes photoluminescents,
- la production d'énergie : piles à combustible, stockage électrochimique, photovoltaïque,
- La catalyse : nanotubes de carbone,

Laboratoires impliqués : LCC, CIRIMAT, IMRCP, LCCFP

3 - Chimie et développement durable

La contribution de la chimie au développement sociétal s'est accélérée durant les deux derniers siècles avec l'acquisition de connaissances fondamentales, qui ont fait de la chimie une discipline scientifique à part entière. L'apport de la chimie à la société moderne est désormais incontournable (produits pharmaceutiques, fibres textiles, fertilisants, peintures, polymères, capteurs, matériaux pour l'électronique,). Cependant, toute transformation chimique réalisée au niveau industriel a un impact sur l'environnement. L'évaluation et l'autorisation nécessaires pour l'introduction sur le marché de nouveaux composés chimiques font désormais l'objet d'une attention

particulière (nouvelle législation REACH). La recherche toulousaine est très attentive à l'impact de la chimie sur l'environnement et développe différentes actions destinées à proposer des solutions alternatives aux procédés coûteux ou polluants.

Economie d'énergie

L'amélioration de l'efficacité d'un catalyseur permet de réaliser la même transformation dans des **conditions plus douces** et entraîne donc une diminution de la consommation d'énergie. A cette fin, des études portent sur la conception et la mise au point de nouveaux systèmes catalytiques performants ainsi que sur l'influence des conditions opératoires (solvant, co-catalyseurs, ...).

Economie de matières premières

Certaines réactions conduisant à des intermédiaires industriels ou produits pharmaceutiques nécessitent plusieurs étapes, chacune mettant en jeu des réactifs spécifiques (bases fortes, acides forts, solvants). La conception de nouveaux processus catalytiques, permet de **diminuer le nombre d'étapes d'une synthèse** et de limiter en même temps la co-production de déchets polluants. Les **réactions «à économie d'atomes»**, dont l'hydroamination des oléfines est un exemple, sont particulièrement recherchées. De même, la transformation de composés chimiques issus de matières premières renouvelables (ex : terpènes) permet de bénéficier de squelettes carbonés déjà très élaborés pour la synthèse de produits à haute valeur ajoutée. La **valorisation des sous-produits**

est désormais prise en compte : parfois formés en grandes quantités au niveau industriel et habituellement incinérés, ils sont utilisés comme matières premières pour d'autres synthèses.

Transfert de technologie : solvants «verts» et réactifs chimiques non polluants

De nombreuses transformations chimiques sont réalisées, au niveau industriel, dans des solvants organiques dangereux (inflammables, volatils et toxiques) avec des réactifs parfois coûteux ou toxiques. Le remplacement de ces solvants par des **solvants «verts»** et de ces **réactifs** par d'autres **plus sûrs** et moins contraignants (par ex : phosgène par l'anhydride carbonique pour les carboxylations, hydroperoxydes organiques ou oxydes d'amines par l'eau oxygénée ou l'oxygène atmosphérique pour les oxydations), est un défi industriel considérable. Il entraînerait également des avantages économiques (élimination d'étapes de distillation et recyclage, limitation de pertes en catalyseur, ...) et environnementaux (non dispersion de solvants dans l'environnement, diminution des risques chimiques). La recherche toulousaine est particulièrement engagée dans l'étude de processus chimiques et électrochimiques d'intérêt industriel en milieu aqueux ou dans des liquides ioniques.

Réduction de la quantité de sous-produits : réactions sélectives

L'amélioration de la sélectivité de transformations chimiques à

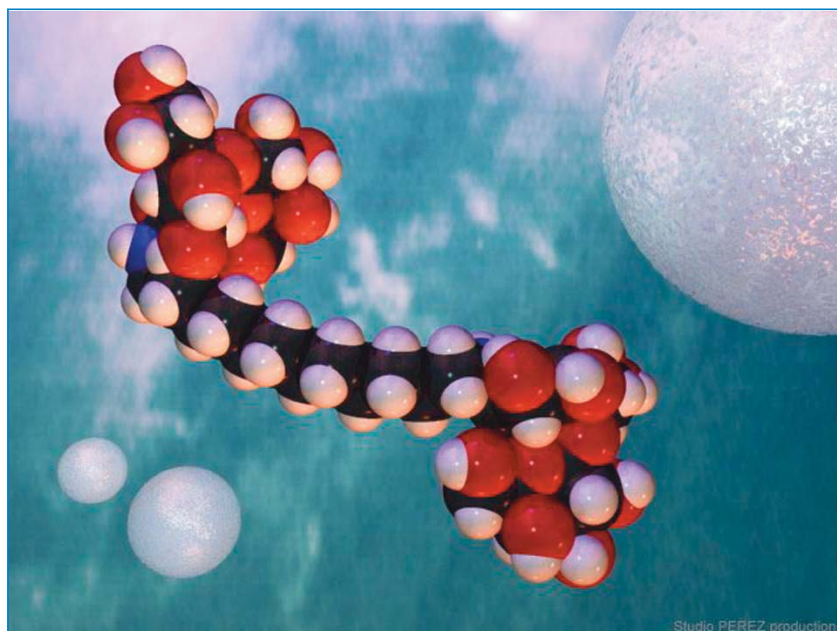


Fig 3 : Vésicules de bolaformes (©Studio Perez Production)

grande échelle contribue de manière déterminante à la **diminution de la quantité de produits secondaires**, limite la nécessité de séparations et de purifications et améliore la productivité du procédé. La catalyse joue un rôle déterminant dans cette thématique: un effort particulier est consacré par plusieurs équipes à la conception et à l'évaluation de complexes à ligands chiraux pour la catalyse asymétrique. La maîtrise de la stéréosélectivité des réactions est particulièrement importante pour la synthèse de produits pharmaceutiques, obligatoirement commercialisés sous forme énantiomériquement pure. La maîtrise de la stéréochimie des réactions est également indispensable pour la production de produits phytosanitaires.

Laboratoires impliqués : LCC, LHFA, LCCFP, SPCMIB

4 - Chimie des agroressources

L'acquisition de connaissances sur les structures chimiques et les propriétés des agro-molécules ainsi que l'étude de leurs réactivités constituent l'essentiel de cette démarche scientifique. La Valorisation non-agroalimentaire (Vana) des produits et des co-produits de l'agriculture et de la forêt ainsi que les sous-produits issus des agro-industries en concrétisent la facette finalisée. Ces deux approches complémentaires sont à la base d'une stratégie de recherche autour du thème «**la transformation chimique des agro-ressources**».

Midi-Pyrénées est une région fortement agricole. Sa production d'oléagineux est très importante. La présence en région Midi-Pyrénées d'industriels semenciers majeurs, français et étrangers (dont Caus-

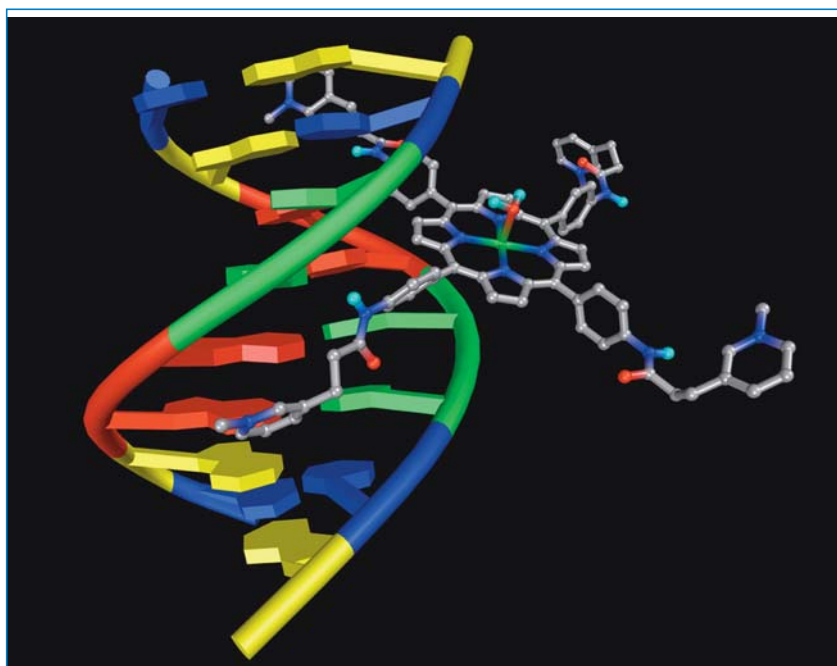


Fig 4 : "ADN et métalloporphyrine" (©Philippe Arnaud)

sade Semences, RAGT, Pioneer, Soltis, Syngenta et Monsanto), est un point important pour le développement des nouvelles variétés de plantes oléagineuses adaptées aux exigences des industriels du non-alimentaire.

La transformation des matières premières végétales peut être rendue possible grâce à une industrie chimique régionale qui s'engage dans le processus de **chimie verte du carbone renouvelable**. En recherche, Midi-Pyrénées présente le plus fort engagement français dans le domaine dit Vana dans lequel ses chercheurs ont été des précurseurs dès 1977. Ceci se traduit notamment :

- dans le domaine de la **chimie des huiles végétales** (Lipochimie): par une masse critique très importante de près de 30 chercheurs répartis dans différentes structures.

- dans le domaine de **l'élaboration des agromatériaux** couplé au fractionnement de la matière végétale : par une exploitation des fibres végétales. Le lien entre l'aspect académique et le monde économique de ces travaux de recherche est assurée par Agromat.

- dans le domaine des **métabolites secondaires** (huiles essentielles, colorants, phytostérols) : par l'obtention de produits à activités biologiques respectueux de l'environnement et de la santé de l'homme (en réponse à la réglementation européenne REACH).

L'ensemble des travaux dans ces 3 domaines s'appuie tout naturellement sur la mise au point de nouvelles techniques de dosage et de caractérisation et par un parc analytique performant et

spécifique aux molécules mises en jeu.

L'originalité et la force de Midi-Pyrénées est de regrouper toutes les disciplines nécessaires à la filière Vana, qui nécessite une intégration, une multidisciplinarité, et une complémentarité dans divers domaines : La sélection variétale (Génomique), la mise en culture (Agronomie), la mise au point d'agro-produits et des procédés associés (Chimie, Biochimie).

La recherche s'appuie sur des Centres de ressources technologiques (CRT), le Réseau régional de recherche technologique «Agroressources et Biotechnologies», mis en place par le Ministère de la Recherche et de la Technologie et le Conseil Régional Midi-Pyrénées. Ces structures assurent le transfert de technologie vers le monde économique.

Laboratoires impliqués : Laboratoire de chimie agro-industrielle, Laboratoire des biotechnologies et amélioration des plantes, Laboratoire Arche, Laboratoire des biotechnologies et bioprocédés, Centre de bioingénierie Gilbert Durand.

Positionnement national et international

Seuls sont signalés les pôles de compétitivités et réseaux d'excellence relevant des «Sciences chimiques»

Chimie et Santé

- Pôle de compétitivité Cancer Bio Santé - CBS
- Cancéropôle (en préparation)

Chimie et matériaux

- Pôle de compétitivité Aéronautique, Espace, Systèmes embarqués - AESE
- Réseau d'Excellence 6^e PCRD «Magmanet»
- Réseau d'Excellence 6^e PCRD «Alistore»
- Réseau d'Excellence 6^e PCRD «Complex Metallic Alloys»

Chimie et développement durable

- Réseau d'Excellence 6^e PCRD «Idecat»

Chimie des agroressources

- Pôle de compétitivité Agri (en préparation)
- Réseau régional de recherche technologique «Agroressources et biotechnologies»

Formation

Les équipes de recherche de la thématique «Sciences chimiques» sont rattachées à 4 écoles doctorales de l'Université Paul Sabatier (UPS Toulouse III), de l'Institut national polytechnique de Toulouse (INPT), et de l'Insa. Les mentions impliquant la chimie sont indiquées pour chacune d'elles.

Ecoles doctorales

Chimie : 120 doctorants

- Chimie et physico chimie des éléments de transition
- Chimie des biomolécules et application



Fig 5 : Dispositif pour réaction catalytique sous pression. (©HFA/CNRS)

• Chimie moléculaire et supra-moléculaire

• Physico chimie théorique

Matériaux - Structure - Mécanique : 89 doctorants

• Science et génie des matériaux

Physique et nanophysique : 57 doctorants

• Nanophysique, nanocomposants, nanomesure

Transferts, dynamique des fluides, énergétique et procédés : 22 doctorants

• Sciences des agroressources

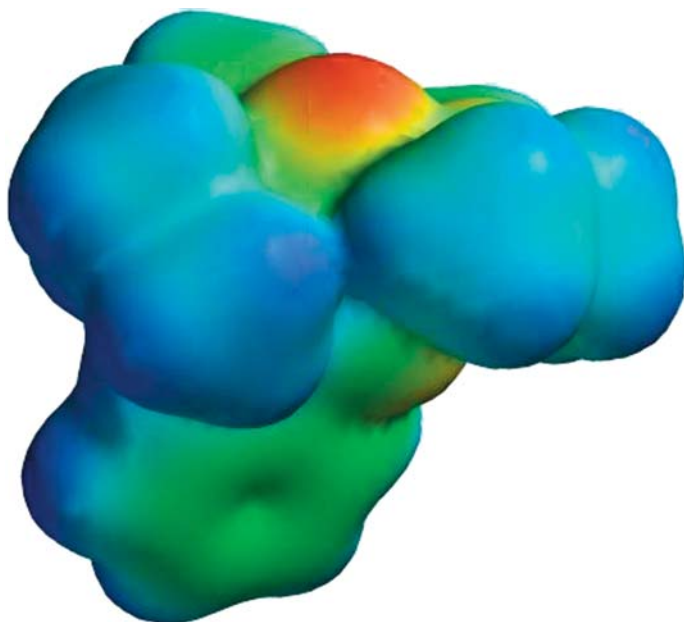


Fig 6 : Densité électrostatique pour un carbodiphosphorane cyclique. (©HFA/CNRS)

Transfert et applications

Chimie et santé

Création de la société «Palumed», issue du Laboratoire de Chimie de Coordination, qui développe avec Sanofi-Aventis une nouvelle molécule anti-paludique.

Chimie et Matériaux

De nombreux projets font l'objet d'études de développement indus-

triel en collaboration avec plusieurs sociétés.

Des structures de transferts facilitent les échanges académiques et avec le milieu industriel.

Chimie et développement durable

Le développement de l'utilisation de nouveaux solvants est effectué en collaboration avec Solvionic SA : start-up qui développe une chimie de spécialité dans le domaine des liquides ioniques

Chimie des agroressources

Des structures assurent le transfert de technologie vers le monde économique.

- Halle de démonstration semi-industrielle de fabrication d'agromatériaux : Agromat
- Centres de ressources technologiques (CRT) : CRITT-Catar Agroressources, et Critt-Bio-Industries.
- Plateforme Technologique «Lipochimie»

Deux entreprises régionales ont été créées :

- Bois-Valor
- Vegeplast

Ainsi, malgré de nombreuses difficultés liées aux problèmes actuels de l'industrie chimique dans notre région, la recherche en Chimie maintient son activité tant au niveau national qu'international.

Contact : Jean Jacques Bonnet : jjb@lcc-toulouse.fr

1 Professeur Université Paul Sabatier