

Bulletin de l'Association des anciens et des amis du CNRS n°50

Auteur(s) : CNRS

Les folios

En passant la souris sur une vignette, le titre de l'image apparaît.

73 Fichier(s)

Les relations du document

Ce document n'a pas de relation indiquée avec un autre document du projet.□

Citer cette page

CNRS, Bulletin de l'Association des anciens et des amis du CNRS n°50, 2009-05

Valérie Burgos, Comité pour l'histoire du CNRS & Projet EMAN (UMR Thalim, CNRS-Sorbonne Nouvelle-ENS)

Consulté le 24/02/2026 sur la plate-forme EMAN :

<https://eman-archives.org/ComiteHistoireCNRS/items/show/206>

Copier

Présentation

Date(s)2009-05

Genrepériodique

Mentions légalesFiche : Comité pour l'histoire du CNRS ; projet EMAN Thalim (CNRS-ENS-Sorbonne nouvelle). Licence Creative Commons Attribution - Partage à l'Identique 3.0 (CC BY-SA 3.0 FR).

Editeur de la ficheValérie Burgos, Comité pour l'histoire du CNRS & Projet EMAN (UMR Thalim, CNRS-Sorbonne Nouvelle-ENS)

Information générales

LangueFrançais
CollationA4

Informations éditoriales

N° ISSN1268-1709

Description & Analyse

Nombre de pages73

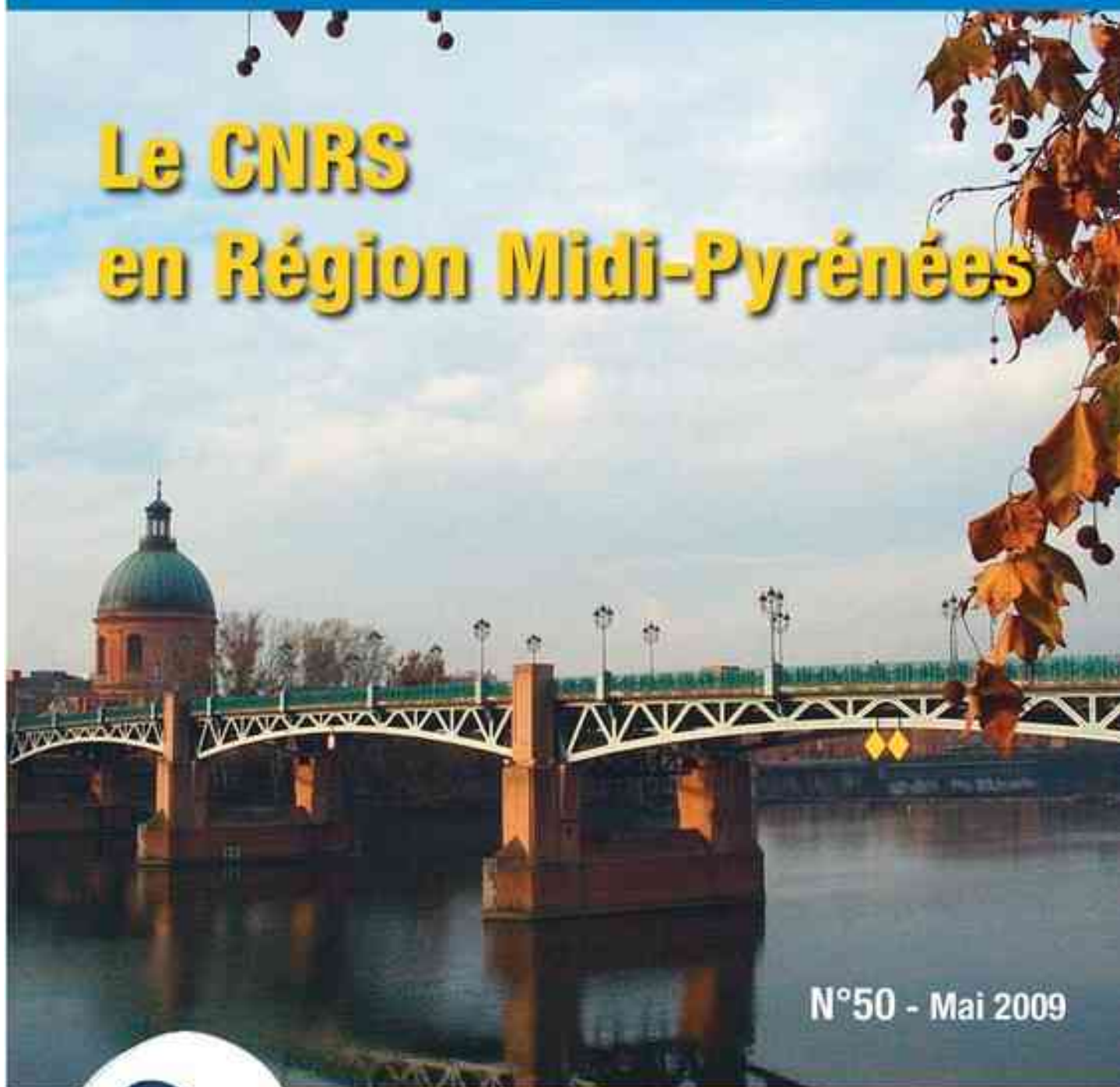
Notice créée par [Valérie Burgos](#) Notice créée le 05/10/2023 Dernière modification le 17/11/2023

RAYONNEMENT DU CNRS

Bulletin de l'Association des Anciens et Amis du CNRS



Le CNRS en Région Midi-Pyrénées



N°50 - Mai 2009



Rayonnement du CNRS

Le CNRS dans le nouveau contexte de la recherche française
Catherine Bréchignac, Présidente du CNRS

Sommaire

Editorial/Abstract <i>par Edmond Lisle</i>	2
Le CNRS dans le nouveau contexte de la recherche publique française <i>par Catherine Bréchnignac</i>	5

Le CNRS en région Midi-Pyrénées

Toulouse et la Région Midi-Pyrénées <i>par Gérard Abravanel</i>	13
Le CNRS en Midi-Pyrénées <i>par Armelle Borelli</i>	16
Trois laboratoires des sciences de l'univers	18
Nanosciences <i>par Jean-Pierre Launay</i>	19
La Fondation sciences et technologies pour l'aéronautique et l'espace <i>par Joël Bertrand</i>	25
Recherche sur le cancer <i>par Jean-Philippe Girard et Bernard Ducommun</i>	29
La recherche en biologie <i>par François Amalric</i>	33
Les sciences et technologies de l'information et de la communication <i>par Alain Costes et Daniel Estève</i>	38
La chimie <i>par Jean-Jacques Bonnet</i>	42
Réchauffement climatique et développement durable <i>par Jean Tirole</i>	49
Moulis hier et aujourd'hui <i>par Jean Clibert et Alain Mangin</i>	58

La vie de l'Association

Régions

• Alpes-Dauphiné : Plateforme Coriolis <i>par Raymond Chicault</i>	60
• Centre-Est <i>par Bernard Maudinas</i>	61
• Ile-de-France <i>par Hélène Chamassé et Christiane Coudray</i>	62
• Languedoc-Roussillon <i>par Françoise Plénat</i>	66
• Poitou-Charentes <i>par Gilles Courtois</i>	70

Voyages

• Les Pouilles, 2008 <i>par Anne-Marie Meunier</i>	71
• Programme de voyages 2009	72

Editorial/Abstract

Ce numéro spécial de « Rayonnement du CNRS » consacré à la région Midi-Pyrénées a été entièrement réalisé par nos correspondants régionaux, appuyés par la délégation régionale du CNRS. Leur introduction présentera la circonscription ainsi que les thèmes traités et les auteurs qui ont contribué à ce numéro. Qu'ils soient remerciés et félicités pour ce travail : il dresse un panorama des points forts de la région et permet d'apprécier l'importance de quelques-unes des avancées scientifiques majeures de nos laboratoires.

Nous sommes heureux et honorés de mettre, en exergue de ce numéro, une interview que nous a accordée la Présidente du CNRS, Madame Catherine Bréchignac, sur le CNRS dans le nouveau contexte de la recherche publique française.

Le Centre national de la recherche scientifique est la plus importante institution du système français de recherche. Il a connu de nombreuses transformations au cours de son histoire. Lors de sa création en 1939, la Deuxième Guerre mondiale venait d'éclater. Ses premières activités furent dès lors surtout conduites au profit de l'Etat et de la technologie militaire. Il ne commença à s'épanouir dans la recherche fondamentale qu'après la Deuxième Guerre mondiale et surtout après l'établissement de la Cinquième République en 1958, lorsque l'Etat lui apporta un soutien global. Par la suite, la collaboration avec les universités et les écoles à partir de 1966, l'ouverture vers la société civile dans les années 1980, le développement de la recherche contractuelle dans les années 1990, toutes ces étapes caractérisent son développement dans la seconde moitié du 20^e siècle. Les transformations en cours se situent dans cette perspective d'une adaptation constante à l'évolution de la société dans le contexte global de la mondialisation pour assurer toujours la promotion d'une science d'excellence.

This issue is dedicated to the Midi-Pyrenees region and its research capability. This survey of some major advancements in science was entirely designed and achieved by our local correspondents, with the fullest support of the regional CNRS Administrator ; all the contributions are from resident scientists.

As a preface to this issue, it is a pleasure and a privilege to publish an interview granted to us by the President of CNRS Ms. Catherine BRÉCHIGNAC.

CNRS, France's National Science Research Centre, is the most important research institution within the French scientific establishment – and the largest scientific institution in Europe, employing 25,000 staff and with a budget of 3.3 Billion €. It has lived through many changes since its creation in 1939, at the outbreak of World War II. Its first activities were largely conducted for the state with a view to enhancing military technologies. It was only after the war that it became strongly involved in the development of basic science ; and even more so after the advent of the Fifth Republic in 1958, when the state provided it with massive support. From 1966 onwards it entered into a close partnership with the universities ; in the '80's, with civil society and industry ; in the '90's, it contributed to the spread of project orientated research. The current reforms are just a new stage in its permanent adaptation to a changing society in a global context, in which its constant aim is the advancement of world class science.

During our interview with her, the President of CNRS shared her vision of the future of CNRS. She sees it at the heart of world science, since excellent science can only be international. Her opening and closing remarks were to stress the network concept : « The CNRS is a network organisation. This is most

La Présidente du CNRS nous a donné sa vision pour l'avenir de notre maison. Elle situe le CNRS résolument au cœur de la recherche mondiale, puisqu'il n'est de bonne science qu'internationale. Elle débute et elle conclut l'entretien en insistant sur la notion de réseau : « Le CNRS est un organisme en réseau, c'est extrêmement important, avec la recherche mondiale qui se fait en réseau » « Le CNRS est vraiment un réseau et il faut arrêter de penser que c'est un centre fermé. Il a complètement changé au cours du temps ; et c'est par les réseaux que l'on fera rayonner la recherche française »

Au cours de l'entretien elle insiste sur l'importance de l'interdisciplinarité, à la fois dans les sections du Comité national et à travers des programmes interdisciplinaires concernant par exemple des enjeux sociaux tels que l'eau, l'énergie, le développement durable au service de l'homme, les banques de données. Le CNRS doit en effet réfléchir et se préparer à intervenir sur les grands enjeux de la société – l'environnement, la sortie de crise par la création d'entreprises et l'innovation, la construction d'un nouveau paysage économique, social, financier...

Elle souligne l'attention qui doit être portée à la gestion des moyens humains qui doit devenir une véritable direction des ressources humaines : « la connaissance des compétences (existe) au niveau des laboratoires ; la connaissance des gens (existe) au Comité national ; et la gestion, qui est faite ici, mais on n'a pas la connexion entre les trois : c'est justement ce que l'on veut mettre en place..... De plus il ne faut pas le faire uniquement sur le territoire français. Car nous avons 25% d'étrangers qui rentrent chaque année au CNRS et nos publications se font à 60% avec des étrangers ».

Cette gestion plus cohérente des ressources humaines passe par le développement de contrats de durée

important since global research is conducted through networks ». « The CNRS is truly a network : one has to stop thinking of it as a closed entity. It has completely changed over time and it is only through networks that French research can radiate ».

During the interview she stressed the importance of interdisciplinary research, both within the CNRS's subject committees and through interdisciplinary research programmes concerning eg. water resources, energy, climate change, sustainable development, or the setting up of large global data banks. The CNRS should also address issues concerning society as a whole : environmental protection and climate change, the solving of the present world crisis through innovation and enterprise creation, the design and construction of a new world economic, social and financial order, etc.

The management of human resources deserve the highest attention : « knowledge of the competencies of staff exists at the laboratory level ; evaluation of personnel is conducted within the subject committees ; overall personnel management is carried out at Head Office, but the three strands are not fully integrated : this is what we must achieve to enhance our human resources and overall performance. Moreover this must be achieved abroad as well. Every year we hire 25% foreign staff and 60% of our publications are with foreign partners ».

The management of human resources extends, too, to partnerships with universities, through CNRS research fellowships, and with industry, through staff secondments both ways.

Foreign research partnerships (joint labs, international research programmes and groups, mixed

indéterminée (CDI), tant en direction des universités que des entreprises, et bien entendu pour les chercheurs étrangers. Elle insiste encore et toujours sur la coopération internationale qui passe par la recherche en commun au moyen des quatre « outils » que sont les programmes internationaux de recherche scientifique (PICS), les groupements de recherche internationaux (GRI), les laboratoires internationaux associés (LIA), en fait des réseaux de laboratoires, et l'unité mixte internationale (UMI) qui est une unité CNRS avec une université étrangère.

Une vision, du souffle, une détermination à faire progresser notre maison en France et dans le monde caractérisent tout l'entretien avec, au final, un appel à notre Association des Amis et Anciens du CNRS pour porter ce rayonnement dans le temps et la durée. Merci, Catherine BRÉCHIGNAC.

Edmond Arthur Lisle
Président A3 CNRS

CNRS/university research units) are increasingly important : both within Europe and between Europe and North America and Japan on the one hand, and with emerging countries (China, Brazil, India) on the other.

The President of CNRS has a clear vision of its future within the global scientific community and has the inspiration and the determination to succeed. Her final call is to the CNRS Alumni association to assist in this task, in particular by networking with alumni abroad.

Edmond Arthur LISLE
President, CNRS Alumni Association

Le CNRS dans le nouveau contexte de la recherche publique française

Entretien avec Catherine Bréchnac, Présidente du CNRS

*Propos recueillis par J.-C. Lehmann, E. A. Lisle, C. Martray et V. Scardigli,
le 12 janvier 2009. Mise à jour : mai 2009*



Nous souhaitons que vous nous parliez du CNRS, en tant que pilote de la recherche fondamentale. Quel est son positionnement dans le nouveau contexte de la recherche publique française : l'ANR (Agence nationale de la recherche), l'AERES (Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur), des universités plus autonomes ?

Catherine Bréchnac

Le CNRS est un organisme dont la structure est en réseau. C'est extrêmement important à l'heure actuelle, avec une recherche mondiale qui se fait en réseau. Il n'est donc pas de même nature que les universités, ni que les grandes Ecoles, ni même que les organismes qui sont localisés sur un nombre limité

de sites, comme le CEA ou l'Inra par exemple.

Le CNRS se distingue par son implication très large sur le territoire français et par l'omni-disciplinarité de ses activités de recherche. Il est reconnu comme l'une des institutions majeure de la recherche mondiale.

De quels réseaux s'agit-il ? Ce sont des réseaux thématiques, des réseaux de laboratoires, des réseaux de grandes plateformes, des réseaux informatiques... C'est dans cette logique que s'inscrit notre action, et c'est notamment vrai pour notre positionnement vis-à-vis des universités. Les universités, dont l'autonomie est aujourd'hui reconnue, sont localisées dans des campus, qui eux-mêmes sont des noeuds de réseaux : certains importants, d'autres moins. Avec certaines universités, le CNRS aura des contrats « forts » ; avec d'autres, il soutiendra les pépites d'excellence, et les mettra en réseau avec les autres.

Dans cette évolution du contexte, le CNRS se trouve aujourd'hui en situation de ne plus devoir assumer seul la gestion quotidienne des laboratoires qui lui sont associés et de la partager avec les autres organismes et uni-

versités, avec un seul mandat de gestion confié à l'un des partenaires. Cela a été défini dans notre *Projet pour le CNRS 2020*.

Quant aux deux agences, l'Aeres et l'ANR, elles sont de nature différente, car leurs missions le sont aussi.

L'Aeres est une agence d'évaluation. Elle évalue les laboratoires, les établissements et les organismes. S'agissant des personnels, leur évaluation est faite par l'organisme employeur. Cette évaluation des laboratoires par l'Aeres remplace au CNRS les comités d'évaluation des laboratoires mis en place par les directions scientifiques. Les experts nationaux de l'AERES sont souvent membres du CNRS. Pour moi, cela ne change rien ; au contraire, le CNRS est dégagé de cette contingence matérielle d'organiser les comités d'évaluation. Cela décharge un peu les directeurs scientifiques.

L'ANR est une agence de financement qui finance la recherche sur projets. A l'issue d'un appel à projets, qui peut être blanc, ou thématique, l'agence finance pour 3 ans les projets retenus, après évaluation par les pairs.

Il y a donc une différence majeure entre l'ANR, agence de finan-

cement sur projets, et le CNRS lorsqu'il interviendra, en complément de son rôle d'opérateur, comme agence de moyens.

Dans ce dernier cas, le CNRS va avoir à soutenir :

- * tous les programmes situés sur le long terme : les programmes sur les grands équipements, les programmes en relation avec le spatial, tous les observatoires et les réseaux d'observatoires. Ce sont des programmes à 20 ans, qui doivent être évalués et vérifiés régulièrement.

- * les projets à risque : ce sont des sujets émergents, qui ne sont pas évalués par l'ANR. Il n'est pas souhaitable que ces projets soient évalués par les pairs : soit parce qu'il n'y a aucun scientifique compétent pour le faire, puisque c'est un sujet trop nouveau, soit parce que l'idée pourrait être « disséminée prématurément ». Donc, comme dans une entreprise, nous réservons une partie du budget du CNRS pour financer des projets à risque : des enjeux de « front de la connaissance »

Il y a une proportion prévue pour ces projets ?

Catherine Bréchignac

Oui, une proportion qui n'est pas gigantesque, mais nous réservons 10% des moyens ; et après, les directions des Instituts décident de l'utilisation de ces moyens.

Ce sont des moyens à la fois humains et financiers. Par exemple,

lorsqu'une équipe de jeunes a un projet un peu étonnant ou très novateur, on s'arrange pour mettre cette équipe dans un laboratoire pour qu'elle soit protégée pour exprimer sa créativité. Je pense que c'est comme cela que l'on progresse. Par exemple, dans les sciences de la vie les Atipe ont constitué un moteur puissant en matière de créativité.

En somme, cela consiste à faire un pari, et à donner rendez-vous à l'équipe dans deux ans, un an ou six mois ; l'équipe en question est suivie très régulièrement selon son projet, pendant toute la durée de celui-ci.

Cela me rappelle l'affaire Roger Guillemin, qui a été Prix Nobel de médecine en 1977 : il était parti aux États-Unis, parce qu'on n'a pas voulu qu'il fasse ses recherches en France.

Catherine Bréchignac

Voilà ! C'est cette absence de réactivité que nous voulons éliminer. Si notre rôle est de financer des laboratoires d'excellence, il est aussi de faire émerger de nouvelles thématiques.

Donc, les départements se sont transformés en instituts : chacun dispose des deux fonctions « opérateur de recherche » et « agence de moyens », avec des moyens sur programmes soit à moyen terme, soit à long terme, soit à risque.

L'institut de mathématiques est en cours de création, un Search Committee a été mis en place pour en choisir le directeur. C'est une nouveauté, quelque chose de fort !

Il y a des mathématiciens de talent qui sont prêts à diriger cet institut. Une fois l'institut mis en place, nous augmenterons notablement le budget des mathématiciens. Ils travaillent déjà beaucoup en réseau, donc pour les autres disciplines c'est un exemple à suivre.

Le CNRS met en place neuf instituts ; vraisemblablement nous en aurons dix, car le ministère de la recherche nous a demandé d'en créer un en informatique afin d'avoir des contacts plus ciblés avec l'Inria. Par le passé, l'informatique s'est trouvée dans le département d'ingénierie, elle en est partie, elle y est revenue et, là, elle va peut-être en ressortir. Cela ne me gêne pas du tout, que l'on ait un institut en plus au sein du CNRS, mais je tiens à l'assentiment de la communauté scientifique concernée.

En ce qui concerne les sciences de la vie, le CNRS se focalise sur les sciences biologiques et leurs interfaces avec les autres disciplines. Les sciences de la vie, c'est beaucoup trop vaste. Pour coordonner les sciences du vivant en France, nous avons mis en place une alliance.

Un autre objectif est de favoriser l'interdisciplinarité. La structuration du CNRS en instituts plutôt disciplinaires ayant plus d'autonomie que par le passé, il ne faut pas qu'ils s'enferment dans leur discipline. C'est pour cela que des pôles seront placés au niveau de la direction générale pour travailler sur des enjeux faisant appel à plusieurs disciplines. C'est le cas des pôles :

- * origine et maîtrise de la matière, nanosciences et nanotechnologies ;

- le développement durable au service de l'homme ;

- la société en réseau.

Ce qui n'est pas encore défini, ce sont les moyens financiers dans les pôles. Une question : les sections du comité national, qui sont interdisciplinaires, dépendront-elles plus des pôles pour définir leurs orientations ?

Les grandes orientations dans l'interdisciplinarité vont concerner des enjeux sociaux et sociétaux, comme l'eau, l'énergie. Il existe aussi un enjeu extrêmement important de mon point de vue qui consiste en la gestion des banques de données, de toutes sortes, en matière de recherche.

Car il y a deux grands types de banques de données :

- soit les données viennent d'une seule source. C'est par exemple le cas du CERN avec le LHC, qui va avoir beaucoup de données, mais qui arrivent d'une seule source : elles sont alors relativement homogènes,

- soit dans d'autres cas, les mesures proviennent de plusieurs sources. Par exemple, à l'INSU, on a des banques de données avec des mesures faites dans différents observatoires. Les données ne sont pas homogènes et il faut alors réaliser un traitement pour établir les parts d'erreurs, les incertitudes, les conditions de recueil, la traçabilité ; ce qui donne des tableaux multi-entrées très complexes.

Vous parlez des banques de données sur l'Arctique. Vous souhaitez que Jean Malaurie soit actif dans ce domaine ?

liez que Jean Malaurie soit actif dans ce domaine ?

Catherine Bréchignac

C'est là un enjeu important, auquel nous réfléchissons actuellement.

On dispose pour l'Arctique de données de mesures terrestres, de mesures marines, de mesures par satellite, avec de très nombreux capteurs. Ces données scientifiques doivent être accessibles à tous.

L'énorme problème en Arctique n'est pas tellement la fonte de la glace de la banquise -certes c'est une réalité, mais c'est surtout la fonte du sol : un problème extraordinairement compliqué. Les Canadiens par exemple avaient l'habitude de voir le sol fondre un peu en surface pendant l'été. Mais à présent, il s'agit du sous-sol. Les piliers supports d'infrastructures et de bâtiments avaient été enfoncés dans le sol gelé, sans qu'il soit possible d'atteindre la roche ; or maintenant que le sous-sol fond lui aussi, la situation se complique.

Ainsi au nord du Canada, où se trouve la plus grosse mine de nickel du monde, la fonte du permafrost est un grave problème ; et le CNRS via l'INSU en particulier vient de signer un projet de travail en commun sur les mines en milieux fragiles. Contrairement à l'Antarctique, en Arctique des hommes y vivent : quel est le rôle de ces peuples ? Comment veulent-ils évoluer dans un contexte de changement climatique important ?

Dans le rôle d'agence de moyens, le CNRS a la gestion, mais aussi

les moyens humains... En effet, si on vous compare aux grandes agences du monde, vous avez une spécificité forte dans le fait que vous avez des ressources humaines à mettre à disposition.

Catherine Bréchignac

Bien sûr, c'est la question la plus importante, ce sont les hommes et les femmes qui font la science.

En ce qui concerne la gestion des ressources humaines, nous avons une bonne visibilité. Chaque institut aura en responsabilité scientifique directe un nombre déterminé de postes d'ITA, qu'il pourra affecter entre équipes.

Mais les hommes seront gérés de façon indépendante : ce sera une gestion collective par le CNRS, par métier. Chaque institut n'aura donc pas à gérer ses propres ITA. Quant aux chercheurs, pour l'instant, la gestion est au Comité national.

Mais le véritable enjeu des ressources humaines, ce n'est pas cela. C'est l'adéquation entre une personne et son travail.

Pour progresser dans ce domaine, il faut avoir une très bonne connaissance du milieu. Sinon, on peut bien sûr mettre des moyens, des financements sur des projets, mais cela s'arrêtera à ce que font toutes les équipes dans le monde entier : le CNRS n'aura pas un avantage fort sur «qui et où ?».

Or, une connaissance forte du milieu ne peut se faire que par les instituts.

Il nous faut donc trouver un moyen pour disposer à la fois de la gestion, qui est faite de manière collective, et de la connaissance, qui se trouve dans les instituts, pour mettre en place les personnes adéquates dans les équipes de recherche.

Clairement, on ne peut pas le faire au niveau des laboratoires : car si un directeur de labo a quelqu'un de très bon niveau et très performant, il va vouloir le garder. Il faut donc faire très attention à ne pas bloquer les chercheurs et l'ITA avec des promesses de promotion. On examine actuellement quelle structure il est possible de mettre en place, constituée à la fois des gens qui ont les connaissances des personnes et qui ne soient pas en même temps partie prenante trop forte car cela pourrait empêcher les agents d'effectuer des mobilités.

On a donc progressé dans l'analyse du problème. Pour parvenir à la meilleure adéquation, on a certes : la connaissance des compétences, au niveau des laboratoires ; la connaissance des personnes, au Comité national ; et la gestion, qui est effectuée au CNRS. Mais la connexion entre les trois n'a pas atteint une efficacité aussi bonne qu'il serait nécessaire. C'est justement ce que l'on veut mettre en place : la coordination, qui ne peut être réalisée qu'au niveau central.

C'est important : ce sera une valeur ajoutée du CNRS très originale.

Catherine Bréchignac

C'est très original. Certes, mais ce sera surtout une valeur ajoutée

énorme pour notre compétitivité scientifique.

De plus, il ne faut pas, nécessairement, le faire uniquement sur le territoire français. Car nous avons 25% d'étrangers qui sont recrutés chaque année au CNRS ; et nos publications se font à 60% avec des étrangers.

Il y a aussi une règle, fixée depuis un certain temps, et à laquelle je tiens énormément. Un chercheur n'est affecté qu'à un seul laboratoire. Il a le droit de bouger : mais alors, soit il change d'affectation, soit il part en détachement, ou en mission de longue durée. Il ne faut surtout pas qu'un chercheur puisse avoir de multiples affectations simultanées.

Surtout, lorsque l'on construit des unités mixtes internationales, les chercheurs affectés à l'Umi ne doivent plus être affectés dans une unité de recherche française durant leur séjour à l'étranger. Quand ils reviennent, ils changent d'unité. C'est exactement comme un personnel d'entreprise, qui est affecté à tel endroit puis à tel autre. Sinon, on aura des chercheurs qui, en définitive, n'appartiendraient plus vraiment à une équipe.

Voilà des points-clés sur lesquels on est déjà au clair. Maintenant, il reste à mettre l'ensemble en phase.

Enfin, nous voudrions que dans les centres propres il y ait des « hôtels à projets », surtout avec des équipes pluridisciplinaires qui viennent y développer un projet

déterminé, d'un domaine, d'un second, d'un troisième...

Et là, il nous faudra absolument avoir une direction des ressources humaines. Pour le moment, nous assurons la gestion, la connaissance et l'évaluation, séparément : et une direction des ressources humaines doit intégrer l'ensemble de ces éléments.

Qu'en est-il des sciences humaines et sociales ?

Catherine Bréchignac

C'est par un Search Committee que, comme pour les autres instituts, nous avons recruté le directeur de l'Institut des SHS.

Les sciences humaines et sociales sont un enjeu important pour le CNRS. Mais c'est un champ scientifique d'appréhension beaucoup plus difficile, car les sciences humaines et sociales sont un monde très éclaté, même s'il y a des sous-ensembles parfaitement définis.

De plus, pour les sciences humaines et sociales, avec le Ministère des affaires étrangères et européennes, le CNRS vient de mettre en commun l'ensemble des vingt-sept instituts français à l'étranger. C'est bien, mais cela pose des questions fortes. Car certains ont une composante recherche importante, alors que d'autres sont des annexes de l'ambassade. La conséquence est que, si nous nous impliquons -et c'est le cas : nous avons un budget d'une petite dizaine de millions en personnel, sur ces instituts français à l'étranger, ce qui n'est pas négligeable-, nous voudrions avoir le

rôle de vérifier, de manager les recherches dans ces instituts.

C'est un réseau d'instituts très multidisciplinaire

Catherine Bréchignac

C'est un réseau très multidisciplinaire, mais aussi très hétérogène.

Ainsi, à l'Institut français de Pondichéry, nous avons en garde du « patrimoine mondial de l'humanité » que sont des textes en sanscrit.

Nous avons d'autres instituts à l'étranger qui sont davantage en interaction forte avec le contemporain...

C'est une responsabilité importante...

Catherine Bréchignac

C'est une très grosse responsabilité que j'assume pleinement. Pour cela, j'ai pris auprès de moi un conseiller pour le suivi de ces instituts français.

Sur l'étranger, les pourcentages que vous avez cités montrent bien le rôle de fédérateur du CNRS dans la coopération internationale.

Catherine Bréchignac

Oui, le rôle du CNRS est fédérateur dans la coopération internationale.

Par exemple nous avons fait une mission commune avec le président de Paris VI, Jean-Charles Pomerol, au Japon en décembre 2008, où nous avons présenté le

système de recherche français, qui était comparé à un analogue du CNRS au Japon et la grande université de Tokyo, Todai ((Tokyo Daigaku). Nos interlocuteurs ont vu que le nôtre était fort, car fortement imbriqué : on y voit bien comment nous travaillons ensemble. Et Jean-Charles Pomerol me disait qu'il avait beaucoup plus de force quand il se présente ainsi avec un organisme comme le CNRS. Il est évident qu'avec l'ensemble des réseaux où le CNRS est actif, notre positionnement international est très fort. Ce qui ne veut pas dire qu'il ne faut pas avoir des échanges entre les universités elles-mêmes. Il est en effet très important d'avoir des échanges entre universités françaises et étrangères, et même des réseaux d'universités. Je dirai que dans un cadre, il faut agir d'université à université ; et dans un autre il faut plutôt agir de réseau à réseau.

Et les programmes d'écoles doctorales mixtes avec l'étranger, quel est leur rôle ? En effet, la coopération internationale passe par la recherche en commun.

Catherine Bréchignac

Oui. Les écoles doctorales relèvent de l'université qui les a créées. Le CNRS participe à la formation par la recherche. Mais, clairement, ce sont les universités qui sont pilotes dans les écoles doctorales et ce sont elles qui ont la responsabilité d'organiser et de gérer, avec les directeurs des unités de recherche, les échanges entre les thésards, les post-doc, etc. Ainsi, nous avons relative-

ment peu d'échanges institutionnels directs avec des thésards, sauf quelques cas particuliers avec des co-tutelles.

En structuration de la recherche en revanche, nous avons quatre « outils » :

- les programmes internationaux de coopération scientifique (PICS) ;
- les groupements de recherche internationaux (GDRI), regroupent des équipes sur une thématique déterminée et qui font des échanges ; il s'agit d'une structuration plus forte du programme de recherche.

Puis il y a deux outils beaucoup plus structurants :

- les laboratoires internationaux associés (LIA) ; un LIA est un "laboratoire sans murs", qui associe les équipes de deux ou au trois laboratoires appartenant au CNRS et à un organisme d'un ou deux autres pays. Ces laboratoires mettent en commun des ressources humaines et matérielles pour réaliser un programme défini conjointement ; ils ont une direction commune, éventuellement tournante.
- enfin, les unités mixtes internationales (UMI) sont implantées dans un pays étranger et accueillent du personnel du CNRS et du pays partenaire.

Une UMI regroupe dans un même laboratoire du personnel - chercheurs et ITA - du CNRS qui lui est affecté et du personnel de l'autre pays, et elle est dirigée par

un directeur d'unité, nommé conjointement par le CNRS et l'institution étrangère.

Les IIA sont des réseaux de laboratoires qui mettent en commun des moyens et du personnel ; et les UMI sont comme nos unités mixtes de recherche françaises, mais avec des universités étrangères.

On a relativement peu d'UMI car c'est très lourd financièrement. Il y a des pays-cibles : les États-Unis, la Chine, le Japon. Ce sont des pays avec lesquels on a des relations de longue date, et avec lesquels on sait travailler. Je dois dire que c'est très agréable d'aller à l'université de Tokyo et de voir le sigle du CNRS dans l'université !

A noter que nous créons une UMI avec trois pays africains (Sénégal, Mali, Burkina Faso) , à leur demande, sur le thème « Environnement, santé et société ». Il s'agit de la première collaboration de ce type avec l'Afrique de l'Ouest ; cela va nous deman-

Et l'Union Européenne ?

Catherine Bréchignac

Nous avons très clairement séparé cette année l'International de l'Europe où nous n'avons plus de bureaux CNRS en Europe. Seul le Bureau de Bruxelles est maintenu et coordonne l'ensemble des activités européennes avec la Direction des affaires européennes à Paris. On travaille avec l'Europe via des actions communes, des laboratoires communs, ... Beaucoup de nos chercheurs sont impliqués dans l'ERC (European Research Council).

Nous mettons en place actuellement, après le rapport effectué par Claude Allègre au Président de la République, la possibilité de faire travailler ensemble les organismes de recherche européens. Pour l'instant, ils sont plutôt réunis en clubs ; par exemple : ESF (European Science Foundation), EUROHORCS (European organisation of heads of research councils). Nous examinons donc comment nous pouvons mettre en place des jumelages entre organismes pour financer des projets communs.

Mais déjà dans les villes frontalières, en particulier à Strasbourg, on a des relations très fortes avec les Allemands. En Europe, notre principal partenaire est bien sûr l'Allemagne ; le partenariat se développe avec l'Espagne et aussi avec la Grande-Bretagne.

Les rapports avec l'industrie ?

Catherine Bréchignac

Notre relation avec les entreprises ne fait que s'amplifier et j'en suis très contente.

Ce que je voudrais et que j'essaie d'obtenir, - j'espère l'avoir à la prochaine session de l'Assemblée nationale et du Sénat - ce sont des contrats de durée indéterminée (CDI). En effet, si je reprends l'aspect gestion du chercheur, on a aujourd'hui : des CDD ; des postes permanents CNRS ; des chaires « CNRS et université », qui sont des emplois d'enseignants d'université accueillis au CNRS pour 5 ans renouvelables une fois, et qui permettent de donner moins de tâches d'enseignement aux enseignants et aussi d'avoir des relations plus fortes

avec les universités et avec les enseignants-chercheurs.

Donc, pour l'instant, nous avons des chaires qui sont un peu à l'image de celles qui existent à l'étranger, et des CDD. Je voudrais qu'existe le pendant avec les entreprises, et recruter des CDI pour amplifier le couplage que nous avons déjà avec elles.

Ces CDI seraient aussi utilisés pour les chercheurs étrangers qui rejoignent le CNRS. Je ne vois pas pourquoi on leur donne des postes de fonctionnaires, que d'ailleurs ils ne demandent généralement pas.

Grâce aux CDI, nous pourrions assurer les rémunérations au niveau qui convient. Cela nous donnerait une tout autre souplesse qu'avec le statut de fonctionnaire ; cela nous permettrait de travailler beaucoup plus en profondeur avec les industriels, car, là, on aurait des échanges de personnes. Donc, financièrement, cela fonctionne, mais on a besoin d'amplifier.

Les grands enjeux de société ? Il est en train de se passer des choses particulièrement difficiles, mais essentielles. Est-ce que le CNRS peut avoir une responsabilité particulière dans ce qui va se passer dans les prochaines années, à la fois pour l'action concernant la sortie de crise (création d'entreprises, innovation, etc.) et la réflexion sur la construction d'un nouveau paysage économique, social, financier ?

Catherine Bréchignac

Dans la réflexion, oui. Pour l'ins-

tant, réflexion et action sont dissociées ; il faudra peut-être les mettre en phase après. Mais il est clair que le CNRS joue déjà un rôle important.

Actuellement, étant donné que le budget du CNRS a légèrement augmenté, -ce qui est exceptionnel dans le contexte actuel-, je ne veux pas qu'il soit utilisé à autre chose qu'à investir. On a donc une politique d'investissements très forte : sur des plateformes technologiques, sur le plan du calcul, de la gestion des données. Sur le plan du calcul, je citerai deux points forts : le grand calculateur et les grilles de calcul.

Le CNRS a monté ce réseau de grilles. C'est l'IN2P3 qui en a la charge. Cela a servi d'abord à la physique nucléaire, maintenant le réseau est utilisé par toutes les communautés scientifiques et en particulier celle de la biologie. Nous allons devenir un partenaire très important dans la compétition, en particulier au niveau mondial.

Le CNRS a aussi un leadership mondial en microscopie électronique (je ne parle pas des très grands instruments, c'est autre chose), qui joue clairement un rôle clé, également très important.

Pour ce qui est de la réflexion sur la recherche, l'industrie et la société, le CNRS est très fortement présent dans la recherche en amont, mais s'implique dans des verrous technologiques.

Ainsi pour la voiture électrique, nous travaillons avec les constructeurs automobiles sur les batteries : non seulement sur l'aspect technologique de la batterie, mais sur tout l'ensemble du système auquel elle s'intègre.

Dans le cadre d'une dynamique de création d'entreprise, le CNRS joue un rôle important : mais c'est actuellement plus difficile, étant donné le marasme économique. En ce moment, on fait de la « perfusion », c'est-à-dire que le CNRS aide des entreprises à maintenir leur potentiel le temps que la crise se passe. Ce n'est peut-être pas génial, mais c'est utile !

Le CNRS a aussi la réflexion économique fondamentale, avec Jean Tirole, votre médaille d'or de l'année dernière sur « Economie et Environnement »...

Catherine Bréchignac

Oui, le CNRS construit des réflexions sur ces enjeux de société ; pas uniquement sur l'économie, mais aussi sur les problèmes d'acceptabilité par la société.

Par exemple, je suis favorable à ce que nous fassions de la recherche sur les OGM ; ne pas en faire serait complètement néfaste au niveau de la connaissance. En revanche concernant leur utilisation, c'est une question de société et de politique. A ce propos, le Haut Conseil des Biotechnologies dont je viens de prendre la prési-

dence aura pour mission d'éclairer les décisions des politiques et « d'encadrer le développement des biotechnologies, dans le respect absolu de la santé publique, de l'environnement et de l'économie française, notamment agroalimentaire ».

Qu'est-ce que le CNRS attend des clubs d'Amis et d'anciens du CNRS à l'étranger (Chine, Inde tout particulièrement) ?

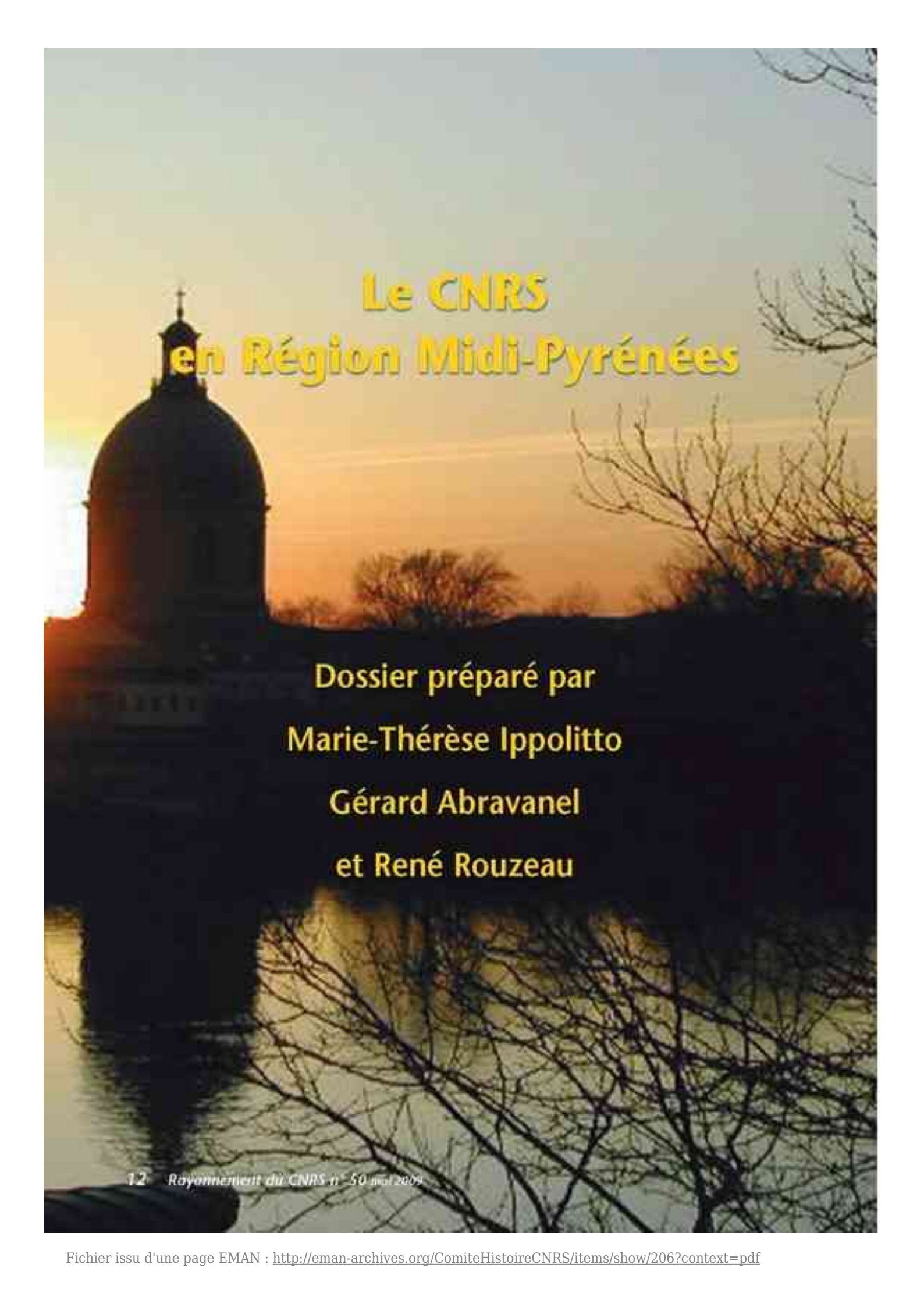
Catherine Bréchignac

Pour moi, un tel club d'anciens et amis participe au rayonnement de la recherche française. Pas uniquement du CNRS, mais de toute la recherche française.

Au fond, le CNRS est un réseau scientifique déployé largement hors de nos frontières. Il faut arrêter de penser que c'est un centre fermé. Sa structure a complètement changé au cours du temps ; et c'est par les réseaux que l'on fera rayonner la recherche française au plus haut niveau.

Les Amis du CNRS portent ce rayonnement, qui s'établit dans le temps et dans la durée et que nous ne pouvons pas assurer seuls, car nous sommes pris par le quotidien, par l'événementiel, par les problèmes qui nous arrivent de toutes parts.

Ce que vous faites est très bien. Merci ! Et avoir permis aux étrangers de faire partie du cercle des amis est une excellente



Le CNRS en Région Midi-Pyrénées

**Dossier préparé par
Marie-Thérèse Ippolitto
Gérard Abravanel
et René Rouzeau**



Toulouse et la Région Midi-Pyrénées

par Gérard Abravanel¹

Les éléments de cette présentation ont été tirés d'un panorama de Toulouse et de sa région publié par le Conseil régional.

Capitale de la Région Midi-Pyrénées, région à vocation essentiellement agricole, Toulouse n'est pas uniquement l'un des symboles de la firme Airbus, et de son célèbre avion géant A380, c'est aujourd'hui une technopole européenne qui regroupe de nombreuses industries de pointe, (dont prochainement Galileo), ainsi que de nombreux instituts de recherche comme bientôt le Cancéropôle de Toulouse qui sera le plus grand centre de recherche contre le cancer en Europe.

C'est aussi une ville étudiante, (la deuxième de France avec 140 000 étudiants), qui représente un potentiel scientifique, (en tout près de 2500 personnes), réparti dans les établissements publics de recherche possédant leurs laboratoires propres, dans les structures universitaires et dans les écoles d'ingénieurs.

Ainsi, si la croissance se poursuit au rythme actuel, (plus de 15 000 habitants en plus chaque année), son agglomération entrera dans le cercle fermé des agglomérations françaises de plus d'un million d'habitants.

Contrairement aux autres grandes villes de France, Toulouse et sa région n'ont pas connu la révolution industrielle aux XVIII^e siècle et XIX^e siècle. Aujourd'hui, on rencontre peu d'industries tradition-

nelles dans les secteurs métallurgiques ou textiles par exemple. Seul le secteur chimie a prospéré jusqu'à la tragédie d'AZF. Cette spécificité l'a tenue à l'écart des grandes décisions politiques et stratégiques pendant de nombreuses décennies.

Cette faiblesse du tissu industriel de Midi Pyrénées est, au fil du XX^e siècle, devenu un de ses principaux atouts. Pas de secteurs traditionnels dit aussi... pas de crises, comme tant d'autres villes du Nord de l'Europe en ont connu après la seconde guerre mondiale ! La place étant libre, on comprend pourquoi Toulouse regorge aujourd'hui d'industries d'avant dans les secteurs de pointe, gourmandes d'ingénieurs et autres grands diplômés.

La ville a un long passé historique lié à l'aviation, car bien avant la première guerre mondiale, (contrairement aux idées reçues), Clément Ader, (originaire de Muret, au sud de Toulouse), inventera en 1890 plusieurs avions. Puis arrive la guerre de 14-18, où on délocalise les activités aéronautiques vers Toulouse car on considère la ville comme suffisamment éloignée des lignes de front traditionnelles.

Pierre-Georges Latécoère, est initialement arrivé dans la ville rose pour créer des wagons de chemin de fer, mais lorsque la guerre éclate, il est chargé par le gouvernement de développer des avions sur son site industriel de Montaudran. Quand la guerre se termine il prend le défi de créer l'aéropostale. Avec les anciens avions de guerre, il désire

acheminer le courrier de Toulouse à Dakar, et pourquoi pas en Amérique du Sud. L'Aéropostale relie bientôt la France à l'Amérique du Sud, après que la première traversée de l'Océan Atlantique Sud soit assurée par Mermoz.

Les premiers pas de l'aérospatiale seront posés par un ancien mécanicien : Emile Dewoitine qui va concevoir les premiers avions en métal avec pare brise, et cela dès 1920. Le 31 juillet 1963, l'État va prendre une initiative importante et décisive pour la région toulousaine, dans sa politique de décentralisation, Toulouse sera confirmé dans son rôle de capitale de l'aéronautique, en y décentralisant à l'espérinet, (au sud de la ville), le Centre national d'études spatiales ainsi que de nombreuses grandes écoles d'ingénieurs tels Sup'Aéro, le CERT-Onera, l'Enac. En juillet 1967, le Professeur Lagasse fonde le Laboratoire d'automatique et de ses applications spatiales, laboratoire propre du CNRS.

Puis, sur le site du Palays dans la ville de Labège dans le sud-est de l'agglomération, une filiale du groupe Lagardère-Matra, aujourd'hui devenue Astrium, s'installe. Cette dernière entreprise, liée à EADS (actionnaire majoritaire d'Airbus) est leader dans le domaine des satellites d'observation et détient une forte implication dans Spot et sa version militaire, Hélios. Astrium s'occupe aussi de ERS qui surveille l'environnement de notre planète ou encore du programme Soho, qui tente de nous délivrer les secrets du soleil. Le cerveau électronique

TOULOUSE ET LA RÉGION MIDI-PYRÉNÉES

d'Ariane est par ailleurs réalisé à Toulouse.

En 1998, à l'autre bout de la ville, dans la zone de Candie, s'installe un autre grand de l'espace. Alcatel Space (qui regroupe les activités satellite d'Alcatel et Thomson Space).

En 2002, la moitié des personnels de France travaillant dans le secteur spatial travaille à Toulouse soit près de 10 000 personnes.

Capitalité européenne de l'Aéronautique et de l'Espace et siège d'Airbus Industries, (en fait à Blagnac, dans sa proche banlieue), Toulouse est aussi avec Hambourg l'un des deux pôles européens choisis par Airbus pour la conception, l'assemblage et les essais des avions de sa gamme. De plus, de nombreuses PME et PMI viennent se greffer aux tissus industriels des grandes firmes de l'aérospatiale et de l'aéronautique.

Situé principalement dans la zone sud de la ville, le **pôle chimique** toulousain a connu une importante activité jusqu'à la catastrophe du 21 septembre 2001 : l'explosion de l'usine AZF a fait 30 morts et environ 2 500 blessés, ainsi que des dégâts matériels considérables. Cette activité tend depuis à se réorienter vers de la chimie fine et la chimie pharmaceutique, jugées moins polluantes et moins menaçantes par la population.

De nombreuses entreprises du **secteur informatique** sont implantées à Toulouse, bénéficiant de la qualité de la formation universitaire et des grandes écoles locales. Notamment

les SSII Osatis, Atos Origin, Steria, Capgemini, Unilog, Sogeti, CSSI, Coframi Motorola et IBM.

Au nord de l'agglomération toulousaine se trouve **Eurocentre**, un pôle multimodal situé à proximité de la plate-forme aéroportuaire. En combinant rail-route-autoroute, cette plateforme est un des tous premiers pôles logistiques d'Europe du Sud par sa taille et la qualité de ses aménagements. Enfin, le Terminal maritime de Toulouse (tmT) est un nouveau concept de port intérieur visant à faciliter le commerce maritime international. C'est également une initiative stratégique du Port de Barcelone dont l'objectif est de faire en sorte que le port soit présent en permanence sur ce marché.

La **Météopôle** de Toulouse, qui regroupe le Centre national de recherches météorologiques (CNRM) et le Centre national de calcul de Météo-France, est installée depuis 1982 à Toulouse. C'est notamment au sein de ce centre que sont effectuées les prévisions météorologiques pour la France entière.

La **Génopole** de Toulouse qui fait partie du réseau des génopoles (RNG) réunit des compétences en Biologie-Santé, agronomie et microbiologie industrielle. Elle a pour missions de permettre la mise en œuvre de projets faisant appel à la biologie à grande échelle, être un lieu d'enseignement, porteur d'un projet pédagogique dans le domaine de la génomique et post-génomique et de présenter un projet structuré de création d'entreprises. Elle fédère la quasi totalité de la recherche académique Toulousaine et des compétences en bio-infor-

matique. Une de ses spécificités est d'associer de manière forte les compétences de biologie, à celles de disciplines dures : mathématiques, informatique, sciences de l'ingénieur, physique et chimie. Elle permet ainsi la mise en commun d'équipements lourds et de savoir faire.

La recherche fondamentale dans le domaine du vivant, et particulièrement dans les domaines de la biologie moléculaire, de la microbiologie et de la transduction du signal est reconnue internationalement depuis de nombreuses années. Elle est le socle sur lequel s'appuie une recherche clinique compétitive et une politique de transfert efficace. Son potentiel s'est considérablement accru au cours des 5 dernières années. Actuellement les axes les plus compétitifs au niveau international sont : étude de l'ARN, génétique moléculaire (en particulier plasticité des génomes, stabilité génétique), épi génétique, mécanismes de l'angiogénèse, cognition. La plupart des laboratoires participent également, en amont, à des études de pathologies ainsi qu'au transfert des connaissances. De nombreux projets transdisciplinaires (mathématiques, informatique, automatique, nanotechnologies, chimie, ont vu et voient le jour au sein de la communauté scientifique Toulousaine). Ils sont à l'origine de nombreux projets interdisciplinaires novateurs (nanotechnologies, chimie-biologique, imagerie etc...).

La **recherche toulousaine** dispose depuis de nombreuses années d'un positionnement national et interna-

tional en ce qui concerne les projets précliniques et cliniques d'une part et la recherche fondamentale d'autre part. La synergie accrue entre ces différents acteurs grâce à la mise en place du **Cancéropôle GSO** est un atout majeur pour la recherche dans le domaine du cancer à Toulouse. Elle s'appuie sur des plateaux techniques modernes, des tumorothèques annotées, des services de zootechnie, et des équipes de recherche clinique performantes. Les collaborations avec l'industrie pharmaceutique (Sanofi-Aventis, Pierre Fabre, Servier, Glaxo-SmithKline, Janssen, Astra Zeneca...) et le développement d'entreprises de biotechnologies locales (Millegen, Nanobiotix, Affichem, etc.) démontrent la capacité d'innovation des acteurs Toulousains dans le domaine du cancer.

En **agrobiosciences** existe un ensemble très significatif de compétences sur la génomique des espèces animales, végétales et microbiennes s'appuyant sur la maîtrise de l'outil bioinformatique et la biométrie.

Un continuum d'interventions intègre le niveau moléculaire, la génétique quantitative et les approches de sélections ciblées pour l'obtention de meilleures productions ou la définition des meilleures techniques culturales (Bio fertilisation, nouvelles stratégies de lutte contre les pathogènes), dans une optique d'agriculture durable.

L'axe **agrosystèmes et développement territorial** regroupe les

équipes qui travaillent sur les questions environnementales relevant du champ de la recherche agronomique et du développement des territoires ruraux. Ces recherches se caractérisent par leur pluridisciplinarité et leur recours à la modélisation en vue d'analyser les relations entre processus, écologiques et agronomiques (en interface avec les aspects économiques et sociaux) et la gestion durable des ressources naturelles.

Malgré le coup porté par l'accident AZF à cette discipline, la **chimie** reste bien représentée, notamment par les travaux sur les systèmes moléculaires organisés.

En **automatique**, l'acquisition par le laboratoire franco-japonais, le Joint Robotics Laboratory (CNRS, AIST), implanté sur le site du Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des systèmes, (LAAS/CNRS, Toulouse), du robot humanoïde HRP-2, système mécanique anthropomorphe muni de bras permettant la manipulation d'objets, de jambes pour la locomotion sur diverses formes de surfaces, et d'une tête munie de caméras pour la perception de l'environnement, offre un formidable potentiel pour la recherche en robotique. Les chercheurs vont maintenant compléter ses aptitudes physiques par des capacités de calcul et de raisonnement lui conférant toujours plus d'autonomie dans la maîtrise de ses fonctions sensori-motrices.

Dans le domaine de la recherche en Économie, l'application de la théorie économique moderne basée sur la théorie de l'information et celle

des jeux est son caractère assez universel. Des travaux très disparates de par leur sujet peuvent en fait faire intervenir des techniques et des idées assez similaires. En témoignent les principales contributions scientifiques de Jean Tirole, (GREMAQ-CNRS), qui, en plus de l'aspect sciences humaines et sociales, s'est attelé à cinq grands domaines : la régulation des industries de réseau, la théorie des organisations et le financement des entreprises, l'économie industrielle, la réforme du marché du travail et la finance internationale. Les travaux de ce chercheur et de son équipe ont été récompensés par la Médaille d'Or 2007 du CNRS.

Citons encore les travaux en **Physique du Globe**, (Observatoire Midi-Pyrénées, Laboratoire souterrain de Moulis), sur les **nanotechnologies**, (CEMES-CNRS), sans oublier les travaux à caractère sociologique ou traitant du développement urbain.

Très incomplète, tant sur le plan économique que sur le plan recherche, (et nous prions de lecteur de nous en excuser), cette présentation de la Région Midi-Pyrénées montre le dynamisme de cette région qui, bien que pénalisée du point de vue des communications avec l'Europe du Nord, a su s'ouvrir aux technologies nouvelles.

¹ Ingénieur de recherche honoraire, correspondant de «Rayonnement du CNRS» en Midi-Pyrénées



Présentation

Le CNRS en Midi-Pyrénées compte 1881 chercheurs, ingénieurs, techniciens et administratifs¹. Hors la délégation et la direction des systèmes d'information, ces personnels se répartissent dans 58 laboratoires et 11 fédérations de recherche. 14 groupements de recherche (GDR) contribuent également à la dynamique de recherche de notre région. Les domaines scientifiques couverts par ces laboratoires, structures fédératives et groupements de recherche, relèvent de tous les instituts du CNRS hors l'institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) :

Institut de chimie (INC)

7 laboratoires - 1 fédération - 3 groupements

Institut écologie et environnement (INEE)

3 laboratoires

Institut de physique (INP)

5 laboratoires - 1 fédération

Institut des sciences biologiques (INSB)

12 laboratoires - 4 fédérations - 1 groupement

Institut des sciences humaines et sociales (INSHS)

9 laboratoires - 2 fédérations - 1 groupement

Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI)

1 laboratoire - 1 fédération - 2 groupements

Institut des sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie (INSTI)

6 laboratoires - 2 fédérations - 7 groupements

Institut national des sciences de l'univers (INSU)

12 laboratoires

Les forces de recherche en Midi-Pyrénées sont essentiellement concentrées dans l'agglomération toulousaine mis à part les sites liés à l'Observatoire Midi-Pyrénées (Pic du Midi, Tarbes et Lannemezan), l'École des mines d'Albi-Carmaux et la station d'écologie expérimentale (Moulis).

La délégation Midi-Pyrénées

Elle assure la représentation régionale de l'établissement vis-à-vis de l'ensemble des partenaires et une gestion de proximité des personnels et des unités de recherche. En liaison avec la direction générale et les instituts, la délégation gère les moyens du CNRS : gestion administrative et financière des unités et gestion personnalisée des agents CNRS de la circonscription. Le positionnement des services de la délégation et leurs compétences font qu'ils sont fréquemment sollicités par des groupes de travail au plan national.

La recherche régionale

Historiquement, les disciplines très présentes en Midi-Pyrénées sont les

matériaux (le génie des procédés et le génie chimique), l'électronique, les sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie, l'aéronautique et l'espace. Ces domaines restent au cœur des préoccupations de recherche de la région, mais ne doivent pas masquer un notable effort de soutien de la part du CNRS dans le domaine des sciences du vivant, des mathématiques et de la physique fondamentale.

Le partenariat scientifique

Depuis la première vague de contractualisation entre le ministère, les universités et le CNRS en 1995, le Centre a accentué et diversifié son partenariat avec les établissements universitaires, écoles et organismes de recherche.

De plus, des partenariats significatifs sont développés avec : l'École des mines d'Albi-Carmaux, des établissements publics à caractère scientifique et technologique (EPST), des établissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC), des établissements publics à caractère administratif (EPA), des industriels et des sociétés civiles.

La recherche régionale est également liée à trois pôles de compétitivité labellisés : Aéronautique, Espace et Systèmes Embarqués : Aerospace Valley, Cancer-Bio-Santé et Agrimp Innovation.

Les relations internationales

Des laboratoires entretiennent des relations avec des partenaires internationaux, sous la forme :

- d'unités mixtes internationales (UMI)
- de laboratoires internationaux associés (LIA)
- de laboratoires européens associés (LEA)
- de groupements de recherche européens et internationaux (GDRE / GDRI)

Les partenariats industriels

Des contrats de type industriel sont passés entre des unités de

recherche de la région et des industriels (Pierre Fabre, Alstom, Essilor...). Ces partenariats sont en constante augmentation depuis 5 ans.

Les partenariats institutionnels

- Le contrat de Projet État-Région (CPER) 2007-2013 a été signé en 2007 pour un montant global de 1583,88 M€. L'enveloppe du CNRS pour la durée de ce CPER

s'élève à 9,3 M€ dont 5,5 sur des opérations dont il assure la maîtrise d'ouvrage.

- Des laboratoires bénéficient de fonds structurels de l'Europe.

Le CNRS travaille également de longue date en partenariat avec le Conseil Régional.

Contact : Carine Desauty : carine.desauty@dr14.cnrs.fr

1 Données de mars 2009



Trois laboratoires des sciences de l'univers

L'Observatoire Midi-Pyrénées

L'OMP est une composante de l'Université Paul Sabatier (Toulouse III), qui regroupe les sept laboratoires des Sciences de l'Univers de cette université et une Unité de Service et de Recherche.

L'OMP regroupe l'ensemble des thématiques des Sciences de l'univers (Océan, Atmosphère, Sciences de la Terre et de la Surface, Astronomie et Astrophysique, Planétologie), qui sont au cœur des domaines du Spatial et de l'Environnement.

L'OMP est aussi un Observatoire des sciences de l'univers (OSU) du CNRS/INSU (Institut national des sciences de l'univers) qui a sous sa responsabilité des services d'observation et tâches de services, ainsi que des services scientifiques communs.

Outre les deux tutelles principales, l'Université et le CNRS, certains de nos laboratoires sont également sous tutelle du CNES et/ou de l'IRD (Institut de recherche pour le développement).

Le Centre d'étude spatiale des rayonnements

Le Centre d'étude spatiale des rayonnements (CESR), est le laboratoire d'astrophysique spatiale du «Grand Sud-Ouest» français. Connu sous le code UMR5187, il est une Unité mixte de recherche du CNRS et de l'Université Toulouse III.

Le CESR qui a la faculté d'élaborer des modèles et des théories, est aussi reconnu comme un laboratoire développant l'instrumentation spatiale et sol, au service de ses thématiques scientifiques. Cette activité instrumentale se caractérise par la définition, la conception et la réalisation d'expériences embarquées sur satellites, sondes interplanétaires ou ballons stratosphériques et d'expériences au sol. Ces expériences s'accompagnent de l'exploitation des données délivrées par ces instruments avec, en parallèle, le développement et la maintenance de bases de données ouvertes et de services d'observation.

Une part importante de l'activité du laboratoire est consacrée à la proposition et au développement de projets instrumentaux. Ces projets s'inscrivent dans le cadre de missions spatiales françaises (CNES), européenne (ESA), américaine (NASA) mais aussi japonaises (JAXA), chinoises et indiennes. Les projets sont essentiellement menés sous l'égide des organismes nationaux ou internationaux cités ci-dessus et en collaboration avec d'autres laboratoires de recherche français ou étrangers. Ces développements instrumentaux s'inscrivent dans un planning défini au départ. Cependant, les aléas de la mise au point de ces systèmes complexes imposent aux personnels disponibilité et souplesse pour s'adapter à ces périodes de suractivité.

Le Centre national des recherches météorologiques

Service de recherche de Météo-France, le Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) assure l'essentiel des activités de recherche, et coordonne l'ensemble des actions de recherche/développement conduites au sein de Météo-France, service météorologique national français.

Ces actions de recherche et de développement sont orientées en priorité par les besoins du service public en matière de météorologie : prévision météorologique, physique et dynamique de l'atmosphère, connaissance du climat, interactions entre l'homme, le climat et l'atmosphère.

Les domaines de recherche couverts s'étendent à certaines frontières de la météorologie comme la chimie atmosphérique, l'océanographie, l'hydrologie de surface ...



Introduction : histoire de la recherche

Le Cemes est le successeur du Laboratoire d'optique électronique (LOE), fondé en 1957 par le professeur Gaston Dupouy. Inauguré par De Gaulle en 1959, dans un contexte de développement volontariste de la Recherche, ce laboratoire relevait alors un défi technologique : construire des microscopes électroniques à haute tension fonctionnant sous 1,2 Millions de volts, puis plus tard 3 MV. La célèbre « Boule » du quartier de Rangueil accueille toujours le très spectaculaire générateur de 1,2 MV dans son étage supérieur, mais aussi des microscopes modernes, commerciaux ou expérimentaux, au rez-de-chaussée.

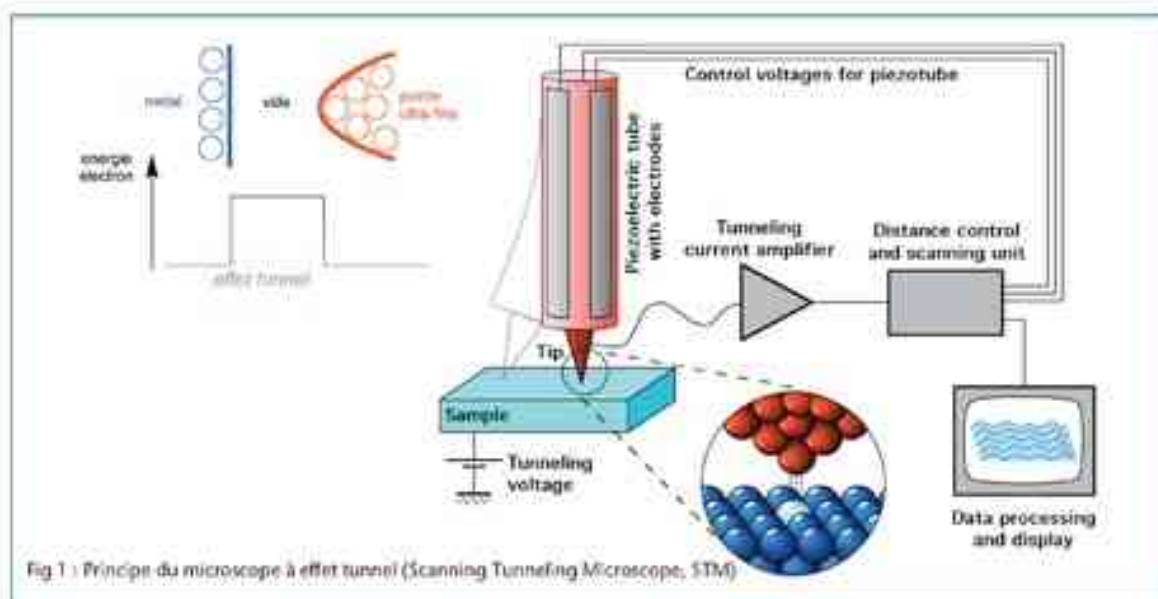
En 1989, une évolution majeure fut la transformation du LOE en

CEMES, avec l'arrivée d'équipes de chimistes, notamment moléculaires. Désormais, le Laboratoire avait la capacité à élaborer ses objets d'études, par les procédés de la chimie, mais aussi par des méthodes physiques (implantation ionique, pulvérisation cathodique, pyrolyse d'aérosols, etc...). Le laboratoire, qui fêtera bientôt ses 50 ans, se positionne dans le domaine des Nanosciences et Nanomatériaux, là où les disciplines traditionnelles que sont la Physique et la Chimie se confondent. Il est fortement soutenu dans le cadre de contrats européens : 6 gros projets ont été coordonnés par le laboratoire dans les dernières années, il bénéficie d'un des rares projets « jeune chercheur » de l'*European Research Council* en Chimie, et par ailleurs le Cemes est l'un des 4 centres de recherches associés à un important programme japonais de nanotechnologie, « Mana », qui va

se consacrer aux nanomatériaux et nanosystèmes innovants.

L'accession au tout-petit

La descente en taille des dispositifs est une tendance lourde dans de nombreux domaines, le plus spectaculaire étant celui de l'électronique. Les avantages sont évidents dans ce secteur, puisque l'on peut associer un nombre croissant d'objets actifs dans un même volume (loi de Moore). Cependant l'accession au tout-petit, et notamment à l'objet quantique unique, est restée pendant longtemps un rêve inaccessible, pour des raisons technologiques. En outre, une interprétation un peu trop restrictive de la mécanique quantique, insistant sur l'impossibilité d'accéder à autre chose que des valeurs moyennes ou des probabilités, semblait l'interdire.



La situation changea radicalement à partir de 1981 avec l'invention du microscope à effet tunnel (Scanning Tunneling Microscope, STM). Cet outil extraordinaire effectue le pont entre le monde macroscopique et le monde nanoscopique de l'objet quantique unique. Rappelons qu'il met en œuvre une pointe métallique ultrafine (idéalement terminée par un seul atome), positionnée avec une extrême précision au voisinage d'une surface métallique, par des actionneurs piézoélectriques. Lorsque la distance entre les deux conducteurs métalliques est inférieure à environ 1 nm, donc avant le contact proprement dit, un courant commence à passer. Il s'agit du courant tunnel, mettant en jeu l'effet du même nom. Cette dénomination vient du schéma d'énergie où l'énergie est portée en fonction de la distance : les électrons n'ayant pas assez d'énergie pour être extrait du métal et traverser l'espace vide entre les deux conducteurs, tout se passe comme si ils passaient dans un tunnel sous la colline d'énergie. Le courant tunnel étant extrêmement sensible à la distance, il constitue un indicateur très précis de la position de la pointe. Un dispositif d'asservissement électronique complète le dispositif et permet le déplacement de la pointe à altitude constante, d'où la possibilité de réaliser des images. Mais en outre, à partir de 1991, il a été montré que la pointe du STM constituait un remarquable outil de fabrication, capable de tirer, pousser, donc repositionner un objet tel qu'un atome ou une molécule.

Mais comment échappe-t-on à la difficulté quantique mentionnée plus haut ? En fait, ici une circonstance favorable est que l'ob-

jet est solidaire d'une surface, ce qui lui restitue partiellement un comportement classique. C'est la raison pour laquelle la mesure est possible : l'objet est sondé en permanence par un flux d'électrons qui le traverse par effet tunnel, et l'observable est un courant électrique, stable dans le temps. Il y a un effet de moyenne, mais portant sur les électrons tunnel, pas sur l'objet lui-même.

Jouer avec des nano-objets

Il existe maintenant une grande variété de nano-objets dont la forme et le comportement rappellent ceux d'objets macroscopiques. On peut schématiquement les classer selon les propriétés mises en jeu, mécaniques ou électroniques.

Nano-objets mécaniques

Le mouvement de rotation est l'un des plus caractéristiques des machines macroscopiques. À l'échelle « nano » on peut réaliser des « roues » moléculaires par la synthèse chimique, mais la difficulté est démontrer la réalité d'un mouvement de rotation contrôlé. (De nombreuses molécules portent des groupements variés susceptibles de tourner, mais l'effet est totalement banal, et consiste en une rotation partielle et aléatoire sous l'influence de l'agitation thermique.)

Un premier objectif est donc d'obliger la roue à tourner, puis ultérieurement on pourra lui fournir une source d'énergie pour qu'elle entraîne un équipage mobile, de manière à réaliser par exemple un véhicule autonome.

Nous avons ainsi préparé une molécule comportant deux « roues » constituées par des unités triptycène, donc des roues très irrégulières à trois dents, reliées par un « essieu ». Cette molécule est déposée sur une surface de cuivre selon l'orientation cristallographique 110, choisie car elle présente une rugosité importante. Après repérage et identification de la molécule avec la pointe d'un microscope à effet tunnel, cette dernière est utilisée pour pousser l'ensemble dans une direction perpendiculaire à l'essieu, de manière à déclencher un mouvement de rotation par accrochage des dents dans les rainures de la surface. Mais cette opération se fait « à l'aveuglette » et il faut encore prouver la rotation ! Celle-ci a été démontrée par l'analyse temporelle du courant tunnel traversant le dispositif, car il est sensible à la disposition précise des dents par rapport à la surface.

Un autre type de mécanisme analogue à un mécanisme macroscopique est l'engrenage. Celui-ci est réalisé à partir de molécules construites autour d'un motif benzène, donc ayant la forme d'étoiles à 6 branches, ces branches comportant entre autres des groupements benzéniques extérieurs. Ces molécules s'assemblent spontanément sur une surface de Cuivre (111), en formant des îlots compacts. À la périphérie de ces îlots, on trouve des molécules relativement mobiles, qu'il est possible de pousser latéralement avec la pointe d'un microscope à effet tunnel. La question qui se pose alors est de savoir si les molécules ne font que glisser en dérapant à la périphérie de l'îlot, ou si elles

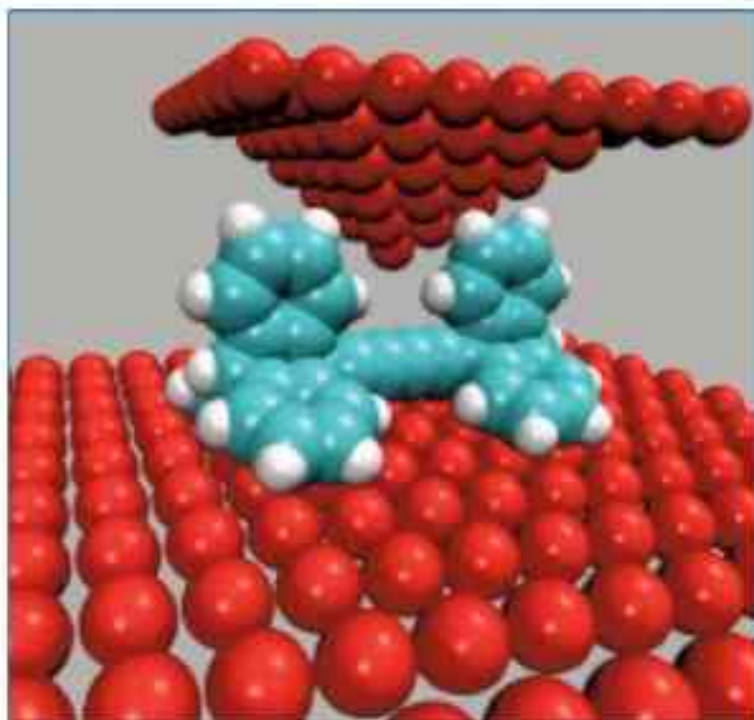


Fig 2 : Deux roues moléculaires, relifées par un essieu, et poussées par la pointe d'un microscope à effet tunnel.

se déplacent en pivotant, comme un pignon attaquant une crémaillère. Pour cela il a fallu « marquer » une dent, en substituant un motif benzénique extérieur par un groupement pyrimidine. Cette modification, qui introduit deux atomes d'azote à la place de deux atomes de carbone, est suffisante pour changer localement le contraste lorsque l'image est enregistrée avec une tension suffisamment forte, et la dent marquée apparaît comme une tache blanche. L'enregistrement systématique d'images après chaque séquence de manipulations a montré que l'effet d'engrenage était bien obtenu. Cependant il existe une proportion notable d'événements dans lesquels la molécule dérape sans

tourner, car les molécules sont évidemment beaucoup plus souples et déformables que les pièces métalliques des mécanismes courants.

Nano-objets électroniques

La première propriété de type électronique que l'on peut rechercher est le transport d'électrons à travers une molécule unique. Il s'agit d'un des tout premiers objectifs de l'électronique moléculaire, qui est née en 1974, avec la célèbre proposition par Aviram et Ratner de réaliser une diode moléculaire, c'est-à-dire un dispositif basé sur une seule molécule et pour lequel le passage du courant est plus facile dans un sens que dans l'autre. Cette conjecture a finalement été réalisée, non pas

avec un microscope à effet tunnel, mais avec un dispositif dit « à jonction brisée », dans lequel on contrôle avec une très grande précision, par un mouvement de flexion progressive, l'écart entre deux électrodes. On dépose alors sur cette jonction une solution renfermant des molécules de longueur adaptée à l'écart inter-électrodes, et munies de groupement chimiques assurant la fixation au métal. En utilisant des molécules asymétriques soigneusement conçues, l'effet de redressement a finalement été obtenu en 2005. Avec des molécules plus complexes, possédant des parties mobiles ou photoisomérisables, on peut même accéder à la commutation moléculaire.

Les fonctions citées plus haut (commutation, redressement) ne sont pas fondamentalement différentes de celles que l'on peut réaliser avec des dispositifs conventionnels basés sur le Silicium. Mais on peut aller plus loin, en mettant à profit la nature quantique des objets que sont les molécules. Il est possible de réaliser en principe des « portes logiques quantiques ». Ainsi une porte logique, qui a été simulée mais non encore fabriquée, serait munie de deux entrées, notées 1 et 2, et délivrerait sur deux sorties indépendantes la fonction ET ou XOR (OU exclusif).

Une retombée remarquable de ces recherches en électronique moléculaire est la possibilité de visualiser les orbitales moléculaires. Pour cela, il faut une molécule conjuguée plane, déposée sur une surface conductrice, mais qui ne soit pas trop couplée au métal. On y parvient en la déposant sur une surface elle-même

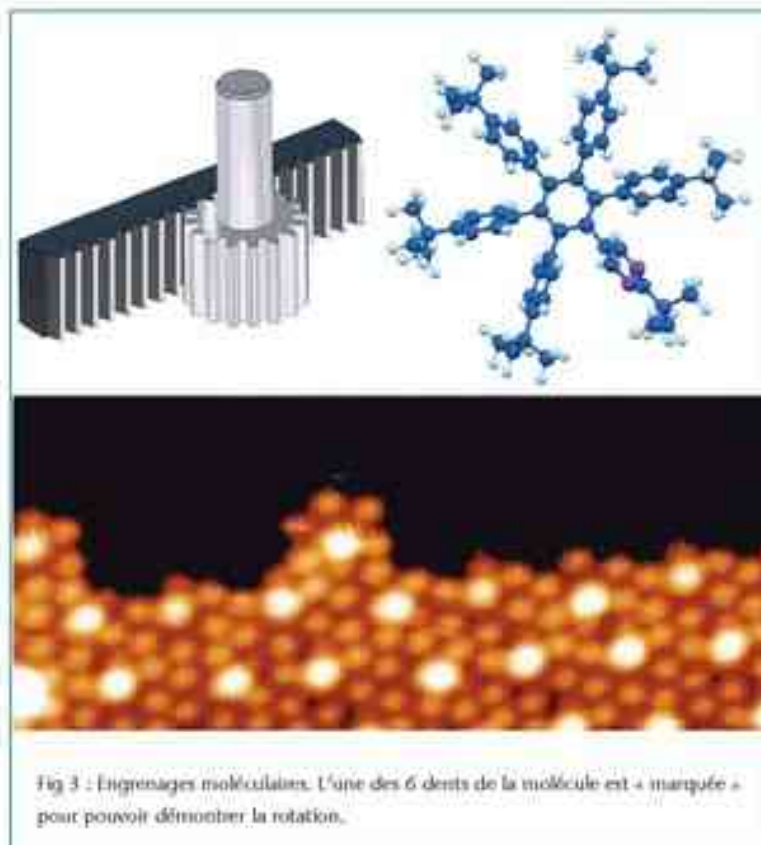


Fig 3 : Engrenages moléculaires. L'une des 6 dents de la molécule est « marquée » pour pouvoir démontrer la rotation.

recouverte d'une couche ultrafine d'un isolant, constitué par deux couches atomiques de NaCl, ou encore en utilisant un substrat passivé comme le silicium hydrogéné. Dans ces conditions, les niveaux monoélectroniques de la molécule (orbitales moléculaires) conservent leur individualité. On approche alors la pointe d'un microscope à effet tunnel, pour enregistrer une première image qui permet de localiser la molécule. Ensuite on applique une tension relativement importante (typiquement 2 V), dans un sens ou dans l'autre. Lorsque la pointe du microscope est négative, on a alors tendance à injecter un électron dans l'orbitale la plus Basse Vacante (BV),

puis cet électron passe à travers le film de NaCl sur le substrat. Les phénomènes inverses se déroulent lorsqu'on polarise avec la pointe positive : on extrait alors un électron de la plus Haute Occupée (HO), puis le « trou » est comblé par un électron venant du substrat. Ces phénomènes sont évidemment facilités lorsque la pointe est en face d'un lobe de la fonction d'onde concernée, plutôt que d'un nœud. Ainsi, en déplaçant la pointe à tension constante, on parvient à cartographier les orbitales frontières.

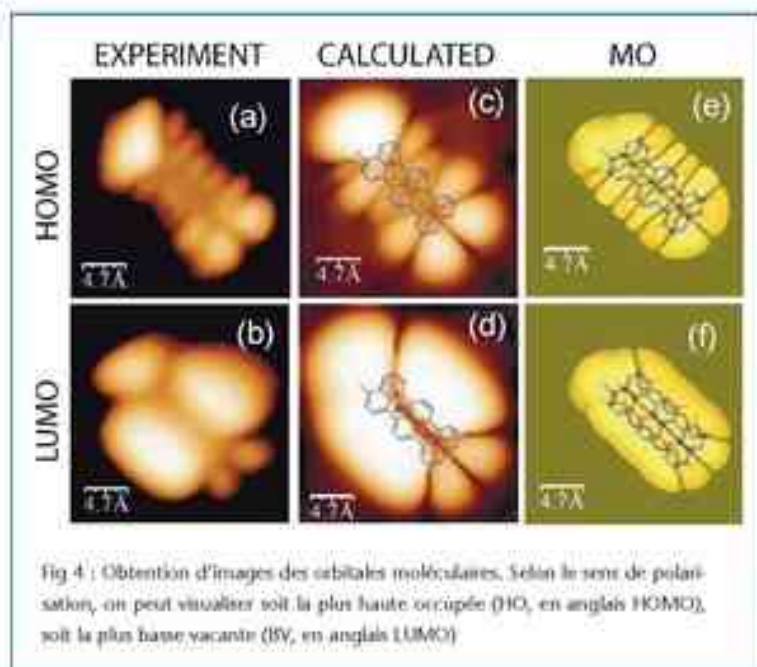
Ce résultat est particulièrement important pour la communauté des chimistes, puisque les orbi-

tales moléculaires, ces objets familiers tellement utiles pour expliquer les propriétés et la réactivité des molécules, mais dont seule l'énergie était expérimentalement mesurable, deviennent enfin accessibles à l'imagerie.

L'adressage moléculaire

Un grand défi est maintenant de parvenir à l'adressage moléculaire : comment communiquer avec une molécule unique, et toujours la même, lui amener de l'énergie, obtenir des informations sur son comportement ? Deux grands types de solutions sont envisagés : par voie électrique (connexion métal-molécule) et par voie optique.

La construction rationnelle et propre d'un dispositif du type métal-molécule-métal est abordée au CEMES par une technologie entièrement réalisée en ultra-vide. En effet, par rapport aux solutions traditionnelles mettant en jeu des salles blanches, l'ultra vide (Ultra High Vacuum, UHV) assure le meilleur contrôle possible dans la fabrication d'un objet avec une précision atomique. Nous avons ainsi élaboré une sorte d'Usine en Ultra-vide constituée par une série d'enceintes et de postes de travail interconnectés. L'ensemble, de 7 m de long, est organisé autour d'un tube central avec un chariot mobile assurant le transport entre les différents postes. On trouve ainsi un bâti d'épitaixie, permettant de préparer les supports (en général des surfaces de semi-conducteur à grand gap), des ateliers de dépôts d'électrodes par métallisation, un spectro-



mètre de masse qui permet de sublimer sélectivement des molécules triées en masse, et bien entendu des ateliers de caractérisation basés sur les techniques de champ proche (STM, mais aussi Microscope à Force Atomique, AFM). La métallisation utilise des techniques originales de « nano-stencil » : on projette les atomes métalliques à travers de très petites ouvertures de manière à créer des motifs ultra-fins. L'ouverture peut être fixe ou même mobile, dans ce dernier cas il s'agit d'un trou percé à l'extrémité d'un levier d'AFM, et on parle alors de « nanostencil dynamique ».

L'adressage optique pose en apparence un problème insurmontable, puisque les lois de l'optique interdisent de focaliser suffisamment un faisceau lumineux pour l'amener à la taille d'une molécule (la longueur

d'onde d'un rayonnement visible est environ 1000 fois plus grande que la taille d'une molécule). Mais il existe maintenant tout un domaine d'optique en champ proche, utilisant notamment les ondes évanescentes, qui permet d'amener l'énergie lumineuse à un endroit déterminé en la faisant cheminer dans des sortes de guides d'onde. La situation est comparable à celle du médecin utilisant un stéthoscope : bien que la longueur d'onde du son soit très grande par rapport au corps humain, la localisation précise d'une source de bruit est possible. Cette méthode optique d'adressage est en rapide développement.

La jonction avec le «Silicium ultime»

Les études ci-dessus mettent en jeu des nano-objets étudiés à l'unité. Mais à la frontière entre nanos-

ciences et nanomatériaux (les matériaux dont la structure est contrôlée à l'échelle du nanomètre), on trouve un domaine de recherche de l'Electronique, baptisé « Silicium ultime ». Il s'agit de pousser à la limite les recherches sur les dispositifs électroniques, en mettant en jeu des objets et concepts analogues à ceux des Nanosciences, mais sans révolutionner l'architecture générale. Ainsi on peut fabriquer des transistors incorporant dans l'isolant de grille des nanoparticules semi-conductrices, préparées par Implantation Ionique. Ces nanoparticules peuvent se charger ou se décharger selon la tension appliquée, le courant étant là aussi assuré par effet tunnel. La charge de la nanoparticule, stable dans le temps, constitue une manière de stocker de l'information et ces dispositifs sont intéressants pour fabriquer de nouvelles générations de mémoires flash.

Conclusion

Les techniques actuelles permettent de mettre en œuvre des molécules, ou plus généralement des objets quantiques, que l'on peut étudier à l'unité, pour réaliser de véritables composants ou machines moléculaires. Ces machines mettent en jeu des effets mécaniques, électroniques, ou une combinaison des deux. C'est tout un domaine de recherche qui s'est ainsi ouvert en quelques années, avec ses règles propres. Mais bien que l'analogie avec le monde macroscopique constitue un guide de raisonnement commode, il y a de nombreuses différences. Sur le plan mécanique, les molécules sont des objets mous et souples,

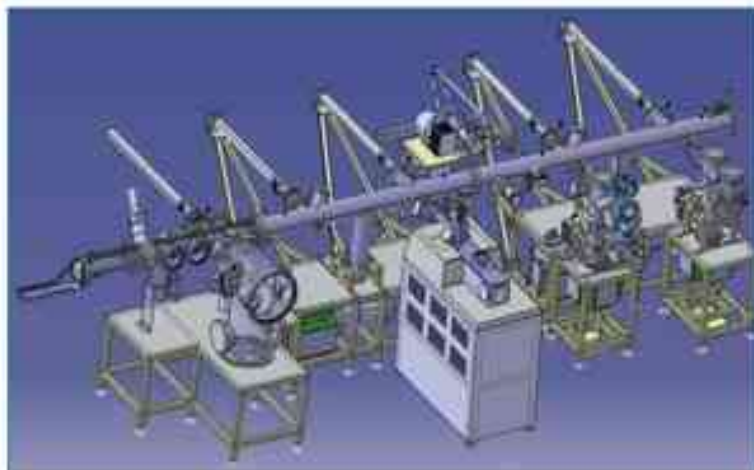


Fig 5 : Une usine en UltraVide avec ses différents postes de travail.

et peuvent adopter un grand nombre de conformations différentes, ce qui complique beaucoup la prévision de leur comportement. Sur le plan des propriétés électroniques, les fonctions de base de l'électronique ont été obtenues, mais se pose le problème du montage des composants « en cascade », c'est-à-dire dans une disposition où la sortie de l'un attaque l'entrée de l'autre.

La grande richesse des comportements moléculaires permet cependant d'imaginer des solutions, et le fonctionnement des systèmes biologiques constitue une « preuve de principe ». Rappelons que l'on trouve, dans les systèmes biologiques, des commutateurs détecteurs de photons (la rhodopsine), un dispositif photovoltaïque (le centre actif de la photosynthèse), et même un moteur rotatif (l'ATP synthase). Nul

doute que l'ingéniosité des nanoscientifiques leur permettra d'aller encore plus loin !

Pour en savoir plus

Joachim, C., Launay, J.-P., Compagno, R. « Des molécules à calcul », *La Recherche*, N° 347, 2001, p. 27-32.

Launay, J.-P. Chapitre «From Single Molecules to Practical Devices», dans *"From non covalent assemblies to molecular machines"* (Proceedings of the 21st Solvay Conference in Chemistry), Wiley-VCH, 2009, à paraître.

Joachim, C., Launay, J.-P. "The molecular machines". *L'Actualité Chimique*, oct-nov 2005, p.53.

Contact : launay@cemes.fr

† Professeur à l'Université Paul Sabatier et à l'Institut universitaire de France
Directeur du Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (Cemes), Toulouse

La Fondation STAE (Sciences et technologies pour l'aéronautique et l'espace)

par Joël Bertrand¹

Structure œuvrant pour le développement de la recherche scientifique dans le domaine aéronautique et spatial en Midi-Pyrénées, la fondation STAE a été officiellement inaugurée le mercredi 9 juillet 2008 à la Cité de l'espace. Cette inauguration a réuni l'ensemble des acteurs académiques et institutionnels, ainsi que les industriels partenaires. Valérie Pécresse, ministre de l'Enseignement supérieur et de la recherche, a présidé cette inauguration.

Les origines de la fondation

La fondation de coopération scientifique STAE, émanation du réseau thématique de recherche avancée Sciences et technologies pour l'aéronautique et l'espace de Toulouse (RTRA/STAE) est un nouvel outil fédérateur pour le développement d'une recherche scientifique d'excellence en Midi-Pyrénées, exploitable par les industries aéronautiques et spatiales.

La fondation de coopération scientifique sciences et technologies pour l'aéronautique et l'espace dont le siège est à l'Académie de Toulouse, a été créée par décret du Premier ministre du 7 mars 2007.

Les réseaux thématiques de recherche avancée (RTRA)

Les RTRA, créés en avril 2006 par la Loi de programme pour la recherche, sont de nouveaux outils destinés à conduire des projets d'excellence scientifique internationale afin de faire face à la mondialisation de la recherche

et de la technologie. Ils rassemblent autour d'un noyau d'unités de recherche proches géographiquement, une masse critique de chercheurs de très haut niveau. Ils fédèrent ainsi plusieurs établissements de recherche ou d'enseignement supérieur parfois en association avec des entreprises.

Une visibilité mondiale

À l'heure où les industriels, mais également les scientifiques, doivent faire face à une compétition internationale de plus en plus agressive, il était essentiel de se donner les moyens de renforcer et de faire valoir nos compétences nationales. L'innovation, la recherche, sont des domaines dans lesquels la France peut se positionner et rivaliser avec les leaders mondiaux. En matière de recherche, la Fondation STAE est une structure de taille critique capable de rassembler l'élite : les meilleurs étudiants, les meilleurs chercheurs, les meilleurs enseignants-chercheurs autour de projets scientifiques de haut niveau. Au carrefour des secteurs scientifique et industriel, elle fédère les acteurs majeurs de l'aéronautique et du spatial, et soutient avant tout l'initiative des scientifiques.

Un réseau de coopération

La Fondation STAE a pour objectif de mettre en synergie les différents acteurs de la recherche en Midi-Pyrénées. Chercheurs, institutionnels, industriels, mettent leurs compétences au service de projets, pour les soutenir dans leur réalisation. Les projets soutenus par la Fondation

STAE apportent ainsi une contribution au développement des laboratoires de recherche, mais contribuent également à renforcer le tissu industriel aéronautique et spatial local. Une opportunité qui leur permettra de bénéficier des retombées positives du rayonnement international de la Fondation STAE.

Les chercheurs : Des acteurs fortement impliqués

Midi-Pyrénées dispose aujourd'hui, en recherche publique, d'un potentiel scientifique humain conséquent dans les domaines des Sciences physiques pour l'ingénieur (SPI), des Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) et des Sciences de la planète et de l'univers (SPU) : près de 1 800 chercheurs et enseignants chercheurs. La communauté scientifique toulousaine rassemblée au sein de la Fondation compte, à elle seule, 25 laboratoires de recherche publique. Sur le potentiel global SPI, STIC et SPU, le nombre de chercheurs et enseignants chercheurs directement concernés par les activités de la Fondation est d'environ 800 personnes. Concrètement, ce sont aujourd'hui 142 acteurs de la recherche qui se mobilisent autour des projets de la Fondation.

Les membres fondateurs de la Fondation STAE

- Centre national d'études spatiales (CNES)
- Centre national de la recherche scientifique (CNRS)

LA FONDATION STAE

- Institut de recherche pour le développement (IRD)
- Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera)
- Pôle de recherche et d'enseignement supérieur université de Toulouse (PRES)
- Toulouse Midi-Pyrénées aéronautique spatial et systèmes embarqués (Tompasse)

Les domaines d'action

La Fondation STAE développe ses actions dans deux domaines complémentaires :

Le soutien à des projets interdisciplinaires d'excellence scientifique. Ils visent des objectifs fondamentaux ambitieux, associés à des expérimentations et des réalisations qui lui donnent une attractivité scientifique internationale, interpellant des scientifiques de renommée mondiale.

La mise en place de plateformes technologiques qui mutualiseront, au sein du réseau, les outils d'analyse, d'expérimentation et de validation des codes numériques.

Bénéfice pour les industriels

La Fondation STAE est devenu un partenaire indispensable au développement du secteur de l'aéronautique et de l'espace en Midi-Pyrénées. Le réseau fédéré par la Fondation STAE associe plusieurs communautés scientifiques spécialistes des sciences pour l'ingénieur, des sciences de la planète et de l'univers, des sciences de l'information et de la communication, afin de mener des projets pluridisciplinaires, de visibilité internationale. Ces projets contri-

bueront au développement des industries aéronautiques et spatiales de Midi-Pyrénées et à l'attractivité du territoire pour le secteur scientifique.

Des avancées significatives pour la recherche

À travers les projets qu'elle soutient, la Fondation STAE donne une nouvelle dynamique aux laboratoires de recherche. La structuration par projet de recherche, à compétences multidisciplinaires, dans lequel chaque partenaire apporte ses compétences, est un des points clés de la recherche de demain. Les projets soutenus par la Fondation STAE ancrent les laboratoires dans cette dynamique, apportant ainsi une contribution au développement du tissu industriel aéronautique et spatial local. Une opportunité qui leur permettra de bénéficier des retombées positives du rayonnement international de la Fondation STAE.

Les projets scientifiques sont les véritables lignes de forces de la Fondation STAE.

Ils visent tous l'excellence et doivent à la fois permettre de répondre aux principaux défis scientifiques et de lever les verrous technologiques, en s'appuyant autant que nécessaire sur des approches pluridisciplinaires. Les projets scientifiques de la Fondation STAE se positionnent sur la partie amont du continuum recherche-développement, pouvant par ailleurs alimenter, par la découverte et la compréhension, des projets finalisés tels que ceux développés dans le cadre du pôle

de compétitivité Aerospace Valley. Le RTRA STAE, en s'appuyant sur les articulations interdisciplinaires, focalise ses actions sur les objectifs ci-dessus, pour :

- Maîtriser et optimiser les matériaux, les systèmes mécaniques, l'aérodynamique, les procédés de transformation de la matière, l'énergie pour l'aéronautique et l'espace.

- Maîtriser les modèles et les technologies de l'espace et de l'environnement pour une compréhension du fonctionnement des milieux naturels et de leurs processus d'interaction, pour développer des capacités d'observation spatiale, de surveillance et de prévision à long terme, concourant à la protection de la planète Terre.

- Maîtriser et sécuriser les systèmes embarqués pour l'aéronautique et l'espace, aux niveaux des micro et nano technologies pour l'instrumentation, la gestion de l'énergie, et la communication; de la modélisation, la commande, le diagnostic et la supervision ; du génie logiciel, de la sécurité et de la sûreté de développement et d'opération.

- Favoriser la conception intégrée des systèmes aéronautiques et spatiaux.

Participer à un projet soutenu par la Fondation STAE

Chaque année, les projets soutenus par la Fondation sont sélectionnés par le Conseil Scientifique à partir d'un appel à projets. Ces appels à projets s'adressent aux équipes et

laboratoires toulousains, laboratoires ressources du RTRA STAE. Si le coordinateur du projet doit appartenir à l'un des laboratoires ou des équipes rattachés au STAE (laboratoires ressources), des équipes extérieures peuvent être associées au projet. De façon générale, la recherche d'une nécessaire pluridisciplinarité conduira à l'association de plusieurs laboratoires complémentaires et d'un nombre important de participants au sein d'un même projet. Il existe aussi la possibilité de soumettre un projet appelé «projet émergent» : il s'agit d'une aide au montage d'un nombre limité de projets innovants en gestation, qui nécessitent un faible soutien financier pour, soit aider à la coordination des équipes, soit prendre les contacts nécessaires avec des scientifiques extérieurs, soit tout autre besoin permettant d'en faciliter le mûrissement. Ces projets sont d'une courte durée (inférieure à 1an). Il s'agit en quelque sorte d'une étude de faisabilité qui, si elle s'avère concluante, pourra faire l'objet par la suite d'un dépôt de projet et dont le financement sera plus conséquent.

Les projets structurants soutenus par la Fondation STAE en 2007

• CASA : Capteurs spatiaux pour l'astrophysique : électroniques intégrées durcies,

Thème : Milieux naturels
Appartenance : CESR

• CYMENT : Cycle de l'eau et de la matière dans les bassins versants : de l'observation spatiale à la modélisation hydrologique.

Thème : Milieux naturels
Appartenance : Legos (CNES,

CNRS, IRD, UPS)

Partenaires : Cesbio (CNES-CNRS-UPS-IRD), CNES, CNRM (Météo-France/CNRS), GREMAC (UT1/CNRS/INRA), IRD, LA (UPS-CNRS), LMGT (UPS/CNRS/IRD)

• PLASMAX : Modélisation des interactions micro-ondes/plasma pour applications aérospatiales.

Thème : Modélisation systèmes complexes

Appartenance : Onera

Partenaires : IMT (CNRS/UPS-INSAT/UT1/UT2), LAMIE (UPS/INPT), LAPLACE (UPS/CNRS/INP)

• ROSACE : Robots et systèmes auto-adaptatifs communicants embarqués.

Thème : Systèmes embarqués

Appartenance : LAAS (CNRS)

Partenaires : Cert, Onera

• SYMIAE : Systèmes miniaturisés intelligents pour l'aéronautique et l'espace.

Thème : Systèmes embarqués

Appartenance : LAAS (CNRS)

Partenaires : Cirimat (CNRS/UPS-INP), LAPLACE (UPS/CNRS/INP)

Thématiques de l'appel à projets lancé en avril 2008

Le deuxième appel à projets s'inscrit dans la continuité du premier, en reprenant les thèmes qui n'ont pas été suffisamment couverts par les projets retenus en 2007, et en ouvrant de nouveaux thèmes afin de parvenir à une bonne couverture de l'ensemble du champ scientifique du RTRA-STAE.

Thème 1 : Modélisation et simulation des objets et processus complexes

Thème 2 : L'avion propre

Thème 3 : Systèmes embarqués et distribués

Thème 4 : Les milieux naturels et leur devenir : de l'observation spatiale à la modélisation

Thème 5 : Nouveaux capteurs et capteurs distribués

Thème 6 : Nouveaux matériaux pour l'aéronautique et l'espace

Les 8 projets retenus dans le cadre de l'appel à projets 2008

Thème 1 : Algorithmes de nouvelle génération pour l'Assimilation de données dans le système Terre Atmosphère Océan (ADTAO) Le projet ADTAO vise à construire une nouvelle génération de systèmes opérationnels pour l'assimilation de données en améliorant la représentation des erreurs dans les processus dynamiques

Thème 1 / 3 : Imageur diffractif de FRESNEL : validation sol dans l'UV (FDAI-UV) Seul projet retenu dans le concept de mono-laboratoire. Plusieurs programmes de recherche astronomique parmi les plus prioritaires nécessitent une très haute résolution angulaire et de très forts contrastes. Ce programme scientifique est recommandé dans tous les plans de recherche à long terme, tant aux Etats-Unis qu'en Europe.

Thème 2 : *Electroactive morphing for micro-air vehicles (EMMAV)*. Le projet se propose de promouvoir l'utilisation de nouveaux matériaux électro-actifs pour de véhicules aériens de taille micro- ou nano-métrique (MAV & NAV).

Thème 2 / 4 : Impact du trafic aérien sur l'atmosphère et le climat (ITAAC) L'estimation de l'impact de l'aviation sur le climat est d'un grand intérêt pour l'industrie aéronautique. Le projet se concentre sur l'étude des émissions de gaz à effet de serre et composés réactifs dans la troposphère et la basse stratosphère.

Thème 4 : *Multi-agents for environment norms impact assessment (MAELIA)* Le projet se propose de développer une plateforme de simulation multi-agents permettant d'étudier l'impact des normes sur les ressources naturelles.

Thème 5 : Microlaboratoires d'analyses *in situ* pour observatoires environnementaux (MAISOE) Le projet

se propose d'étudier, de développer et de tester un système de microcapteurs *in situ* capables de mesurer les silicates, les phosphates et les nitrates dans l'océan, le mercure dans les eaux continentales et dans les surfaces continentales, le méthane dans les sources hydrothermales.

Thème 5 / 6 : Instrumentation multicapteurs pour matériaux et structures composites (I2MC) Le projet concerne « le Contrôle Santé » des structures composites. Le projet se propose de concevoir des capteurs les plus petits possibles afin de ne pas perturber la structure, une autre difficulté étant que ces micro capteurs doivent subir les conditions de fabrication du matériau (pression, température)

Thème 6 : ARCS Stabilité Le projet traite de problèmes de stabilité microstructurale : Etude et simulation de l'effet des contraintes sur la décomposition spinodale, Accommodation des contraintes d'origine thermique dans les polycristaux hexagonaux par ségrégation d'éléments interstitiels, *Rafing and dislocation in ordered superalloys* et Etude des effets environnementaux sur les interfaces

Contact :

Joel.Bertrand@fondation-stae.net
www.fondation-stae.net

† Directeur de recherche au CNRS
Directeur de la Fondation

Recherche sur le cancer dans les laboratoires CNRS de Midi-Pyrénées

par Jean-Philippe Girard¹ et Bernard Ducommun²

Les laboratoires toulousains rattachés au département des sciences de la vie du CNRS et à l'université Paul Sabatier contribuent historiquement de façon très importante aux recherches fondamentales en cancérologie. Ces travaux souvent qualifiés d'amont, s'insèrent cependant dans un dispositif régional où différentes structures et instruments d'animation scientifique concourent à une réelle intégration de ces recherches dans une vision de transversalité visant à apporter un bénéfice pour les patients. De nombreuses équipes des unités CNRS/UPS toulousaines sont ainsi des acteurs clés de programmes de recherche financés par l'Institut national du cancer (Inca) et participent à l'animation des réseaux scientifiques mis en place par le GIP Cancéropôle Grand-Sud-Ouest.

Ces équipes participent également au Réseau thématique de recherche et de soins (RTRS) «Innovation Thérapeutique en Cancérologie», créé en 2007 et qui structure l'espace de recherche toulousain en cancérologie, regroupant des chercheurs issus des différents EPST et des centres hospitaliers.

Les équipes des unités CNRS/UPS impliquées dans la recherche sur le cancer sont très activement soutenues par les associations caritatives que sont l'ARC et la Ligue contre le cancer. Il en est en effet remarquable que parmi les 7 équipes toulousaines actuellement labellisées pour trois ans par la Ligue, 5 soient des équipes de laboratoires du CNRS.

Les équipes CNRS/UPS ont une expertise reconnue dans plusieurs domaines clés de la recherche en cancérologie : cycle cellulaire et mécanismes des 3R (Réplication, Réparation, Recombinaison), cytosquelette et division cellulaire, petits ARNs et machines moléculaires, microenvironnement tumoral.

Travaux sur le cycle cellulaire et les 3R

Plusieurs équipes du LBCMCP-CNRS-UPS consacrent leurs travaux à l'étude de la connaissance intime des propriétés et de la régulation des mécanismes qui régulent la succession d'étapes conduisant une cellule à se diviser en deux cellules filles au cours d'un processus appelé mitose. Ces mécanismes mettent en jeu des enzymes, les kinases CDK (Cyclin dependent kinases) qui ont la propriété de phosphoryler et ainsi d'activer leurs cibles, des protéines de structure ou d'autres régulateurs. Les CDK sont elles-mêmes régulées par des réactions de phosphorylation et de déphosphorylation ou par l'association avec des partenaires inhibiteurs. Ces mécanismes sont centraux dans la prise en compte par la cellule de l'ensemble des signaux extra et intracellulaires qui assurent la parfaite réalisation de la division et son adéquation au fonctionnement harmonieux de l'organisme. L'étude des phosphatases de la famille CDC25 ainsi que celle des inhibiteurs des CDK (les CKI) qui modulent les kinases CDK font l'objet des travaux d'équipes du LBCMCP-CNRS-UPS. Comprendre

les rôles de ces régulateurs, mais aussi leurs dysfonctionnements dans les tumeurs, devrait permettre le développement de nouveaux traitements anticancéreux.

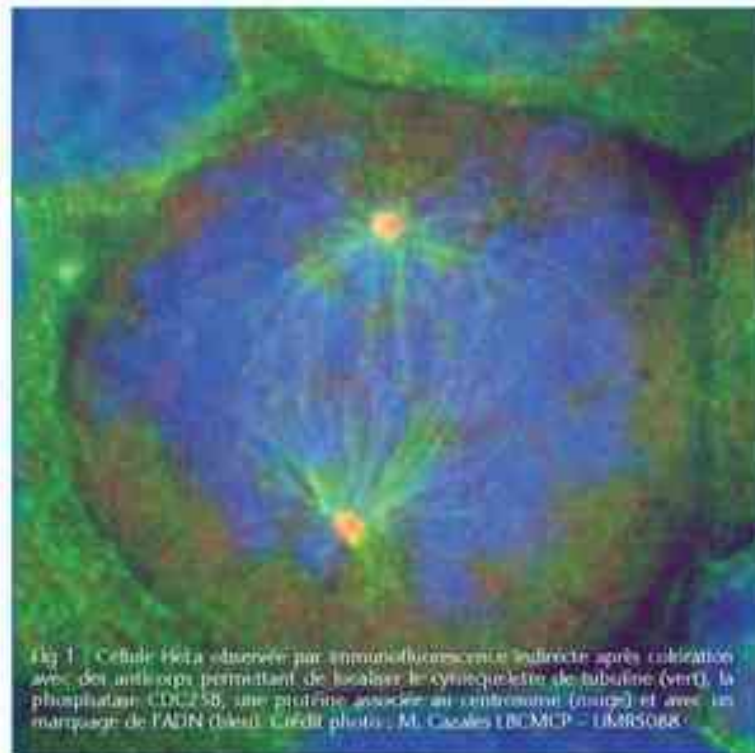
Les informations portées par l'ADN, doivent être «photocopiées» fidèlement lors de chaque division cellulaire et chacun des exemplaires transmis correctement aux cellules filles. L'évolution a donc sélectionné des mécanismes très performants permettant la duplication efficace et contrôlée de l'ADN, la réparation de ses lésions, la transmission fidèle des deux lots de chromosomes et la coordination de ces événements avec l'activité cellulaire globale. Les travaux de plusieurs de nos équipes portent sur l'étude de ces différents processus biologiques. Ainsi, les équipes du département «Biologie du cancer» de l'IPBS-CNRS-UPS s'intéressent aux protéines chargées de «surveiller» fidèlement l'intégrité structurale du génome. Ces protéines sont des enzymes généralement impliqués dans les voies de réplication fidèle du génome, de réparation par excision de l'ADN endommagé ou bien de réparation par recombinaison génétique (mécanismes dits des «3R»). Des équipes du LBCMCP-CNRS-UPS étudient, quant à elles, les voies de régulation qui couplent ces mécanismes à ceux qui contrôlent le cycle cellulaire.

Les mécanismes de surveillance du génome ainsi que ceux qui contrôlent le cycle cellulaire sont

étroitement impliqués dans la réponse tumorale aux traitements et constituent des cibles thérapeutiques potentielles. Ce constat conduit à étudier avec des équipes de cliniciens l'implication de ces mécanismes dans l'apparition et la progression de la maladie, et à rechercher en collaboration avec des laboratoires privés et publics, de nouveaux composés actifs capables renforcer l'efficacité des prescriptions actuelles. À titre d'exemple, dans le cadre d'un programme labellisé par le Cancéropôle Grand Sud Ouest, un consortium de laboratoires académiques, hospitaliers et privés a mis en place un projet intitulé «l'instabilité génétique comme signature préjorative de la maladie».

Travaux sur le cytosquelette

La dynamique spatiale et temporelle du cytosquelette et son rôle clé dans les processus de division cellulaire et de migration font l'objet de travaux menés par des équipes du CBD-CNRS-UPS et du LBCMCP-CNRS-UPS dans des systèmes modèles comme la drosophile ou la levure à fission *Schizosaccharomyces pombe*. Ces études abordent des questions fondamentales portant sur le contrôle de la forme de la cellule, sur les réorganisations des différents composants du cytosquelette en réponse à différents types de signaux, sur les mécanismes de mise en place du fuseau mitotique, sur la capture des chromosomes et leur ségrégation, et sur les processus de partage des cellules au terme du processus de division. Une équipe de l'unité mixte CNRS-Pierre Fabre porte une attention particulière au rôle du centrosome dans ces différents



processus ainsi qu'à la régulation de sa biogénèse, soulignant l'importance de ces travaux dans une perspective d'identification de nouvelles cibles en pharmacologie antitumorale. Ces différents projets de recherche reposent sur les développements importants de l'imagerie cellulaire (microscopie confocale biphoton, photomanipulation, pinces optiques) et leur implémentation sur les différents sites de la plateforme RIO-IBISA toulousaine.

Travaux sur les petits ARNs et les machines moléculaires

Plusieurs équipes CNRS-UPS sont reconnues au niveau international pour leurs études sur la fonction des petits ARNs. L'élucidation du mode de production intracellulaire et du

rôle moléculaire de petits ARN «non codants» à Toulouse a ainsi joué un rôle précurseur quant à l'émergence d'outils biotechnologiques à ARN, aujourd'hui utilisés mondialement dans tous les laboratoires, pour valider des gènes essentiels à la progression tumorale. Les équipes toulousaines du LBME-CNRS-UPS étudient actuellement la biosynthèse et le mode d'action de nombreux petits ARN régulateurs, les petits ARNs nucléolaires (snoRNAs) impliqués dans la maturation ou les modifications du pré-ARNr, les petits ARNs nucléaires (snRNAs) impliqués dans l'assemblage de la télomérase ou bien encore la transcription par l'ARN polymérase II, et enfin les micro-ARNs (miRNAs) impliqués dans la tumorigénèse. Ainsi, il est de plus en plus évident que les petits ARNs interviennent à tous les stades du

développement tumoral (croissance des cellules cancéreuses, stabilité du génome, propriétés métastatiques) et il y a fort à parier que les recherches fondamentales menées à Toulouse auront à terme, des applications importantes en thérapie anticancéreuse.

Les molécules d'ARN ne sont pas nues au sein de la cellule mais forment des complexes stables avec des protéines, les ribonucléoparticules (ribosomes, télomérase, snRNPs, snoRNPs, ...). Ces complexes multi-protéiques, ainsi que ceux impliqués dans la dégradation des protéines (protéasomes), la transcription et la réparation de l'ADN, sont appelés «machines moléculaires». L'analyse de ces différentes machines moléculaires nécessite l'utilisation d'approches de type protéomique (étude des protéines à grande échelle). Les équipes toulousaines développent des travaux phares dans ce domaine en s'appuyant sur la Plateforme Protéomique de l'IPBS-CNRS-UPS, l'une des deux meilleures en France. La protéomique fonctionnelle, permet non seulement l'analyse fine de la composition des différentes machines moléculaires, mais également la détermination des modifications post-traductionnelles des différents composants. Par exemple, elle a récemment permis de préciser l'étendue des modifications post-traductionnelles de la phosphatase CDC25B (collaboration étroite LBCMCP/IPBS). La protéomique est aussi essentielle pour connaître l'ensemble des protéines (protéome) d'une cellule voire d'un tissu ou organe à un moment donné, et pour comparer le protéome des cellules normales et cancéreuses (protéomique comparative).

De nombreux projets autour du thème 'Protéomique et Cancer' sont actuellement en cours, ce qui fait de la recherche sur le cancer, l'un des thèmes majeurs des travaux développés sur la plateforme protéomique toulousaine.

Travaux sur le micro-environnement tumoral

Les interactions des cellules cancéreuses avec les cellules du microenvironnement jouent un rôle très important dans la progression tumorale et le développement des métastases. En collaboration avec les cliniciens du Centre anticancéreux Claudius Regaud et du CHU Rangueil, plusieurs équipes de l'IPBS-CNRS-UPS s'intéressent aux différents types cellulaires retrouvés au niveau du microenvironnement tumoral : les cellules endothéliales qui tapissent la paroi des vaisseaux sanguins intra- et péri-tumoraux, et amènent l'oxygène et les nutriments aux cellules cancéreuses ; les cellules inflammatoires qui, suivant leur type, favorisent (macrophages aux propriétés angiogéniques) ou inhibent (lymphocytes tueurs aux propriétés cytotoxiques) la progression tumorale ; enfin, les adipocytes qui sont retrouvés à l'interface tumeur-stroma et dont le rôle précis reste à définir. Plusieurs résultats remarquables ont été récemment obtenus. Ainsi, la présence de cellules endothéliales «cuboïdales», spécialisées dans le recrutement des lymphocytes, a pu être mise en évidence au niveau de différentes tumeurs solides (cancers du sein et des ovaires, mélanomes). De nouveaux modulateurs du facteur de transcription HIF-1 (hypoxia-inducible factor-1), un régulateur clé de la réponse des cellules cancéreuses

à l'hypoxie, ont pu être identifiés. De nouvelles protéines cibles thérapeutiques potentielles ont également été découvertes, notamment la protéine à doigt de zinc THAP1, un régulateur clé de la prolifération des cellules endothéliales, et l'interleukine-33, une cytokine nucléaire de type IL-1, produite en abondance au niveau des vaisseaux sanguins des tissus tumoraux. D'autres cibles sont déjà en cours de validation, en particulier la tyrosine kinase hck, un modulateur de la migration des macrophages, et la sphingosine kinase sphk1, un régulateur clé de la progression tumorale dans le cancer de la prostate. La majorité des travaux poursuivis sur le microenvironnement tumoral ont été labellisés par l'INCa et s'inscrivent notamment dans les réseaux «Angiogenèse et Invasion» de la Cancéropôle GSO et «Angiogenèse, microenvironnement et réponse thérapeutique» du RTRS-2RITC «Toulouse Cancer».

Il est important de souligner qu'en parallèle des études sur le microenvironnement tumoral, plusieurs équipes CNRS-UPS s'intéressent au microenvironnement normal des cellules hématopoïétiques, également appelé «niche hématopoïétique». Les équipes du CBD-CNRS, en particulier, développent des travaux précurseurs au niveau international, sur la niche hématopoïétique de drosophile, un organisme génétique modèle pour l'étude des mécanismes moléculaires et cellulaires du développement.

Conclusion

Plusieurs laboratoires toulousains relevant de l'Institut des sciences

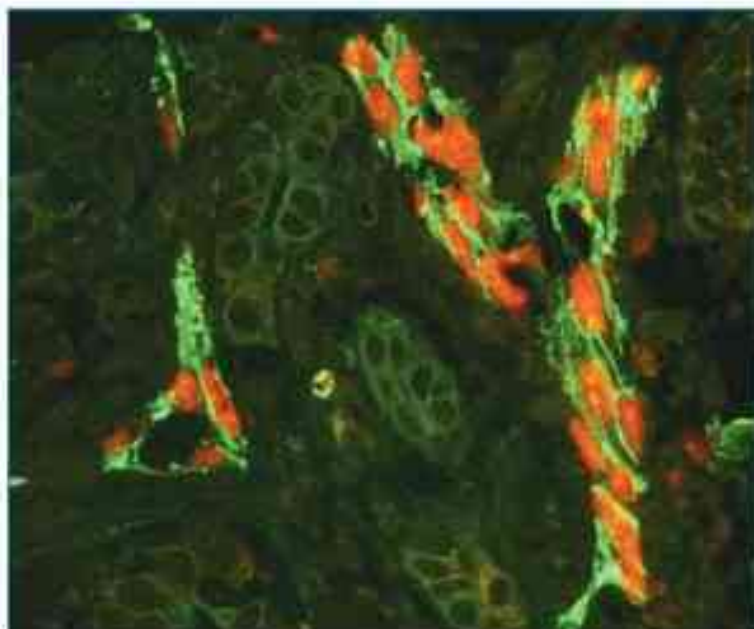


Fig 2 : Expression de l'interleukine-33 dans une tumeur du pancréas humaine. L'IL-33 (en rouge) est fortement exprimée dans le noyau des cellules endothéliales (marquées en vert) qui tapissent la paroi des vaisseaux sanguins irriguant le tissu tumoral. L'IL-33 est une protéine double fonction récemment découverte à l'IPBS-CNRS-UPS, qui fonctionne à la fois comme une cytokine apparentée à l'IL-1 aux propriétés pro-inflammatoires et comme un facteur nucléaire associé à la chromatine. Elle s'attache à la chromatine via le dimère d'histones H2A-H2B, un mécanisme qui a été copié par le virus du sarcome de Kaposi (KSHV/HHV8). L'IL-33 pourrait jouer un rôle important dans l'équilibre prolifération/quiescence des cellules endothéliales. (Crédit photo : N Ortega et JP Girard, IPBS-UMR5089)

de la vie du CNRS sont engagés à des degrés divers dans des recherches sur le cancer. Ce potentiel, fort d'environ 200 chercheurs, représente un potentiel scientifique important œuvrant à la reconnaissance et à l'excellence de la recherche régionale dans ce domaine.

Sur le site de l'explosion de l'usine AZF doit prochainement voir le jour un campus dédié à la cancérologie. Sur ce site sera

construit un hôpital dédié de 310 lits, la clinique universitaire du cancer et un centre de recherche devrait également y voir le jour. Ce laboratoire sous la tutelle de l'Université, de l'Inserm et du CNRS devrait rassembler environ 400 chercheurs dont la moitié sera probablement issue d'équipes toulousaines. Cette restructuration qui devrait être achevée à l'horizon 2012 conduira au renforcement du réseau Toulousain

de laboratoires impliqués dans des recherches en cancérologie.

Contact : ducommun@cict.fr

Pour en savoir plus sur le sujet :

Boutros, R., Lobjois, V. and Ducommun, B., CDC25 phosphatases in cancer cells: key players? good targets? *Nature Review Cancer* (2007) 7(7):495-507

Carrière V, Roussel L, Ortega N, Lacorre DA, Americh L, Aguilar L, Bouche G and Girard JP., Interleukin-33, the IL-1-like ligand for ST2 receptor, is a chromatin associated nuclear factor in vivo. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (2007) 104 :282-287

Krzemien J, Dubois L, Makki R, Meister M, Vincent A, Crozatier M., Control of blood cell homeostasis in *Drosophila* larvae by the posterior signalling centre. *Nature* (2007) 446:325-328

Maga, G., Villani, G., Crespan, E., Wimmer, U., Ferrari, E., Bertocci, B. and Hübscher U., 8-oxa-guanine bypass by human DNA polymerases in the presence of auxiliary proteins. *Nature* (2007) 447:606-608

1 IPBS-UMR5089 : CNRS et université de Toulouse

2 LICMCP-UMR5088 : CNRS et université de Toulouse



La recherche en biologie en Midi-Pyrénées

par François Amalric¹

Summary

The CNRS Biological Research of Toulouse groups fourteen laboratories associated with the University Paul Sabatier with a total of 400 researchers, 265 technicians and 250 graduate students. Powerful platforms are available for large scale studies in genomic, proteomic, imaging, high throughput screening as well as transgenesis and structural biology facilities as biological RMN and X-ray crystallography. Several laboratories have international recognition. The strongest areas are microbiology, molecular biology of RNA, neurobiology, development biology, interaction plant-microorganisms. A continuum is effective between a strong basic research and transfer of the results to biotechnologies, health and agroindustries.

Le CNRS et plus particulièrement son Institut des sciences biologiques a joué un rôle prépondérant dans le développement des laboratoires de recherche à Toulouse et il a contribué à faire de l'université Paul Sabatier l'un des tout premiers centres de formation en biologie. Dès les années 70, la création d'un laboratoire propre du CNRS regroupant les services universitaires de biochimie, de biologie moléculaire et de génétique a été l'élément clé du développement de ces disciplines et a permis de mettre en place les conditions nécessaires pour que l'ensemble des biologistes puisse participer à la formidable mutation des recherches du domaine. Le passage d'une recherche descriptive sur les organismes vivants à une recherche explicative au niveau moléculaire puis à l'intégration des

résultats obtenus pour comprendre les systèmes complexes a conduit à une explosion des connaissances. Les nombreuses mutations nécessaires impliquant un fort développement de l'interdisciplinarité ont été portées par le CNRS en harmonie avec les besoins en formation de l'université. À partir du premier laboratoire, par essais successifs et apport de compétences externes, c'est aujourd'hui 14 unités et plus de mille chercheurs qui couvrent l'ensemble du champ thématique associés à l'université Paul Sabatier. Les faits marquants ont été la participation du CNRS dans les années 80 à la création du campus INRA d'Auzerville axé sur l'étude du monde végétal (deux laboratoires) et à l'émergence d'un pôle neurosciences avec l'Inserm et le CHU (deux laboratoires).

La recherche en biologie

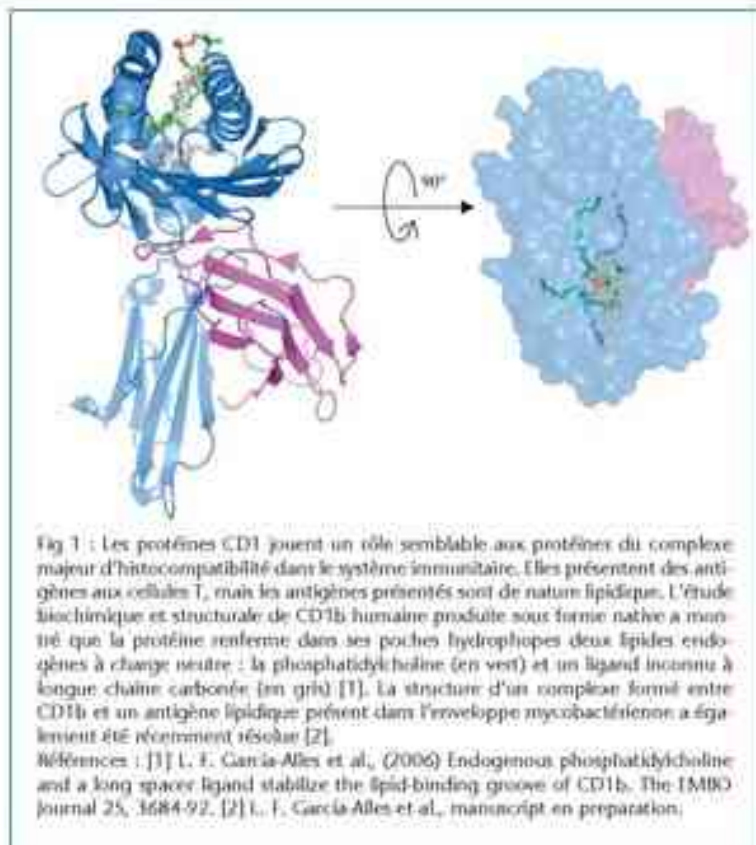
Cette recherche qui a pour finalité l'étude du vivant, est multiforme et ses différentes facettes sont représentées à Toulouse. Les laboratoires s'attachent, chacun sur des systèmes modèles appropriés à décrypter les mécanismes de base de la vie, à isoler et à caractériser au niveau structural et fonctionnel les molécules et les complexes supramoléculaires impliqués, à comprendre les processus de développement des différents organismes, à élucider les comportements et les interactions entre les différentes espèces et le milieu environnant. Les 14 laboratoires du site comprennent l'ensemble des compétences nécessaires pour réaliser des recherches cognitives

aux niveaux moléculaires, cellulaires, organismes, populations. Au cours de ces dix dernières années un effort important a été réalisé pour que les résultats de ses recherches trouvent un prolongement dans le transfert vers le monde socio économique dans les domaines de la santé, des agroindustries et de l'environnement.

Ces laboratoires sont associés dans un pôle fortement structuré autour de réseaux d'excellence regroupant des unités Inserm et INRA. La structuration de ce pôle a été impulsée, par la création, il y a plus de dix ans, du réseau Genotoul qui avait pour mission la mise en place de plates formes de hautes technologies comprenant des équipements lourds essentiels pour réaliser des recherches de pointe dans les différents domaines de recherche en biologie. La charte des plates formes implique que ses équipements sont ouverts à l'ensemble de la communauté régionale et nationale et au monde socio économique.

Les études au niveau moléculaire

L'étude des macromolécules, ADN, ARN, protéines, demeure l'un des principaux centres d'intérêt de la recherche en biologie. Les approches utilisées sont celles de la génétique, relier une mutation à un phénotype, de la biochimie, purification et caractérisation de macromolécules et de complexes multimoléculaires et de la biologie moléculaire qui consiste à aborder une question



par les approches combinées de génétique et de biochimie. Le passage d'une recherche artisanale à une recherche à grande échelle a nécessité le développement de nouveaux moyens d'analyse au cours de ces dernières années et l'intégration des outils et concepts de l'informatique. Les plates formes « Genotoul » qui possèdent le label national IbiSa, sont pour la plupart intégrées dans des laboratoires CNRS, ce qui assure, grâce aux interactions avec la recherche, de les maintenir au plus haut niveau de performances.

Les plates formes « Genomic et Bioinfo » sont essentielles pour l'analyse des génomes à grande échelle, le séquençage de l'ADN,

le génotypage de marqueurs génétiques, l'analyse de l'expression des gènes en temps réel. Particulièrement bien adapté aux études de modèles végétaux ((LPM, UMR5546), ces équipements sont utilisés par un grand nombre d'équipes de la région ou extérieures.

Du gène à la protéine, la diversité et la complexité du vivant résulte de la composition de chaque cellule en protéines : le protéome. Chez l'humain à partir de 30 000 gènes c'est plusieurs centaines de milliers de protéines qui sont produites. L'analyse des protéines est donc aujourd'hui un défi majeur pour la recherche en biologie. Le CNRS a été l'ac-

teur principal pour le développement des plates formes nécessaires pour ce type d'étude (IPBS). La protéomique consiste, suite à extraction, fractionnement, purification, à caractériser les protéines par spectrométrie de masse. Des avancées technologiques remarquables ont conduit à des gains en sensibilité importants encore insuffisant pour avoir accès au protéome dans son intégralité.

Une autre approche dans l'étude des protéines consiste à définir leur structure tridimensionnelle afin d'établir des relations structure-fonction. Des investissements importants ont été réalisés pour se doter des équipements nécessaires à la détermination de telles structures. La plate forme RMN Midi Pyrénées, en interface avec la chimie, regroupe les équipements les plus performants pour déterminer la structure des protéines en solution mais aussi celle d'éléments solides (IPBS). Une deuxième approche pour définir la structure des protéines est la cristallographie. Une équipe spécialisée, présente à l'IPBS, possède toutes les compétences et les technologies essentielles ainsi que l'accès aux grands équipements européens nécessaires pour l'analyse des cristaux.

Les équipes du CNRS ont développées, depuis plus de trente ans, une recherche compétitive au niveau international sur les rapports structure-fonction des macromolécules dans différents systèmes eucaryotes de la levure à l'homme (CBD, IPBS, LBME, LPM) et chez les procaryotes, bactéries modèles et pathogènes (IPBS, LMGM).

Un point fort concerne l'étude des microorganismes regroupés dans le réseau MicroBio Toul. Trois laboratoires CNRS sont les piliers de ce réseau et effectuent des recherches allant du fondamental à l'appliqué. Les travaux poursuivis au LMCM ont pour but l'élucidation des processus gouvernant l'organisation, l'évolution et l'expression de génomes de bactéries et de bactériophages. Ce laboratoire est reconnu au niveau international pour ses travaux sur les éléments génétiques mobiles, sur la plasticité des génomes, le processus de transformation bactérienne. La question clé est de comprendre comment une bactérie fait évoluer son génome entre variabilité et stabilité pour mieux s'adapter à son environnement, son hôte dans le cas d'une bactérie pathogène ainsi que les mécanismes régulant l'expression de son génome dans différentes situations. Un département de l'IPBS s'intéresse aux mycobactéries, agents notamment responsables de la tuberculose. Une approche intégrée allant de la génétique, à la biochimie et à la biologie cellulaire a pour but de caractériser des cibles originales pour isoler des inhibiteurs candidats médicament. Ces cibles isolées sont soumises à un criblage à haut débit en utilisant une collection de petites molécules en partenariat avec la société Sanofi-Aventis. Les molécules inhibitrices sont ensuite testées sur des modèles animaux de la maladie. Le LIPM est reconnu au niveau international pour ses travaux sur les interactions plantes microorganismes. Pionner dans le domaine, ils se consacrent à l'étude de gènes impliqués dans les processus de symbiose et de pathogénie dans différents modèles. En appui de ces recherches une nouvelle pla-



Fig 7 : Fibroblaste murin qui exprime de façon stable une protéine de liaison contenant la protéine kinase Hck et la protéine fluorescente verte (GFP). Les structures rouges en anneaux, induites par Hck sont appelées «nettes de podosomes» qui permettent à la cellule d'adhérer à son support.

teforme (PICT) vient d'être créée qui a pour but, à partir de données de structure de protéine, de modéliser des molécules ligands afin d'accélérer la mise au point de nouveaux candidats médicaments.

L'information contenue dans l'ADN est transférée dans une autre classe de macromolécule l'ARN. Les ARNs peuvent avoir plusieurs fonctions, structurale (rARN), informative (mARN), adaptative (tARN), régulatrice (siARN, micro ARN). Le LBME a été pionnier dans plusieurs de ces études et a découvert les premiers siARNs impliqués dans la maturation des ARNs ribosomiques. Les ARNs sont synthétisés sous forme de précurseurs qui subissent des étapes de maturation dans des complexes nucléoprotéiques. L'assemblage de ces complexes et leur rôle dans la maturation et dans le transport vers le cytoplasme sont

autant d'éléments clés dans le processus d'expression génique. Ce domaine hautement compétitif est en pleine expansion et Toulouse demeure une place de référence dans le domaine.

L'expression des gènes chez les eucaryotes se fait à partir de complexes nucléoprotéiques dans lesquels l'ADN est associé à des protéines dans une structure appelée chromatine. La régulation de l'expression des gènes est directement sous le contrôle de la structure de la chromatine ce qui procure à chaque cellule une nouvelle forme d'information (épigénétique). De plus, l'ADN est soumis à un processus de surveillance et de réparation qui a pour but de maintenir l'intégrité du génome. La chromatine joue là aussi un rôle essentiel. Plusieurs équipes (LBME, IPBS) travaillent

dans ce domaine et sont reconnues au niveau international.

La compréhension de la dynamique des macromolécules, leur intégration dans les différents compartiments cellulaires, la modélisation des interactions avec le milieu extra-cellulaire via récepteurs et membranes, nécessitent le savoir-faire et les concepts des chimistes et physiologistes. Des rapprochements fructueux entre laboratoires CNRS issus de ses différentes disciplines est en cours et devrait rapidement porter ses fruits.

Les études au niveau de systèmes intégrés

La compréhension des processus gouvernant le vivant nécessite d'intégrer l'ensemble des résultats obtenus au niveau moléculaire, de les valider au niveau cellulaire et de l'organisme. Les recherches dans ce domaine, appelée biologie intégrative s'effectuent soit sur des cellules isolées, soit sur des animaux modèles (drosophile, poisson zèbre, poulet, souris, xenopus...) soit à partir de biopsies ou tumeurs. Ces études ont nécessité des développements technologiques, notamment dans le domaine de l'imagerie. Une plateforme particulièrement performante (Toulouse RIO Imaging) est disponible au CBD et à l'IPBS, ouverte à l'ensemble des laboratoires. Il est possible outre les techniques classiques de microscopie, de suivre une molécule dans une cellule et dans certaines conditions chez un animal.

Un sujet majeur est de comprendre comment, à partir d'une

cellule, un organisme peut se développer. Les travaux effectués au CBD ont pour but de répondre à cette question. Les 12 équipes se consacrent à l'étude des bases génétiques, moléculaires et cellulaires du développement animal normal, de son évolution, des processus oncogéniques et des maladies neurodégénératives. Cet ensemble est reconnu au niveau international de par ses publications de très haut niveau. La majorité des laboratoires du CNRS participent aussi à ces approches (IPBS, LBME, LMGM, LBCMCP, LIPM). Il faut noter les travaux réalisés au MPM qui se consacre plus particulièrement à l'étude des mitochondries et à la plasticité et fonctionnalité du tissu adipeux et ceux du Laboratoire différentiation épidermique et auto immunité rhumatoïde en contact direct avec le CHU. Les recherches de ces laboratoires s'effectuent dans un cadre de décloisonnement et de mise en commun de moyens. La grande quantité de résultats générés sur différents systèmes une fois rassemblés doit être traitée par de nouvelles méthodes issues des mathématiques et de la physique. Les laboratoires CNRS toulousains ont toutes les capacités pour mener à bien ce nouveau challenge.

Neurosciences et comportement

Le CNRS a été un élément moteur dans la structuration d'un pôle neurosciences à Toulouse en partenariat avec l'Inserm et le CHU. Deux laboratoires CNRS, dont les travaux sont reconnus au plan international font partie d'un

réseau d'excellence en cours de constitution qui permet d'établir un continuum entre systèmes modèles et la clinique. Le Centre de Recherche sur la Cognition Animale (CRCA) a pour objectif principal l'étude pluridisciplinaire et comparée des processus cognitifs chez divers modèles animaux allant des invertébrés aux vertébrés. Au niveau de l'individu, les études se centrent sur les processus perceptifs, l'attention sélective, l'apprentissage et la mémorisation d'indices ponctuels et de l'espace. L'étude du cerveau animal et de sa plasticité est une priorité du laboratoire. Un autre axe de recherche concerne des études sur les règles comportementales permettant la coordination d'activités au sein des groupes, d'où peuvent émerger, des comportements collectifs complexes. Le Cerco s'intéresse principalement aux problématiques de cognition et perception visuelle chez les primates et aux interactions entre vision et autres modalités sensorielles.

Des actions innovantes :

Dans le cadre d'un partenariat CNRS-Pierre Fabre, il a été créé en 1999 un laboratoire commun localisé à l'IPBS qui s'est ensuite transformé en une UMR « Centre de Recherche en Pharmacologie-Santé » et une UMS de criblage. Ce partenariat avait pour but d'identifier parmi les travaux des équipes locales et nationales des protéines qui pourraient servir de cible pour bloquer des processus pathologiques plus particulièrement dans le domaine du cancer. Ces cibles font ensuite l'objet d'un criblage haut débit par une collection de molécules purifiées

et d'extraits de plantes propriété des laboratoires Pierre Fabre. Les molécules interagissant avec la cible sont ensuite validées sur des systèmes cellulaires et utilisées comme outils pour la recherche où traitées comme candidats médicaments.

Sur le site du Cancéropôle de Langlade une nouvelle structure portée par le CNRS vient d'être créée, l'Institut des Technologies Avancées du Vivant (ITAV). Ce nouveau laboratoire, adossé à une pépinière d'entreprises, comportera des plates formes de haut niveau en imagerie, chimie, nanosciences et abritera des projets de développement technologiques dans ces domaines. Il doit fournir à l'ensemble des équipes académiques et du secteur privé une avance technologique leur permettant de rester dans la compétition internationale.

Le Centre d'écologie expérimentale de Moulis (Ariège), unité de service du CNRS, reçoit des chercheurs du monde entier pour étudier en grandeur réelle des écosystèmes et des populations. Il comprend des laboratoires équipés pour des études de génétique, physiologie, culture cellulaire, biochimie...

Pour en savoir plus sur le sujet

Cavaillé J., *MicroRNA are everywhere*, Paris, Medecine Science, 2004, Apr; 20(4): 399-401

Filée J., Pouget N., Chandler M., Phylogenetic evidence for extensive lateral acquisition of cellular genes by nucleocytoplasmic large DNA viruses, *BMC Evol Biol* 2008 Nov 26; 8:320

Giurfa M., Behavioral and neural analysis of associative learning in the honeybee: a taste from the magic well, *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Behav Physiol* 2007, Aug; 193(8):801-24.

Batut J., Andersson SG., O'Callaghan D., The evolution of chronic infection strategies in the alpha-proteobacteria, *Nature Rev Microbiol*, 2004 Dec; 2(12): 933-45

Addendum

Les laboratoires de l'Institut des sciences biologiques du CNRS en Midi-Pyrénées :

CBD : centre de biologie du développement

Cerco : centre de recherche cerveau et cognition

CRCA : centre de recherche sur la cognition animale

CRPS : centre de recherche en pharmacologie-santé

IPBS : institut de pharmacologie et de biologie structurale

Laboratoire de différenciation épidermique et auto immunité rhumatoïde

Laboratoire des surfaces cellulaires et signalisation chez les végétaux

LBCMCP : biologie cellulaire et moléculaire du contrôle de la prolifération

LBME : laboratoire de biologie moléculaire des eucaryotes

LIPM : laboratoire des interactions plantes micro-organismes

LMGM : laboratoire de microbiologie et génétique moléculaire

LMPM : métabolisme, plasticité et mitochondrie

UMS de criblage : centre de criblage pharmacologique

UMS : centre de ressources technologiques pour recherche interdisciplinaires autour du vivant

1 IPBS-UMR5080 - CNRS et université de Toulouse

Les sciences et technologies de l'information et de la communication en Midi-Pyrénées

par Alain Costes et Daniel Estève¹

La recherche scientifique, quelle que soit la discipline concernée, n'a jamais cessé d'influencer, par ses avancées, la vie économique et l'évolution des sociétés contemporaines : il n'est donc pas étonnant que, dans cette période difficile de crise que nous traversons, elle soit affichée par tous les acteurs comme une priorité nationale dans la conduite de la reprise. Parmi les disciplines scientifiques les plus directement concernées, les STIC : « Sciences et technologies de l'information et de la communication », sont très spontanément mises en avant, compte tenu de l'histoire de ces cinquante dernières années, qui ont été marquées par une extraordinaire progression des applications sectorielles, télécommunications,

santé, énergie, vie quotidienne et transports de tous types. Au niveau international, la recherche française a été partie prenante de cette progression, à de multiples reprises, honorée dans les grands prix et les distinctions académiques du monde entier. Elle a, avec succès, accompagné le développement économique de la France qui reste, aujourd'hui, une grande puissance technologique et industrielle tout en accusant un certain retard lorsqu'on la compare à d'autres pays tels que les USA, le Japon et même l'Allemagne.

L'Histoire du partenariat Recherche-Industrie, en Midi-Pyrénées, s'inscrit de manière exemplaire dans cette Histoire

Nationale. En restant dans le domaine des STIC dont l'émergence date des années soixante, il faut d'abord se souvenir du rôle joué par nos maîtres pionniers que sont les professeurs Jean Lagasse, Michel Laudet et Francis Cambou, dans la construction d'une compétence reconnue dans les disciplines-clés que sont à Toulouse l'Automatique, l'Informatique et la Physique spatiale. Avec leurs collaborateurs, ils sont les fondateurs d'une dynamique d'accueil des « nouvelles technologies » que l'environnement institutionnel et politique a su parfaitement exploiter. Le bilan historique de ce partenariat est que Midi-Pyrénées a très positivement passé l'examen d'industrialisation « électronique » par la création ou l'accueil de ce qui allait devenir de grands laboratoires de recherche d'envergure nationale et internationale : le LAAS, l'IRIT, le CESR, l'Onera-Cert... Parallèlement, les succès industriels se sont multipliés avec l'arrivée du CNES, la décision de Motorola d'implanter une de ses usines à Toulouse, l'arrivée ensuite de la Société Renix, filiale de Renault, conduisant à l'émergence progressive d'Actia sur les systèmes automobiles et de Siemens, Continental aujourd'hui... C'est d'ailleurs avec Siemens qu'a été créé en France, le premier laboratoire commun CNRS/Industrie « Mirgas » sur les systèmes de commande-contrôle des moteurs.

On peut aisément imaginer que ces succès électroniques et informatiques et les succès de l'Industrie



Fig 1 : Les chercheurs du LAAS travaillent dans le cadre de projets européens comme Cognirion. Desmart ou Chris au développement de robots personnels capable d'interagir avec les humains. Pour cela les chercheurs étudient comment les robots perçoivent les humains et leurs attitudes, comment ils les modélisent et comprennent leurs gestes, comment les approcher d'une manière adéquate, comme leur tendre un objet etc...

aéronautique et spatiale et des systèmes embarqués plus globalement, positionnant Toulouse comme une capitale mondiale dans ce secteur, aient défini les contours d'un Pôle de compétitivité mondial «Aéronautique, Espace et Systèmes embarqués».

Dans cette période de 40 ans, le LAAS a joué un rôle particulièrement important : très tôt convaincu de l'intérêt de ces nouvelles disciplines et des technologies qui y sont associées, il a été le moteur de la création au CNRS, du Département SPI : «Sciences pour l'ingénieur», idée portée par d'illustres fondateurs : Jean Lagasse, Robert Chabbal et Hubert Curien : c'était en 1975 L... Cette création a été un outil national essentiel dans le développement de la Recherche et du Partenariat Industriel et a surtout créé un état d'esprit et une culture où les activités de recherche axées sur l'avancée des connaissances peuvent et doivent être complémentaires d'activités menées avec le secteur économique. Le directeur fondateur du LAAS-CNRS et du département SPI disait toujours à l'époque qu'un laboratoire du SPI devait être au premier niveau international mais se devait de participer à la vie économique et sociale du territoire sur lequel il est implanté.

Deux initiatives sont à souligner :
 * Le lancement du programme robotique Ara qui a construit une communauté nationale où Toulouse a pris une position de pointe . Le Sitef 81 (autre initiative originale de Midi-Pyrénées d'un Salon international des technologies et énergies du futur) a été un formidable succès, avec la présentation du robot mobile «LAAS-

Hilare» déjà capable de se déplacer, de manière autonome, dans un environnement complexe.

* Le programme GCIS sur la microélectronique, associant le CNRS, le CNET-Grenoble et le CEA-Leti, pour accompagner le plan national «composants électroniques» visant le maintien de la France à bon niveau dans la recherche et l'industrie mondiale de la micro-électronique et des semi-conducteurs : le LAAS, déjà porteur d'un message d'intérêt en faveur d'une programmation des technologies en milieu académique, s'est installé au meilleur niveau de la maîtrise des micro-technologies, conforté depuis par le programme en cours RTB (Recherche technologique de base) qui lui donne mission de centre technologique «ouvert» pour les micro et nano technologies.

Le LAAS est reconnu dans sa capacité à se renouveler en restant ancré sur ses fondamentaux, du «Laboratoire d'automatique et de ses applications spatiales» jusqu'au «laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes». Au-delà des rôles joués en Automatique, Microélectronique, Robotique que nous venons d'évoquer, l'Informatique a toujours été présente par son impact dans les systèmes de commande et les réseaux numériques : soulignons dans un passé récent, l'impact des travaux de ce laboratoire



Fig.2 : Centrale de technologie du réseau RTB : Système d'induction/développement automatisé de résines photosensibles pour la réalisation de micro et nano composants.

dans le domaine de la «Sûreté de fonctionnement des systèmes», sur le plan scientifique mais aussi sur le plan du partenariat recherche/industrie puisque le deuxième des laboratoires communs de l'histoire (1992) a été le LIS : «Ingénierie de la sûreté de fonctionnement» où se sont retrouvés dans un même laboratoire outre le LAAS : Matra, Technicatome, puis Airbus, Thales, EDF. Aujourd'hui le projet Adream doit déboucher sur une plateforme pour la conception des systèmes mettant en jeu la «mise en réseau massive d'objets et d'agents intelligents».

Le LAAS est très fier, à juste titre, d'avoir été à l'initiative du concept des laboratoires communs CNRS-Industrie et surtout d'en avoir créé plusieurs : Mirgas avec Siemens, Lspa avec Motorola puis Freescale, Pearl avec Alstom, Autodiag avec Actia, PixCell avec Essilor, Airsys avec Airbus... Ces différents labora-

toires ont permis d'accroître le volume d'activités de recherche et de développement technologique dans les entreprises - grand groupes et PME/PMI - participant ainsi à la création de nouveaux emplois et de nouvelles richesses.

Il s'est associé depuis plus de vingt ans un «Club des affiliés» auquel participent en moyenne une centaine d'entreprises : grands groupes et PME/PMI dont le rôle est d'informer les partenaires et diffuser les résultats scientifiques et les nouvelles technologies et surtout de créer un lieu de dialogue permanent entre le LAAS et les entreprises environnantes. Les journées thématiques organisées par le Club des Affiliés connaissent toujours un très grand succès et sont à l'origine de nouveaux partenariats.

Saluons aussi tous les créateurs, qui s'inspirant des travaux du laboratoire ont créé de l'activité industrielle : Midi-Robot, Midi-Capteur, Système-Sud, Verilog, Kinéo, QoS Design, Néosens, Tagtechnologies, Noomeo...

Cette dynamique, dont nous venons de donner quelques exemples à partir des activités du LAAS, se retrouve dans l'ensemble du tissu académique et socio-économique de Midi-Pyrénées soutenu par une coordination permanente étroite de tous les partenaires, médias y compris : Universités, Chambres de commerce et de l'industrie, interfaces de transfert et de valorisation, incubateurs, collectivités territoriales, en particulier le Conseil Régional : cette communauté s'est trouvée rassemblée, à plusieurs reprises, sur un grand Salon de l'innovation, aux ambi-

tions internationales qu'était le Sitef, salon créé en 1981 à l'initiative du Président de la chambre de commerce et d'industrie de Toulouse : Michel Benech. Les dernières avancées de la recherche y étaient confrontées aux besoins sociétaux et industriels, confrontations extrêmement fructueuses pour les partenariats : recherche/industrie, mais aussi pour les relations interdisciplinaires et inter-professionnelles. On doit aujourd'hui se poser la question d'une réactualisation de cette initiative dont les idées et les principes d'actions restent d'une très grande actualité...

Les lois de décentralisations de 1982 ont contribué à placer le Conseil régional en position d'animateur privilégié de la Recherche et du développement technologique avec la création du CCRDT (Comité consultatif régional pour la recherche et le développement technologique) qui a mis en place des procédures d'appel d'offre centrées sur des problématiques d'intérêt régional. Ces procédures au pouvoir incitatif, complétées des décisions pluriannuelles du contrat de plan Etat-Région (CPER), contribuent efficacement au développement des infrastructures communes et aux partenariats régionaux. Des actions fortes ont pu ainsi se mettre en place : les laboratoires communs déjà évoqués, les orientations prioritaires sur la Région : l'innovation, les agro-ressources, les «matériaux composites», l'habitat «économe et respectueux de l'environnement», les relations interrégionales...

La communauté toulousaine est puissante : une des premières

Universités Européennes, plus de 10.000 chercheurs, couvrant la quasi-totalité des disciplines et un tissu industriel diversifié et conséquent, assurent un avenir prometteur à la Région Midi-Pyrénées qui a engagé sa mutation au regard des nouveaux problèmes posés par la mondialisation et les grandes questions autour du développement durable. Cette mutation, passe d'abord par des rapprochements organisationnels permettant aux entités d'atteindre les « masses critiques » : le Pres : «Pôle de recherche et d'enseignement supérieur» fonde la grande «Université de Toulouse» et se prépare à rivaliser avec les plus grandes universités mondiales ; les laboratoires se renforcent en grandes unités : le LAAS, l'Irit, l'NPBS, le Laplace, le Cimat, le Cemes, l'Onera, et bien d'autres conduisent une recherche compétitive au meilleur niveau international (4 labels Carnot sur le territoire Midi-Pyrénées). Les pôles de compétitivité «Aerospace Valley», «Cancer-bio-Santé», «Agro-ressources» sont en place et animent les recherches au plus près des intérêts combinés de la recherche et de ces grands enjeux industriels et sociétaux. L'industrie spatiale continue de voir son influence progresser et constitue un très considérable atout pour l'avenir : informations et communications via les satellites, ouvrent de très nombreux enjeux sur le long terme des surveillances : faune, flore, climat et environnement, renforcés encore par l'expertise régionale en matière de météo.

Le monde change et change vite ! Le partenariat recherche-industrie est, plus que jamais amené à jouer un rôle majeur dans la maîtrise de cet environnement très évolutif.

Les Stic-Midi-Pyrénées, restent au cœur du débat et doivent y conforter par leurs acquis et leurs avancées : automatique, informatique, robotique, électronique, micro nano technologies, chimie et génie des procédés, matériaux... Il y a dans l'Espace, les Transports : Aéronautique, automobile, train, ... l'informatique et les télécommunications, les technologies de la miniaturisation, des besoins de connaissances et de développements considérables pour faire face à de nouvelles mutations comme celles déjà évoquées d'une « mise en réseaux massive des objets et des agents actifs », des « économies de l'eau et des énergies », « du respect de l'environnement et du développement durable » : il faut être présent et actif sur ces sujets !... Mais les auteurs souhaitent ici attirer l'attention sur la dynamique souhaitable qu'il convient de tirer des rapprochements : Information, biologie, santé qui seront au cœur du cancerpôle et plus globalement de l'Economie de la santé.

Une des grandes avancées scientifiques de ces vingt dernières années se situe clairement dans le domaine de la biologie moléculaire du vivant avec la génétique, alors que, parallèlement, la durée de vie humaine s'allonge régulièrement définissant une population grandissante de personnes nécessitant des suivis médicaux et des soins réguliers... Ajoutons que la situation sanitaire montre encore de très grandes insuffisances, pour une très grande part de la population mondiale ; les besoins sont donc énormes. Suivant les conclusions d'un rapport récent (Bio-innov), un enjeu majeur se situe aux confins des trois

disciplines : Information, Biologie et Santé. Toulouse et Midi-Pyrénées sont particulièrement bien préparés à cette échéance : des compétences fortes et bien réparties entre ces trois disciplines, un accès privilégié aux micro nano technologies, un tissu industriel compétitif, un pôle de compétitivité CbS, ouvert « du médicament aux soins à domicile ». Les initiatives sont déjà nombreuses pour aller dans ce sens, un site moderne et très ambitieux, en construction sur l'ancien site de l'usine AZF, des structures d'accueil pour des équipes internationales de pointe l'ITAV, des projets nombreux dont le projet de « Centre de référence sur le maintien à domicile » avec le CHU de Rangueil associé à d'autres CHU en Régions Paca, Rhône-Alpes, Centre...

Les partenariats pluridisciplinaires et interprofessionnels : Recherche/Industrie, ont donc encore de « beaux jours » pour continuer de construire un pôle Midi-Pyrénées au sommet de la notoriété scientifique technologique et industrielle dans un environnement où il fait « bon vivre »...

Le triptyque « Formation-recherche-industrie » a toujours été au cœur des activités du LAAS depuis sa création, ce triptyque est aujourd'hui au cœur des pôles de compétitivité et sera demain le socle de tout territoire qui souhaite être attractif et créateur d'emplois et de nouvelles richesses et ce dans une perspective de développement durable. Le LAAS y jouera, comme il l'a fait par le passé, son rôle en mettant toujours au haut de son fronton la devise de son directeur fondateur Jean Lagasse « Toujours plus haut, toujours plus loin dans

le bonheur et la joie d'être ensemble »

Sigles

Adriam : Architectures dynamiques reconfigurables pour systèmes embarqués autonomes mobiles.

Airsys : Architecture et ingénierie des systèmes

Ara : Automatisation et robotique avancées

Autodiag : Diagnostic dans le domaine automobile

AZF : Azote Fertilisants

CEA-Leti : Commissariat à l'énergie atomique - Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information

Cemes : Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (UPR 8011)

CESR : Centre d'études spatiales des rayonnements (UMR 5187)

Cirimat : Centre interuniversitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux (UMR 5085)

CNET-Grenoble : Centre national d'études en télécommunications, Meylan Grenoble

GCIS : Groupement circuits intégrés au silicium

IPBS : Institut de pharmacologie et de biologie structurale (UMR 5089)

Irit : Institut de recherche en informatique de Toulouse (UMR 5505)

ITAV : Institut des technologies avancées en sciences du vivant

LAAS : Laboratoire d'analyse et d'architectures des systèmes (UPR 8001)

Laplace : Laboratoire plasma et conversion d'énergie (UMR 5213)

Lipa : Laboratoire d'intégration des systèmes de puissance embarquée

Onera : Office national d'études et de recherches aéronautiques

PEARL : Power Electronics Associated Research Laboratory

PixCell : Concevoir des lunettes de correction du futur

Contact : costes@laas.fr
estève@laas.fr

¹ Anciens directeurs du LAAS-CNRS (1981-1998)



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 - Cimat

- 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 agroindustrielle
- Laboratoire des biotechnologies et amélioration des Plantes, BAP
- Laboratoire agrosystèmes cultivés et herbagers, Arche
- Laboratoire des biotechnologies et des bioprocédés, LB8
- 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 matériels 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, (Insa), l'Ecole nationale supérieure agronomique, (Ensat). Il est en relation étroite avec des industries régionales, nationales et internationales ainsi qu'avec les pôles de compétitivités régionaux, et participe à de nombreux 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'europium luminescents en présence d'un rayonnement UV (CCNR/Cyril Fénelon)

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. À 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

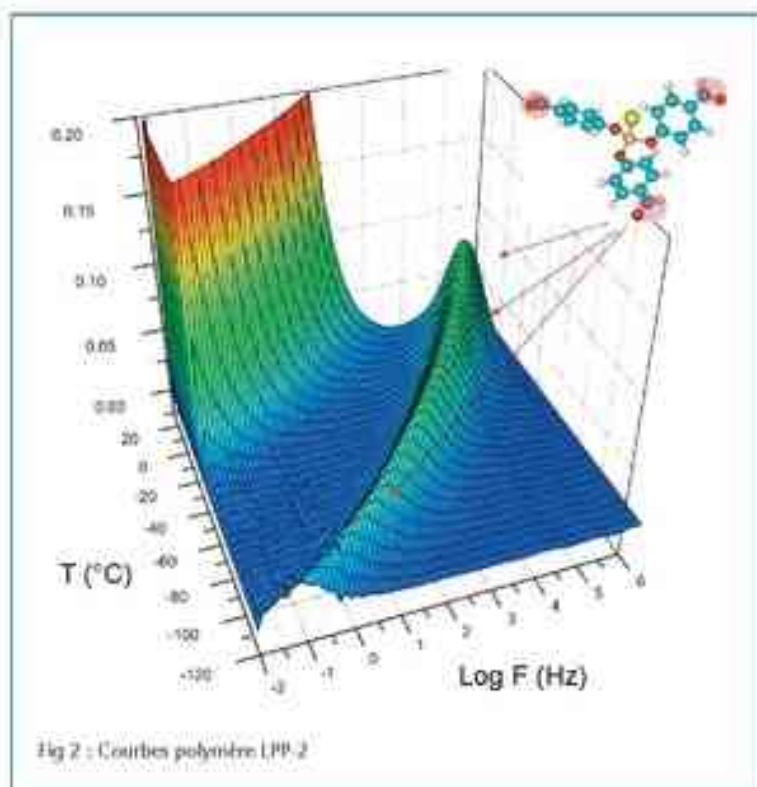
2 - Chimie et matériaux

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 social 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 bofofuranes (©Studio Perre 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-

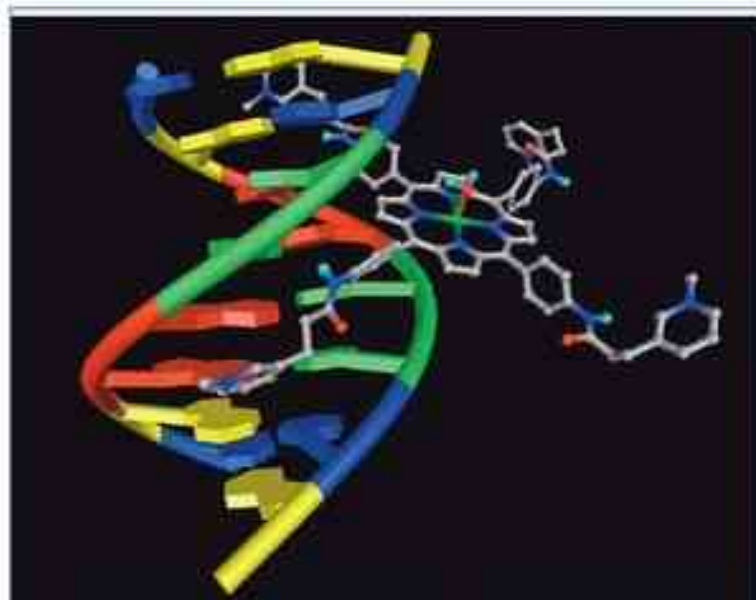


Fig 4 : "ADN et métalloporphyrine" (©Philippe Audebert)

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
- Cancéropole (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. (CHFA/CNRS)

• Chimie moléculaire et supra-moléculaire

• Physico chimie théorique

Matériaux - Structure - Mécanique : 89 doctorants

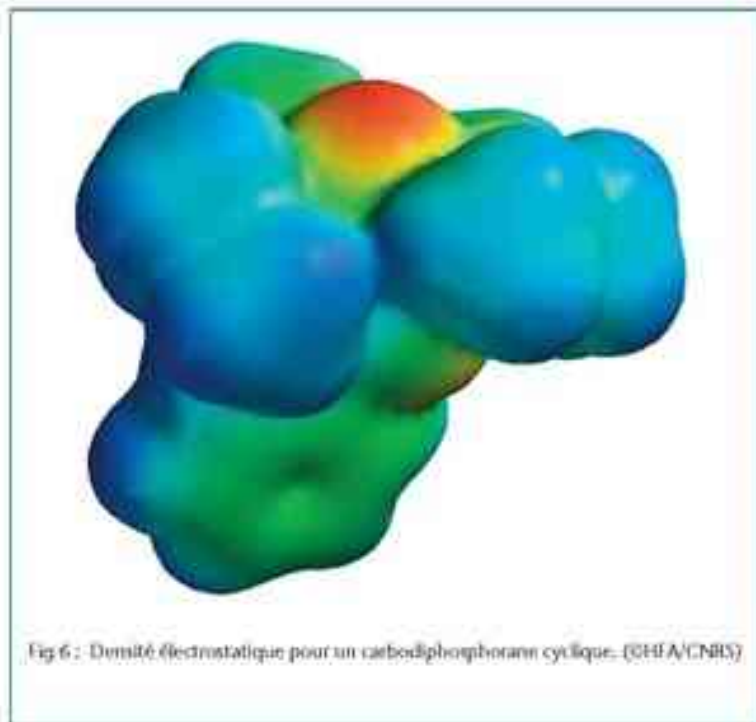
• Science et génie des matériaux

Physique et nanophysique : 57 doctorants

• Nanophysique, nanocomposants, nanométrie

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

• Sciences des agroressources



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-Catier 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



L'économie de l'environnement à UT1

La recherche en environnement est un des thèmes majeurs de l'Ecole d'économie de Toulouse ou *Toulouse School of Economics/TSE* (un des 13 Réseaux thématiques de recherche avancée labellisés en 2006, et dont le CNRS est l'un des membres fondateurs).

L'institution : Le Lema (Laboratoire d'économie des ressources naturelles), dirigé par Christian Gollier, est une UMR de l'Inra et de l'Université de Toulouse I - Sciences sociales depuis 1999, et a reçu la labellisation du CNRS le 1^{er} janvier 2009. Le Lema fait partie des trois laboratoires constituant TSE.

En 2009, le Lema regroupe 29 chercheurs et enseignants chercheurs. Outre les post-docs et les chaires créées grâce au soutien de TSE, le Lema est composé de 6 Directeurs de recherche de l'Inra, 9 Professeurs des universités, 4 Chargés de recherche de l'Inra, et 1 du CNRS, ainsi que 2 Maîtres de conférences des universités. Le champ d'étude du Lema est l'économie des ressources naturelles et de l'environnement. Les recherches conduites par le Lema se déclinent autour des deux grands domaines d'application que sont l'eau et l'énergie.

Le Lema est l'un des très rares centres de recherche mondiaux couvrant l'ensemble des questions économiques relatives à l'eau, à l'étude de l'offre et la demande, à la

gestion publique ou privée des services d'eau en France et dans le monde, et à la gestion à long terme de la ressource.

Les recherches sur l'énergie portent essentiellement sur la problématique du changement climatique : prospective à long et très long termes, analyse d'impacts, examen des performances des politiques de régulation des émissions de gaz à effet de serre, substitutions entre énergies. Ces recherches font l'objet de développements interdisciplinaires variés avec les sciences de l'environnement. A ce titre, le Lema a contribué à la préparation du Grenelle de l'environnement par la rédaction² d'un rapport sur l'économie du changement climatique commandé par le premier ministre.

Les autres thèmes de recherche importants du laboratoire portent sur l'économie du risque environnemental et de la précaution, en particulier l'analyse coût-bénéfice des risques³, et les relations entre croissance et environnement dans une perspective de développement durable, et la régulation publique environnementale.

Ces différentes questions font l'objet de recherches tant fondamentales qu'appliquées, le laboratoire ayant su développer conjointement une recherche académique de haut niveau⁴ associée à une forte capacité de réponse à des problèmes finalisés et aux demandes d'expertise des décideurs publics ou privés.

Collaborations sur le site Toulousain : Le Lema est partie pre-

nante au regroupement de Laboratoires Terre vivante et espace, adossé au pôle de compétitivité Aéronautique et Espace. Il collabore aussi avec les équipes du RTRA STAE, et constitue à ce titre un pont naturel entre les 2 RTRA toulousains.

Collaborations hors site : Une coopération de long terme est établie entre les chercheurs du Lema et le Laboratoire CNRS-CEA des sciences du climat et de l'environnement (LSCE). Elle prend la forme d'un projet commun « Ecoclim » de modélisation couplée du climat et de la croissance économique mondiale au XX^e siècle. Les premiers résultats de ces travaux ont été présentés à la Conférence mondiale de l'*International Association for Energy Economics* à Tokyo en 2006.

Par ailleurs, Christian Gollier s'est impliqué dans la gestion des recherches interdisciplinaires sur l'environnement en France en occupant le poste de directeur scientifique adjoint à l'Institut national des sciences de l'univers (Insu) à l'interface avec SHS/CNRS sur les questions liées à l'environnement. Il a également été lead author pour le GIEC, et participe activement au débat qui a suivi la publication du rapport Stern à l'automne 2007⁵. Il a fortement contribué aux rapports des commissions Lebègue⁶ et Quinet, sur la fixation respectivement du taux d'actualisation et de la valeur Carbone pour les investissements environnementaux en France.

Plus récemment, deux chercheurs du Lema, Christian Gollier

et François Ortalo-Magné (également professeur à l'Université de Wisconsin) ont été nommés membres du tout nouveau Conseil économique pour le développement durable (CEDD). Jean Tirole s'est vu, par l'intermédiaire du Conseil d'analyse économique, confié une mission de rédiger, avant l'été 2009, un rapport tentant d'une part de déterminer comment les négociations internationales pourraient aboutir à un accord pour l'après-2012, et d'autre part, de concevoir des améliorations dans la politique Européenne en matière de lutte contre le réchauffement climatique.

Choix économiques dans la lutte contre le réchauffement climatique

La négociation de Copenhague en décembre prochain sera déterminante pour l'avenir de la lutte contre le réchauffement climatique. Les divers objectifs affichés par les gouvernements, l'Union européenne et les organismes internationaux, paraissent peu crédibles à l'aune de l'expérience des politiques mises en œuvre à la suite du protocole de Kyoto. Le réalisme des égoïsmes nationaux est malheureusement un meilleur prédicteur de l'avenir de notre planète que les déclarations volontaristes et généreuses. A moins que...

Essayons d'imaginer une issue positive aux négociations de Copenhague. En décembre 2009, les États résolvent simultanément les trois problèmes auxquels sont confrontés les experts :

a) la mise en place d'instruments économiques incitatifs, permet-

tant une minimisation du coût de la lutte contre le réchauffement climatique, seul gage d'une politique crédible et pérenne;

b) la mise en place de mécanismes garantissant la pérennité de cet accord en sanctionnant les laxismes futurs, auxquels les gouvernements ne manqueront pas de succomber en l'absence de tels garde-fous,

c) la conception d'un mécanisme de transferts qui fasse adhérer tous les pays à un accord global.

Ces trois conditions *sine qua non* - mécanismes économiques, engagement et compensation - seront au centre des discussions pourvu que la communauté scientifique apporte une feuille de route aussi claire que possible.

Et si l'accord « final » ne prend pas encore forme à Copenhague, il faudra aussi réfléchir au chemin qui pourrait mener à un tel accord.

Les notes suivantes ont pour but d'esquisser une approche économique de ces deux questions : la conception d'un mécanisme pérenne et la transition vers un tel accord.

1) Quel accord ?

Comme nous l'avons noté, un accord trop coûteux sera immanquablement remis en cause. L'enjeu de l'efficacité économique dans la lutte contre le réchauffement climatique n'est donc pas seulement de minimiser l'impact négatif de ces politiques sur l'activité économique mondiale, mais aussi de rendre cette lutte crédible.

Voici quelques impératifs dans la conception d'un système efficace :

a) Cohérence des prix du carbone. Idéalement, le prix du carbone devrait être le même, quelle que soit la source ou le pays dans lequel la tonne de carbone est émise. Le raisonnement est simple : Si l'émission coûte en taxe ou en achat de droit d'émission négociable 50 Euros par tonne à un émetteur dans le pays A et 100 Euros à un autre dans le pays B, certains émetteurs du pays A préféreront polluer plutôt que de dépenser 51 Euros pour éviter cette pollution alors que d'autres dans le pays B dépenseront 99 euros pour réduire la leur ; à niveau de pollution donné, 48 Euros auraient ainsi pu être économisés par la société. Bien sûr, la perte moyenne est plus faible que la différence des prix, mais elle peut être substantielle. C'est ainsi que plusieurs études économétriques estiment à 50 % la réduction du coût de la lutte contre certaines pollutions grâce à l'utilisation d'un instrument économique - à savoir les droits d'émissions négociables - créant un prix unique pour tous les acteurs, et remplaçant des solutions administrées différenciant implicitement les prix.

Les conséquences de ce principe de base sont nombreuses. Par exemple, contrairement à une intuition commune, on ne doit pas différencier entre secteurs économiques sur la base de l'existence ou non de technologies de remplacement (sans carbone) viables dans le court ou moyen terme. Ou encore les normes imposées dans certains secteurs doivent être guidées par la taxe ou le prix d'un droit d'émission négociable dans les autres secteurs.

Il y a fort à parier cependant que la cohérence des différentes politiques mises en œuvre pour contrecarrer le réchauffement climatique laissera à désirer. Nous rencontrerons de nombreux autres exemples d'application de ce « principe de prix unique » plus tard dans notre discussion.

b) Un horizon long. Les décisions des acteurs économiques en matière d'émission de gaz à effet de serre (GES) sont souvent des décisions de long terme: construction d'unités de production d'électricité (les installations durant de 20 à 60 ans en général), immobilier, transports, forêts, etc. Par ailleurs, les entreprises ou start ups travaillant sur la séquestration du carbone, les cellules à hydrogène, le stockage de l'électricité, le photovoltaïque, ou toute autre technologie permettant d'économiser les GES ne le feront que si elles peuvent contempler un rendement sur leurs licences à un horizon long. Ce rendement sera déterminé par le coût d'opportunité des pollueurs potentiels, c'est-à-dire le prix des droits d'émission négociables ; car ce prix des permis à polluer fixe les royalties maximales par tonne de carbone auxquelles les innovateurs peuvent prétendre pour leurs licences de technologies sans carbone. Le prix du carbone en 2010 leur importe donc beaucoup moins que celui en 2030 ou 2050.

Les acteurs économiques ont besoin de lisibilité à long terme. Notre système européen ETS, avec ses horizons courts (2005-2007, 2008-2012, 2013-2020) fait en la matière bien pâle figure au regard des systèmes de droits

d'émission négociables sur le SO₂ et le NO_x mis en place aux États-Unis en 1990. Cette année là, le *Clean Air Act Amendment* avait adopté un objectif ambitieux de réduction de moitié des émissions de dioxyde de soufre (de 20 millions de tonnes par ans à 10 millions à partir de 1995), et avait mis en place un système de droits échangeables. Ces droits d'émission négociables s'échangent sur des marchés à terme d'un horizon de 30 ans. Ces marchés créent des « signaux prix », servant de guide aux acteurs économiques dans leurs décisions d'investissement. Ils permettent aussi à ces derniers de se couvrir contre le risque correspondant.

c) Un engagement suffisant. Le débat sur les prix des droits d'émission négociables s'est centré sur la notion de prix plafond, ou soupape de sécurité. Les industriels sont en effet inquiets de l'impact des prix des GES sur l'activité économique. En partie, cette inquiétude résulte de l'absence de taxation environnementale dans des pays commercialement concurrents. Nous reviendrons sur ce sujet. Pour l'instant, nous ne considérons qu'une situation où un accord international aurait été obtenu.

Il me semble au moins aussi important de mettre en place un prix plancher. Aujourd'hui les équipements à faible contenu en carbone ne sont mis en place dans le transport, le bâtiment, le secteur électrique et tout autre secteur que si les acteurs économiques anticipent des prix du carbone non négligeables à l'avenir. De même, les industriels ne feront de la recherche dans les technologies sans carbone que s'ils s'at-

tendent à toucher des royalties conséquentes sur leurs innovations ; et, comme nous l'avons déjà noté, ces royalties seront déterminées par le prix de marché du carbone. Or, la crédibilité de l'engagement des États est un sujet d'inquiétude. Supposons que, comme cela est souhaitable, un système de droits d'émission négociables soit mis en place au niveau mondial, avec un horizon long (30 ou 40 ans). Une fois les permis vendus ou distribués (par exemple en 2010 pour la période 2011-2040), il peut être tentant pour les États de revenir sur leurs engagements, et d'émettre plus tard (en 2020 ou 2030) de nouveaux permis, faisant ainsi baisser les prix de ces permis. Il existe plusieurs raisons à cela :

- Tout d'abord, les États peuvent être à court d'argent (une hypothèse renforcée par la crise financière, qui mettra les finances publiques en difficulté pour de nombreuses années). Remettre de nouveaux permis aux enchères pourrait s'avérer très tentant pour ces états.

- Ensuite, les États pourraient céder devant les pressions des industriels n'ayant pas voulu, ou ne pouvant pas à coût raisonnable, faire l'effort de réduire leurs émissions.

- Enfin, les États pourraient vouloir faciliter l'accès aux technologies sans carbone en faisant baisser le prix des droits d'émission négociables et en forçant ainsi les innovateurs à baisser le niveau de leurs royalties.

Dans tous les cas se pose un problème de «cohérence intertemporelle» des choix des États : ces derniers voudraient pouvoir s'engager sur des prix à terme élevés, mais une fois que le secteur privé a acquis les droits d'émission, que les industriels ont investi dans des technologies peu consommatrices de carbone et que les inventeurs ont innové, il est tentant de prendre des mesures faisant baisser le prix du carbone.

La solution à ce problème semble très simple : les États peuvent s'engager à un prix plancher (par exemple, «le carbone ne vaudra pas moins de 100 euros la tonne en 2020»). Cet engagement est rendu crédible par une dette contingente : les États se portent garants du niveau de prix en s'engageant à rembourser aux acquéreurs de droits d'émission négociables la différence entre le prix annoncé et le prix réalisé si cette différence s'avère positive; en d'autres termes, les États émettent des «Obligations d'État contingentes», ou «options put». Ou, de façon équivalente, les États peuvent s'engager à racheter suffisamment de permis si leur prix tombe en dessous du seuil annoncé.

Cette solution a un défaut évident. Il est difficile de prévoir avec exactitude la bonne politique en matière de réchauffement climatique dans 20 ou 30 ans. L'incertitude scientifique (sur l'impact exact des GES sur le climat), technologique (la vitesse de progrès technologique dans la lutte contre les GES), et humaine (quel sera l'acceptabilité des mécanismes d'adaptation ?) implique qu'il faut prévoir un peu de flexibilité, par exemple en se laissant la possibilité d'augmenter

(diminuer) le prix du carbone si les nouvelles scientifiques sur la vitesse du réchauffement climatique sont mauvaises (bonnes).

En collaboration avec Jean-Jacques Laffont, je m'étais penché sur ce problème², et avais examiné la politique publique optimale. Nous en avons conclu que l'optimum social consistait à émettre des droits d'émission négociables comprenant des droits de rédemption accrus au fur et à mesure que le prix du carbone baissait. Ce mécanisme a pour objet de donner une certaine réactivité à l'état pour ajuster sa politique aux nouvelles informations scientifiques, technologiques et sociales tout en le responsabilisant quant à son incitation à ne pas tenir ses promesses sur le prix du carbone.

d) Un système de droits négociables mieux conçu. Le système Européen sur les GES («Emissions Trading System» ou «ETS»), s'il a le mérite d'exister, contient de nombreuses erreurs de conception n'existant pas par exemple dans le système de droits d'émission négociables mis en place en 1990 aux États-Unis pour le SO₂ et le NO_x :

- L'allocation de nouveaux permis gratuits pour de nouveaux entrants ou projets. Une telle allocation ne peut que créer un effet d'aubaine pour les bénéficiaires et génère une multiplicité de prix (0 pour ces nouveaux projets, prix du marché pour les autres) entraînant une mauvaise allocation des ressources économiques.
- Perte des permis en cas de fermeture. Certains pays européens

ont décrété que les droits d'émission négociables octroyés à une installation seraient perdus lorsque cette installation serait fermée. Ceci de nouveau va à l'encontre du principe du prix unique. Une entreprise réfléchissant à la fermeture d'une usine fait en effet face à un prix du carbone de facto égal à 0, puisqu'elle ne pourra pas revendre le permis correspondant. Une telle politique incite donc au maintien inefficace d'équipements consommateurs de carbone.

• Absence de «bankability». Les permis pour l'année *t* ne pouvaient pas être utilisés dans une phase ultérieure. Ceci empêche un lissage des prix et donne lieu à des inefficacités économiques, comme le montre la Figure 1. Cette dernière représente les prix spot et à terme du carbone en Europe. Par exemple, le prix (spot) en mai 2007 était proche de 0, du fait de petites erreurs de prévisions sur la demande et de l'octroi par trop généreux de permis par certains États. Par contre le prix (à terme) d'achat en mai 2007 d'un droit d'émission pour 2008 était non-négligeable. Or, il y a très peu de différence en termes de coût social entre une tonne émise en 2007 et une émise en 2008... De nouveau le principe du prix unique est violé.

• Excès de subsidiarité et pénalités trop peu crédibles. Dans le système européen, les États avaient conservé trop de pouvoir discrétionnaire. En outre, en cas de dépassement de l'objectif national, la pénalité est une augmentation de l'effort



Fig 1: [Source: Powernext Carbon, EEX, Point Carbon in Tendances Carbone, 2007. Bouttes-Tréchet-Dassa "Assessment of EU CO2 regulation," mimeo, 2007.]

à entreprendre; comme l'effort futur fera l'objet d'une négociation, il y a fort à parier que la communauté passera l'éponge sur les dépassements passés afin d'arriver à un nouvel accord.

Enfin, notons que dans les deux cas (loi de 1990 aux Etats-Unis pour le SO_2 et le NO_x , Communauté Européenne pour le CO_2), la place réservée aux enchères fut négligeable : moins de 3% des permis aux Etats-Unis, encore moins en Europe. Par contre, la Commission Européenne prévoit l'utilisation d'enchères après 2013, entièrement pour l'industrie électrique, progressivement pour les autres secteurs. D'une manière générale, l'utilisation d'enchères est désirable. Elle se heurte cependant à une opposition des industriels, qui ne veulent pas à avoir à déboursier tout d'un coup une somme importante sans contrepartie (pour la même raison, ces derniers ont traditionnellement préféré un système de droits négociables distribués gratuite-

ment à un mécanisme de taxe sur le carbone). Ceci nous amène tout naturellement à notre deuxième partie, liée à l'économie politique des politiques environnementales.

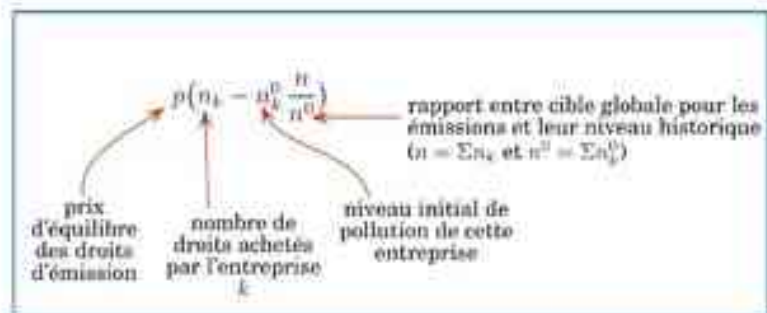
2) L'économie politique d'un accord

a) Le principe de compensation. Il est naturel que les acteurs-entreprises, secteurs ou pays- qui sont ou seront gros émetteurs de GES s'arquent pour échapper à leur taxation. Un livre très intéressant écrit par une équipe du MIT² décrit les nombreuses tractations qui ont précédé l'accord bipartisan de 1990 sur le

contrôle des émissions de SO_2 et le NO_x par le Congrès américain.

Une méthode classique pour vaincre les réticences est d'utiliser un mécanisme de «droits du grand-père» («grandfathering»), c'est-à-dire d'octroyer aux entreprises polluantes des permis gratuits sur la base d'émissions passées³. Considérons par exemple le cas d'un contrôle des émissions gardant la pollution globale constante, et celui d'une entreprise gardant elle-aussi son niveau de pollution constant. Cette entreprise utilise les permis reçus gratuitement pour couvrir sa pollution et au total ne paie, ni ne reçoit rien. Cependant, pour cette entreprise le coût à la marge de sa pollution est bien le prix p des droits d'émission négociables. En effet, si elle réduit sa pollution d'une unité, elle reçoit p , le prix de vente des permis, qui est aussi son coût d'opportunité. Une entreprise qui diminue (augmente) sa pollution reçoit (paie) la valeur des permis correspondant à la réduction (augmentation).

Plus généralement, l'objectif quantitatif du pays peut être en deçà ou au delà d'une valeur de référence (indexée par « 0 » dans l'équation ci-dessous). Le paiement net de l'entreprise k est alors donné par la formule ci-contre :



Cette approche permet de séparer et d'accomplir trois objectifs distincts :

- l'objectif de contrôle global de la pollution, géré par le nombre n de permis,
- l'efficacité allocative, obtenu grâce à un système de droits d'émission négociables, qui implique que tous les acteurs font face au même prix du carbone,
- la faisabilité politique, qui est obtenue par le système de compensation basé sur les allocations individuelles n^0_i .

La distribution de permis gratuits en elle-même n'implique pas une distorsion de concurrence, puisque le coût d'opportunité de la pollution reste p à la marge pour les entreprises qui en bénéficient¹¹.

Notons aussi que ces allocations individuelles peuvent très bien ne pas correspondre aux données historiques. Par exemple, certains secteurs ou pays peuvent anticiper une croissance forte de leurs besoins en émission et ne pas avoir dans le court ou moyen terme de substituts technologiques sans carbone. Pour obtenir l'accord de tels secteurs ou pays, un biais en leur faveur dans l'allocation des permis est sans doute nécessaire.

Enfin, il semble que de telles méthodes de compensation soient préférables à d'autres qui remettraient en cause le principe du prix unique. Par exemple, l'on parle souvent d'un régime transitoire plus souple pour les pays émergents, qui

bénéficieraient alors d'une « *headroom allowance* ». Ou bien le trajet d'émissions ainsi décrit correspond bien à ce qu'ils auraient choisi en présence d'un système de droits d'émission, et dans ce cas, il n'y a pas de gain à un tel régime transitoire; ou alors il induit des prix différents au cours du temps et il crée alors des distorsions économiques.

b) Les aspects internationaux. Il est bien connu que l'accord de Kyoto, s'il a lui aussi le mérite d'exister, s'est soldé par un demi-échec. En particulier, la non-ratification par l'administration américaine et l'absence des grands pays émergents (Chine, Inde, Brésil) ont écarté de l'accord une fraction importante des émissions des GES ; elles ont aussi sérieusement réduit l'empressement des autres pays à respecter et à progresser sur leurs propres engagements.

Quoiqu'il en soit, une réflexion sur les accords internationaux doit partir du principe que les intérêts nationaux priment la plupart du temps sur l'intérêt collectif. Cet égoïsme des nations a plusieurs conséquences néfastes pour la lutte contre le réchauffement climatique :

- le comportement du passager clandestin veut que chaque pays préfère que ce soit les autres qui fassent l'effort de limiter leur pollution ; ce comportement pose problème même en l'absence de tout commerce international ;
- le problème des fuites (« *leakage problem* ») décourage encore plus les états de faire des efforts

pour limiter leur pollution : quand un état taxe la pollution de ses entreprises, celles-ci peuvent être tentées de délocaliser investissements et production vers des pays moins exigeants en matière environnementale. Et s'ils ne le font pas, les consommateurs peuvent se mettre à acheter les biens (moins chers) en provenance de tels pays.

Les conséquences de l'absence d'accord global sont claires : trop de pollution et, à pollution donnée, un coût trop élevé (une mauvaise allocation de l'allocation de réduction des GES). Sur ce deuxième point, le mécanisme de développement propre (*Clean Development Mechanism*, CDM) essaie de pallier l'inefficacité de l'allocation des efforts en encourageant des réductions de pollution effectuées par des acteurs des pays riches dans les pays signataires, mais non contraints par les accords de Kyoto. Mais, comme nous le verrons, il s'agit là d'un mécanisme bien imparfait.

Notons aussi que le problème des fuites n'est en rien un argument pour exempter les secteurs des biens échangeables de la taxation carbone. Tout au plus dit-il qu'il faut veiller à une certaine neutralité concurrentielle pour éviter les reports. Nous reviendrons sur ce point très bientôt.

Bien entendu, des initiatives régionales, à l'instar du système ETS en Europe, verront le jour avant qu'un accord global ne soit atteint. Il n'empêche que ces initiatives seront, de par le problème du passager clandestin, nécessairement limitées et de plus créeront un problème d'inef-

efficacité lié à la multiplicité des prix.

c) Les incitations à rejoindre un accord. Si l'on oublie l'opprobre internationale (traditionnellement de courte durée), la situation idéale pour un pays est de rester en dehors d'un accord qui contraint les autres pays à une politique exigeante en matière d'émission de GES. Un pays ne rejoindra un accord international que si son bien-être au sein de cet accord (appelons-le A) dépasse celui qu'il obtient en restant en dehors (appelons-le B). Un déterminant crucial de A est l'allocation des droits d'émission négociables dans le cadre d'un mécanisme de « cap and trade ». B lui est affecté à la fois par les accords conclus par les signataires (car ces accords déterminent leur niveau de contrôle des GES) et par la politique de ces derniers vis-à-vis des non-signataires. Cette politique a plusieurs volets, dont deux au centre des discussions actuelles :

- CDM : L'approche par projet autorise les pays qui se sont engagés sur des réductions d'émission des GES à réaliser, sous certaines conditions, une partie de ces réductions au travers de projets réalisés dans des pays non-contraints.

Cette politique a deux avantages :

- a) Elle permet d'utiliser certains gisements d'économie de coût ; les acteurs des pays signataires peuvent ainsi substituer des dépollutions à coût faible à d'autres à coût élevé.
- b) Comme les pays non-contraints bénéficiaires sont

essentiellement des PVD, ce mécanisme crée une aide au développement, ce qui n'est pas négligeable.

Par contre, les mécanismes CDM ont un certain nombre de désavantages :

- c) Ils impliquent des coûts de transaction élevés. Pour éviter les effets d'aubaine, le protocole exige à juste titre que le projet concerné soit additionnel (en gros, n'aurait pas eu lieu en l'absence du mécanisme CDM). Il est toujours très difficile d'établir ce qui se serait passé en l'absence du mécanisme de CDM (le « contrefactuel »).

- d) La perspective même de pouvoir bénéficier à l'avenir de la manne du CDM n'incite guère à réduire la pollution, et pourrait même pousser à certains investissements riches en carbone.

- e) Enfin, et liée au sujet de cette section (les incitations à rejoindre un accord), la manne potentielle liée aux CDM accroît l'incitation au comportement de passager clandestin.

- Taxes d'ajustement aux frontières. Pour contrecarrer le problème des fuites (*leakage problem*), il est souvent proposé que les États signataires d'un accord puissent taxer les importations en provenance de pays ne respectant pas les accords, ou, de façon alternative, de demander aux importateurs d'acheter des droits d'émission négociables corres-

pondant au contenu carbone des importations.

La logique et les bénéfices d'une telle mesure sont clairs :

- a) Elle permet de restaurer la neutralité concurrentielle, et par la même de diminuer la pollution globale en empêchant que les consommateurs ne se tournent vers des importations peu coûteuses car riches en carbone. [Par contre, une taxe d'ajustement aux frontières ne peut pas résoudre le problème du passager clandestin : les biens produits et consommés dans des pays non-signataires y échappent.]

- b) Elle exerce une pression sur les pays non-signataires pour qu'ils rejoignent l'accord¹¹.

Par contre le diable est dans le détail, et un tel mécanisme peut très vite s'avérer néfaste :

- c) Tout d'abord, il est très difficile de déterminer le contenu carbone direct et indirect d'un bien, car tout dépend des technologies utilisées pour la production du bien et des biens intermédiaires auparavant. Bien sûr, l'on peut utiliser un étalonnage ; mais un tel benchmark est peu incitatif, dans la mesure où il ne discrimine pas entre entreprises étrangères ; par exemple, il pénalise les entreprises étrangères vertueuses.

- d) La critique essentielle de ces taxes est qu'elles ouvrent la porte au protectionnisme, dans laquelle les pays ne seront que trop heureux de s'engouffrer. Il

faut donc éviter que les accords généraux de l'OMC ne soient remis en cause de façon insidieuse sous couvert de lutte contre le réchauffement climatique.

Une condition *sine qua non* pour la mise en œuvre de telles taxes me semble être que les pays ne puissent pas être juges et parties. L'OMC permet l'imposition de droits d'importation en cas de concurrence déloyale, ce qui inclut le dumping environnemental. Et si l'on juge le processus OMC trop lourd ou inefficace, on pourrait envisager une instance indépendante ad hoc (même si celle-ci ferait quelque peu doublon avec l'OMC et pourrait rentrer en conflit avec elle).

Que ce soit l'OMC ou un autre organisme, et oubliant le problème de manque d'information sur le contenu carbone des biens importés, calculer «la bonne taxe» est extrêmement complexe. Supposons qu'un pays ne veuille pas rentrer dans un accord international parce qu'il estime que la recherche est le meilleur moyen de combattre le réchauffement climatique et qu'il contribue par ailleurs au bien public mondial en faisant de la recherche publique fondamentale sur les cellules à hydrogène ou le nucléaire de quatrième génération, et que cette activité (en partie future) n'est pas tenue en compte correctement dans l'allocation initiale des permis. Doit-on pénaliser un tel pays par des taxes sur ses exportations ?

3) Autres pistes de réflexion

Cette note n'a pu qu'aborder superficiellement quelques grands sujets ayant trait à la lutte contre le réchauffement climatique. Il existe beaucoup d'autres sujets cruciaux : l'évaluation (suivant la dynamique mise en route par le rapport Stern), la convergence des systèmes régionaux mis en place en attendant un accord mondial, la recherche publique dans les technologies vertes, la mise en œuvre d'un accord international, la cohérence entre les autres instruments économiques comme les normes et les taxes ou droits d'émission négociables, les coûts et bénéfices des négociations sectorielles par rapport à une négociation globale, et l'organisation de la finance carbone, pour ne citer que quelques sujets n'ayant pas été abordés dans cette note.

J'espère cependant avoir fait passer deux messages généraux. Tout d'abord, il faut se fixer une ligne de mire. L'économie offre un certain nombre de principes tels que l'unicité de la valeur carbone, ou la séparation entre efficacité et aspects redistributifs/compensatoires, et enfin sur la problématique de l'engagement des états. Le deuxième message a trait à la nécessaire utilisation de principes élémentaires de théorie des jeux pour une réflexion sur le chemin vers un accord global, et les inévitables comportements opportunistes qui y seront associés.

1. Directeur de la Toulouse school of Economics et médaille d'Or du CNRS.

2. http://www7.toulouse.inra.fr/lema/capports/NS_IERNA_TSE_Sept20074.pdf

3. Voir par exemple Treich, N., (2005), L'analyse coût-bénéfice appliquée à l'étude de la prévention et de la précaution, Les Cahiers Français, 327, 83-86.

4. TSE est classé premier centre Européen en économie de l'environnement selon le site EconPhD : <http://www.econphd.net>

5. Voir par exemple Collier, C., (2007), « La finance durable du rapport Stern », Revue d'Economie Politique, 117 (4), 463-473.

6. <http://www.glan.gouv.fr/intranet/upload/actualite/Rapport%20Lebeque%20Taux%20actualisation%2024-01-05.pdf>

7. http://www.strategie.gouv.fr/IMG/pdf/leur_tutelaire_du_carbone-rapport_final_Guin2008.pdf

8. Dans deux articles publiés dans le Journal of Public Economics en 1996.

9. Markets for Clean Air: The U.S. Acid Rain Program P.Jonkwa, R.Schmalensee, A.D. Ellerman, J.P. Montero, and E. Bailey, Cambridge University Press, 2000.

10. Sur la base des émissions de 1987 pour la loi adoptée en 1990 aux Etats-Unis, par exemple.

11. A moins que cette distribution ne permette à ces entreprises de rester solvables, alors qu'elles auraient disparu autrement.

12. A ce titre, on pourrait même imaginer théoriquement que la taxe excède le prix des droits d'émission, afin de pénaliser le manque inévitable de taxation de la production pour autoconsommation mentionné ci-dessous. Mais cette surtaxe représenterait alors un instrument bien imparfait...

Pour en savoir plus...

Le Conseil d'analyse économique (<http://www.cae.gouv.fr/>) a consacré plusieurs rapports au problème du réchauffement climatique et plus généralement aux politiques publiques sur l'environnement : rapports 8 (Liepietz-Bureau-Hourcade-Godart-Henry 1998), 39 (Guesnerie 2003), et 54 (Bureau-Mougeot 2004).

Plus récemment, d'excellents rapports ont disséqué la problématique de la valeur carbone : par exemple, le rapport de Boissieu sur le facteur 4 (2006, <http://www.comite21.org/docs/economie/axes-de-travail/alimentation-dechets-energie-transports/facteur4-rapport-definitif.pdf>), le rapport Quinet pour le Centre d'analyse stratégique sur la valeur du carbone (2008, http://www.strategie.gouv.fr/IMG/pdf/Valeur_tutelaire_du_carbone-rapport_final-6juin2008.pdf).

Le rapport Landau 2007, http://www.globalgovgroup.com/media/pdf/Rapport_Landau.pdf traite de façon assez générale du problème des transferts internationaux et de la gouvernance mondiale.

Les six rapports correspondant au Grenelle de l'Environnement (2007, <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/074000693/index.shtml>) sont aussi à consulter.

Le rapport Stern (2006, <http://www.hm-treasury.gov.uk/>) est évidemment un classique. L'article de Christian Collier (2007, *Revue d'Economie Politique*) sur la finance durable dans le rapport Stern est aussi recommandé.



De très longue date existe en France une forte sensibilité au milieu souterrain, à sa découverte, son exploration et son étude. Pendant cinquante ans le Laboratoire souterrain en a été un témoignage et un aboutissement. Après de nombreuses années de gestation où l'on retrouve des grands noms comme Racovitza, Jeannel, Trombe, Géze, le projet d'un centre d'étude spécialisé dans ce domaine prenait corps. Grâce à l'opiniâtreté, à l'enthousiasme et au dévouement du professeur Jeannel, c'était la création officielle en début de l'année 1948 du Laboratoire souterrain. Pourquoi Moullis ? C'est la richesse des Pyrénées en faune dite alors cavernicole, l'existence d'une grotte aménageable proche d'une ville (Saint-Girons) et pas trop loin d'un campus universitaire (Toulouse). Sous l'autorité et l'impulsion du premier directeur, le professeur A. Vandel, membre de l'Institut, se mettait en place à partir de 1950 cet outil incomparable, envié par le monde entier, en raison de ses objectifs, de ses moyens, des possibilités expérimentales avec notamment l'aménagement d'une grotte-laboratoire, de son personnel hautement qualifié et de ses programmes. Le 26 juin 1954 le Laboratoire était officiellement inauguré. Durant plus de 50 ans d'activité et de bons et loyaux services le laboratoire a pu être fier de présenter un bilan positif et de montrer son rayonnement partout où les problèmes ayant trait au milieu souterrain tant sur le plan physique que biologique puisqu'une de ses spécificités a été la pluridisciplinarité.



Une trentaine de thèses d'Etat sont issues de Moullis, ainsi qu'une centaine de mémoires de 3e cycle, de DEA ou de maîtrise et un très grand nombre de publications dans des revues diverses et des colloques. Une cinquantaine de chercheurs tant français qu'étrangers sont passés par Moullis et bon nombre sont devenus des chefs de file dans les laboratoires où ils ont émigré ou tout au moins ont été et, restent encore, les maîtres à penser de la science souterraine. De grands noms ayant marqué l'écologie et l'évolution sont passés à Moullis : Margalef, Dobzhansky, Mayr, Kimura, Teilhard de Chardin et bien d'autres.

A partir de janvier 2007 le laboratoire de Moullis est devenu la Station d'écologie expérimentale qui développe actuellement ses activités scientifiques dans le domaine des sciences du vivant au-delà de la Biospécologie et de la Biologie des espèces endémiques pyrénéennes, qui faisaient ses domaines privilégiés

depuis sa création. Une nouvelle équipe se constitue en s'enrichissant de chercheurs, techniciens et étudiants en pointe sur les recherches en Ecologie.

La synergie s'opérant, le champ des problématiques s'étend autour de deux centres d'intérêt principaux :

- 1) les processus évolutifs (adaptations, processus sélectifs, systèmes d'appariement et plasticité phénotypique),
- 2) l'impact des changements globaux sur les individus et les populations (changements climatiques ; fragmentation, altération et destruction des habitats).

Actuellement ces thématiques de recherche sont d'une part développées sur les amphibiens cavernicoles qui ont traditionnellement été étudiés à la Station comme le Protée, et l'endémique pyrénéen à populations hypo-

gées et épigées, l'Euprocte des Pyrénées.

D'autre part, l'équipe s'intéresse particulièrement à des modèles comme le Protiste *Tetrahymena* et les Reptiles Lacertidés autochtones: le Lézard des murailles et le Lézard vivipare.



Par ailleurs, dans le cadre du contrat de plan Etat-Région 2007-2013, la station prévoit de développer une plateforme électronique à Moulis qui regrouperait sur le site des laboratoires à technologies complémentaires et des grands appareils expérimentaux. Ainsi doivent voir le jour prochainement un laboratoire de génétique et de biologie moléculaire, un laboratoire de physiologie, un laboratoire de Biologie cellulaire, et un laboratoire d'ingénierie phénotypique.

Parallèlement et de façon complémentaire, seront construits trois grands appareils expérimentaux : une serre, une volière (d'environ

250 m² chacune) et des cages à populations (enclos à interconnexions contrôlées sur près de 4 ha) à conditions climatiques partiellement contrôlées et pilotées (température, humidité, ensoleillement). Ces structures permettront d'accueillir une grande variété de modèles : champignons, plantes,

arthropodes, amphibiens, reptiles, oiseaux, petits mammifères. Leur vocation première sera d'affiner les modèles théoriques actuellement élaborés pour décrire le fonctionnement des systèmes écologiques, de les tester et d'en tirer des prévisions notamment en terme de conséquences individuelles et populationnelles des altérations environnementales majeures dues à la modification des habitats naturels et aux changements climatiques. La potentialité de ces appareils permettra éventuellement dans un second temps d'élargir le champ d'investigation.

Enfin, le site sera également équipé d'un complexe d'accueil, regroupant

des hébergements, un office, un réfectoire, des salles de repos, et bien sûr des salles de réunions ; afin que chercheurs et étudiants, qu'ils soient venus sur le site pour leur recherche dans le cadre de collaborations, de master, de thèse, ou bien de stage d'enseignements universitaires, ou pour assister à des colloques et autres séminaires organisés sur place, y trouvent toutes les commodités pour un séjour scientifiquement fructueux.

Avec le troisième millénaire une page se tourne. Il va falloir faire face à des enjeux économiques considérables. Il existe deux préoccupations importantes qui nous concernent : l'environnement et l'eau. Les mots clés sont : ressources, pollution et protection, aménagement du territoire. Les décideurs auront besoin de réponses claires à des questions qui sont loin d'être simples. Au niveau de la recherche, il est du devoir des scientifiques de se préparer à ces exigences et à mettre en place de nouveaux outils, mieux adaptés, opérationnels et efficaces. Les structures de recherche de demain ne seront certainement pas celles d'aujourd'hui, ni même celles d'hier, elles doivent s'adapter et être davantage au service de l'homme. C'est dans cette perspective que se place le site de Moulis avec ses projets, sa volonté et ses espoirs, qui grâce à son passé est délibérément orientée vers l'avenir.

Contact :
mangin.cnrs@free.fr

1 Directeur de recherche au CNRS

La vie des régions

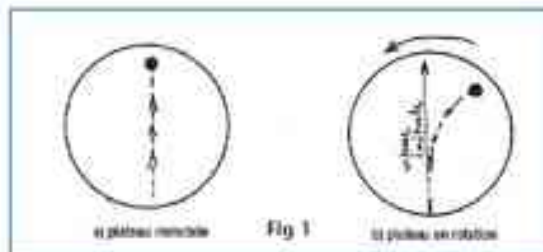
ALPES-DAUPHINÉ

Compte-rendu de visite de la Plateforme Coriolis le 15 décembre 2008



C'est en 1835 que Gaspard Coriolis étudie et énonce la loi physique qui porte son nom. Tout corps en mouvement à la surface de la Terre (tournant autour de ses pôles) est soumis à une force perpendiculaire au plan formé par l'axe de rotation (ou une parallèle à cet axe) et la direction de la vitesse de ce corps. C'est depuis cette époque que la force de Coriolis a aussi été intégrée dans le calcul des trajectoires balistiques.

La plateforme Coriolis de 14m de diamètre peut tourner autour d'un axe vertical. Démonstration nous est faite de l'effet Coriolis, les visiteurs étant montés sur le plateau en rotation. Une boule lancée rectilignement sans effet prend une direction nettement courbée dans ce référentiel sur lequel nous avons pris pied (fig 1).

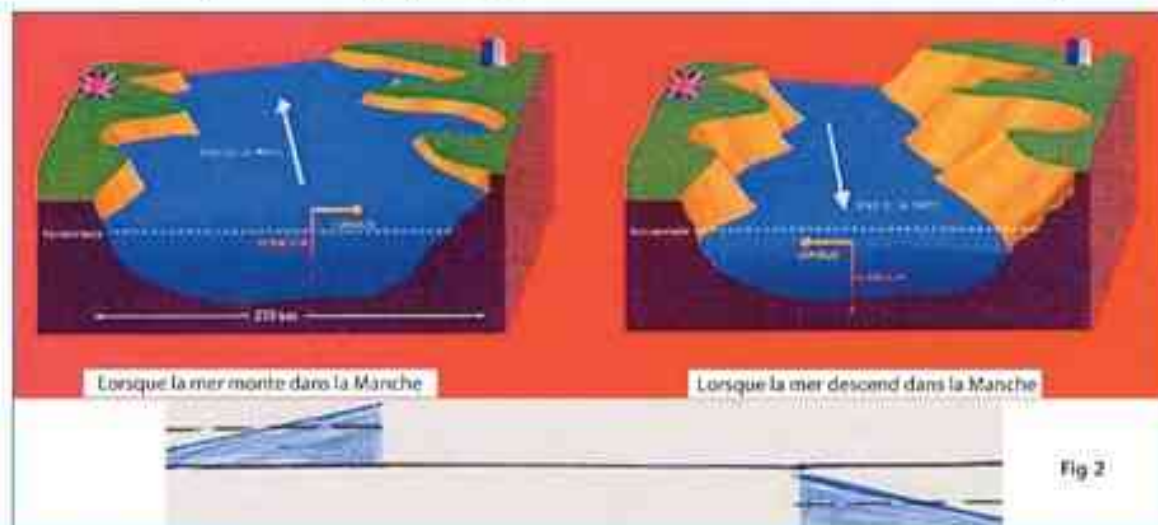


Les applications de la plateforme depuis son installation sont nombreuses. A partir de 1960, on peut citer :

1) Océanographie:

a) Comprendre et modéliser les marées dans la Manche. Elles sont particulièrement fortes côté français et nettement moins côté anglais comme le montrent les schémas et dessins ci-après. La ligne continue du croquis est le niveau moyen de la mer; la ligne en tiret serait son niveau sans la force de Coriolis à marée montante à gauche et descendante à droite (fig 2). De l'existence de cette force de Coriolis résulte une asymétrie d'amplitude (triangles bleus) entre la France et l'Angleterre (côté droit des triangles = côté français), bien que cette force soit d'environ 1/100 000 de la pesanteur dans le cas des marées.

b) Confrontation de calculs théoriques avec des expériences faites en modèles réduits sur la plateforme. L'effet des couches d'eau marines de températures, donc aussi de densités différentes est de mettre en mouvement des tourbillons qui freinent



les navires. Les courants marins sont mis en mouvement par des couches d'eau hétérogènes (ex: plus ou moins salée), ce qui peut être modélisé.

Le suivi expérimental des tourbillons se fait par de fines particules en suspension dans l'eau (et de même densité) réfléchissant la lumière d'un laser qui illumine des plans parallèles successifs. Un traitement statistique de la position des particules permet de visualiser les mouvements tourbillonnaires. Notons aussi l'effet du profil sous-marin qui peut affecter leurs formes initiales ou en créer d'autres. Nous avons pu voir quelques films montrant ces effets.

II) Dynamique atmosphérique depuis 1985

Applications variées aux phénomènes atmosphériques: Influence de la force de Coriolis sur le déclenchement de tourbillons ascendants. Interactions des tourbillons entre eux. Les couches stratifiées de Jupiter en sont un exemple.

III) La formation de chercheurs, enseignants et étudiants.

La Plateforme Coriolis étant unique au monde par sa dimension, des collaborations internationales sur des sujets divers permettent à des chercheurs ou étudiants étrangers de s'impliquer dans des études d'Océanographie ou / et de phénomènes atmosphériques tout en les comparant à des modèles théoriques.

NB: Nous devons remercier Mr Gabriel Chabert d'Hieres, ancien directeur de la Plateforme qui a bien voulu nous guider au cours de cette visite.

Raymond Chicault

CENTRE EST

Nos activités 2008 se sont terminées, dans les locaux de la DR CNRS, avec la conférence richement illustrée de Monsieur Jean-Paul Briand, DR CNRS appartenant à l'UPR 9021, dirigée par Madame S. Muller à Strasbourg.

Cette conférence intitulée, «Du peptide de synthèse au médicament, de la recherche fondamentale à

la valorisation», a permis notamment de décrire le parcours du «chercheur-valorisateur».

Jean-Paul Briand : Du peptide de synthèse au médicament, ou le parcours torturé du «chercheur-valorisateur»

Au cours de travaux classiques en recherche de base, le besoin de création d'un synthétiseur de peptides au laboratoire a été à l'origine d'une longue démarche de transfert technologique. Ainsi en 1986, la société Neosystem fut créée dans la banlieue de Strasbourg, puis intégrée dans la SNPE (Société nationale des poudres et explosifs). En 2001, Neosystem rachète son concurrent américain MPS (*multiple peptide systems*), elles sont regroupées sous le nom de NeoMPS SA en 2004. Après plusieurs extensions des unités de production de peptides «molécules-médicament», en 2008 la SNPE revend NeoMPS au groupe américain *Polypeptides Laboratories*. Avec 50 employés en Alsace (bientôt 80) et 40 personnes en Californie, cette entreprise se classe parmi les premières mondiales sur le marché des peptides et des réactifs chimiques, avec une production annuelle d'environ 5000 molécules répondant aux normes internationales en vigueur.

Dans le domaine instrumental, il faut citer également la réalisation d'un automate de synthèse combinatoire pour des molécules organiques de petite taille par J. Neimark du Laboratoire. Cet appareil a fait l'objet d'un transfert industriel dans le domaine pharmaceutique. Grâce à la multi synthèse, le Laboratoire produit environ 400 peptides par an, dont les applications consistent notamment à mieux diagnostiquer et à mieux comprendre les mécanismes de développement des maladies auto-immunes. Ainsi en partenariat avec la société Immupharma France, créée en 2006, des résultats très prometteurs ont été obtenus : par l'administration du peptide P140 (fig. 1), dans le cas du Lupus érythémateux disséminé (fig. 2) ; et de la molécule HB19, pour l'angiogénèse et l'inhibition de la croissance des cellules tumorales.

Malgré les difficultés administratives des années 1980, dues au statut de la fonction publique, la lourdeur des travaux en matière de protection intellectuelle et la difficulté à obtenir des soutiens financiers suffisants pour le développement des transferts technologiques, la reconnaissance des brillants résultats obtenus fut

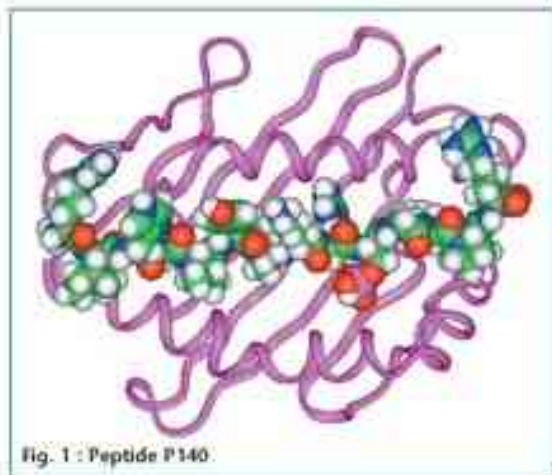


Fig. 1 : Peptide P140.

concrétisée par l'octroi du premier cristal CNRS à J. Neimark en 1992, par le prix du CNRS-Nouvel Economiste «Equipe de recherche de l'année» en 1995 et par le Trophée régional INPI de l'innovation en 2006.



Fig. 2 : Jeune patiente lupidique

En conclusion, le couple Laboratoire-PME représente une formidable aventure scientifique et humaine qui exige de la passion, de la persévérance, de la solidarité, mais aussi pour tous les acteurs «un petit grain de folie» !!!

Projets 2009

Lors de notre Assemblée informelle et conviviale annuelle, le 22 janvier 2009, animée musicalement par notre violoniste et ami C. Grandjean, nous avons dis-

cuté les visites suivantes : Musée de l'Histoire du fer à Jarville, Musée du papier mâché à Pont-à-Mousson, le site d'enfouissement des déchets nucléaires à Bure (Meuse), le Carreau minier Wendel à Petite-Rosselle (Moselle), la verrerie de Meisenthal (Moselle) et l'usine de L'Air liquide de Richemont (Moselle).

Début juin 2009, avec l'aide active de nos collègues F. Andreux et T. Choné, un déplacement de deux jours est prévu en Bourgogne avec une attention particulière pour les cultures viticole et vinicole et pour la richesse du patrimoine historique de la Cité des Ducs.

L'organisation détaillée de chaque activité arrêtée fera l'objet d'une information personnalisée.

Les observations et suggestions des adhérents sont toujours les bienvenues et très appréciées.

Bernard Maudinas

ILE-DE-FRANCE



Les conférences

Le jeudi 4 décembre 2008

Monsieur Dominique Antérion

Historien, conférencier

A associé tardivement l'Association au tricentenaire de la mort d'un personnage aux multiples aspects, surtout connu de nos jours comme architecte militaire.

Vauban (1633 – 1707) : avec 67 ans d'avance, un homme du Siècle des lumières

Le mardi 10 février 2009

Le Professeur Christophe Deguerce

Conservateur du Musée de l'École nationale vétérinaire de Maisons-Alfort

Introduction à l'histoire de la médecine vétérinaire

Au cours de cette conférence, le Professeur Degueurce s'est proposé de présenter à grands traits l'évolution de la médecine vétérinaire, de l'antiquité à nos jours. Des hippocrates de l'empire romain aux vétérinaires besogneux du XIX^e siècle, c'est tout un pan des relations entre l'homme et l'animal qui se révèle au travers des soins qui furent prodigués à nos compagnons à quatre pattes. De l'animal de rente, bête de somme ou de production, à l'animal de compagnie, chien ou chat, objets de toute l'attention de leurs maîtres, ces animaux sont le reflet de notre propre développement.

Le jeudi 5 mars 2009

Monsieur Benoit Noël

Historien d'art, conférencier

Présentera une introduction à la nouvelle exposition du Musée Jacquemart-André

Les primitifs italiens

Une cinquantaine d'œuvres, toutes réalisées par les plus grands maîtres de la pré-Renaissance et de la première Renaissance italiennes sont réunies à l'occasion de cette exposition qui sera une révélation pour le public français. Un florilège saisissant d'artistes prestigieux, de *Guido da Siena* à *Liberale di Verona* permet la confrontation de deux écoles majeures : celle de Sienne qui compte dans ses rangs *Lippo Memmi*, *Pietro Lorenzetti* ou *Sano di Pietro* et celle de Florence représentée, entre autres, par *Fra Angelico*, *Lorenzo Monaco*, *Masaccio* ou *Filippo Lippi*. La palette de couleurs puissamment symbolique des maîtres de Sienne ou de Florence émerveille le spectateur, en jouant sur les effets de camaïeux ou de contrastes entre les verts amandés, les roses tendres ou « terre de sienne », les mordorés, les bleus profonds ou les rouges vifs.

Le jeudi 9 avril 2009

Le Professeur Rémy Bouchardat

Archéologue, Directeur de recherche au CNRS, Directeur de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée

Persépolis, la résidence des rois perses, inconnue des Grecs

Jusqu'à la conquête d'Alexandre, les Grecs avaient fait

de Suse la capitale de l'empire perse. Pourtant ils savaient que Babylone, Persépolis et Ecbatane étaient aussi les résidences où les rois perses séjournaient souvent. Persépolis, située dans le sud de l'Iran près de Chiraz, revêtait une importance particulière parce qu'elle était au cœur du pays d'origine des Perses. Les grands monuments à colonnes qui se dressent encore aujourd'hui avec leur décor de sculpture en pierre sont d'abord un décor destiné à impressionner les visiteurs, sujets de l'empire ou envoyés de l'extérieur. Plus qu'une capitale, Persépolis est un haut-lieu politique et dynastique. Malgré des fouilles intensives sur la terrasse qui portent les palais, la Persépolis que nous connaissons n'est pas « la ville des Perses », mais seulement le quartier royal qui couvre 12 hectares. C'est pourquoi les recherches internationales en cours scrutent les environs dans l'espoir de découvrir la ville que pillèrent les soldats d'Alexandre avant que celui-ci ne brûle les palais des Grands Rois.

Le mardi 19 mai 2009

Monsieur Jean Chapelot

Directeur de recherche au CNRS

Responsable de « l'équipe de recherche sur le château de Vincennes et la banlieue est » du Centre de recherches historiques (CRH, CNRS, EHESS) qui a largement participé aux études préalables à la restauration.

Présentera les travaux de recherche de son laboratoire, préalables à la restauration du donjon de Vincennes.

Les visites

Décembre 2008

Le Musée des plans-reliefs aux Invalides, en complément de la conférence sur Vauban

La fabrication de plans en reliefs, maquettes de villes fortifiées, est née d'une initiative de Louvois. Ces plans représentent non seulement chaque ville avec ses remparts, mais aussi tout le paysage qui l'entoure. Avec une minutie incroyable, les maisons sont reproduites, les champs avec leurs cultures, les bois avec le nombre exact d'arbres et les différentes essences qui les composent. Ce sont de véritables œuvres d'art.

La collection débute en 1668, avec la commande que Louvois, alors ministre de la guerre de Louis XIV, adresse à Vauban pour une maquette de Dunkerque. Elle ne

LA VIE DES RÉGIONS

cessera de s'enrichir, comprenant essentiellement des places françaises situées aux frontières (terrestres et maritimes) du pays ainsi que des villes étrangères prises à l'ennemi. Un «Musée des plans-reliefs» est créé en 1943. Actuellement, une centaine de maquettes de villes françaises et étrangères sont exposées. La visite se termine devant le tombeau de marbre situé sous le dôme des Invalides, qui conserve une partie des restes de Vauban.

Décembre 2008 et janvier 2009

L'exposition Van Dyck au Musée Jacquemart-André

Pour la première fois en France, le musée Jacquemart-André a retracé les grandes étapes de la carrière de ce peintre, à travers un genre où il a excellé : le portrait. A cette fin, les toiles les plus marquantes des grands musées européens et américains étaient présentées.

Janvier et Février 2009

Nouvelles visites du Musée Nissim de Camondo

Ce musée, inauguré en 1936, est un des plus riches de Paris pour le mobilier français du XVIII^e siècle. C'est une somptueuse demeure inspirée du Petit Trianon, construite en 1912 près du parc Monceau sur la demande du comte Moïse de Camondo. Ce banquier, aristocrate fortuné bien connu dans le monde de l'art, fut soucieux d'y reconstituer «une demeure aristocratique du XVIII^e siècle». Il y installa ses collections et ne cessa de les augmenter. A sa mort, le bâtiment préservé dans son état initial avec ses meubles et sa décoration, fut légué à l'Union centrale des arts décoratifs et à l'Etat français. Il est devenu un musée qui a pris le nom de son fils, Nissim, aviateur mort en 1917 en combat aérien.

Janvier et mars 2008

Le Musée Fragonard, récemment rénové, devenu «Musée de l'école nationale vétérinaire de Maisons-Alfort»

Le musée Fragonard portait le nom du célèbre anatomiste du XVII^e siècle, cousin germain du peintre bien connu et premier directeur de l'Ecole. Il a été fondé, en 1766 dans le château d'Alfort où vient d'être installée l'Ecole. C'est un des plus anciens musées de France qui a pour origine le «Cabinet de curiosités» de l'Ecole, constitué au XVIII^e siècle pour le roi Louis XV. Depuis sa

création il n'a cessé de s'enrichir. Il vient d'être rénové et sa réouverture a eu lieu au début de novembre 2008. Depuis cette date, il ne porte plus le nom de Fragonard, mais celui de l'Ecole dont il est un des plus beaux fleurons.

Les premières salles réunissent une collection unique concernant les animaux domestiques. Essentiellement destinée à l'apprentissage de la médecine vétérinaires, elle présente des animaux - parfois - monstrueux - et 4200 pièces d'anatomie : squelettes, crânes, poumons, coeurs, appareils digestifs, etc. Certains sont conservés, d'autres reconstitués par moulage.

La dernière salle présente le «trésor» de la collection : les célèbres «écorchés de Fragonard». Ce sont des momies humaines et animales préparées entre 1766 et 1772, dont les viscères situés sous la peau sont mis à nu. Très impressionnants, ces écorchés sont bien conservés. De plus, certains d'entre eux comme «le cavalier» ou «l'homme à la mandibule», allient la rigueur scientifique à une véritable dramatisation de la mise en scène.

Février et Mars 2009

La construction de Paris du XVI^e au XVIII^e siècle, d'après les tableaux du Musée Carnavalet

Comment connaître ce qu'était le Paris d'autrefois ? La photographie n'existant pas encore, cela semble impossible. Heureusement, il y a eu les peintres... et le travail méthodique du musée Carnavalet, «Musée de l'histoire de Paris». Celui-ci a réuni plus de 500 000 documents, devenant le centre de documentation iconographique de la capitale. Ainsi, un nombre non négligeable de tableaux représentant la ville dans les siècles passés nous est parvenu.

Au début de la visite, nous découvrons l'île de la Cité au XVI^e siècle, grâce à une importante maquette en bois de l'époque où les rues et bâtiments sont minutieusement reproduits. Les salles qui suivent présentent des peintures évoquant des rues lors des guerres de religion. Un défilé de la Ligue passe devant des boutiques déjà soigneusement protégées par les commerçants. Nous arrivons ensuite au XVII^e avec le Pont-neuf (enfin un pont sans maisons et surtout... des trottoirs pour les piétons), et les phases successives de la construction de la Place des Vosges. On découvre aussi

les Invalides et l'Observatoire achevés, mais en pleine campagne, enfin, une représentation extraordinaire de Paris, que l'on croirait être une vue aérienne. Nous terminerons par le XVIII^e siècle, toujours avec les tableaux, mais en plus la reconstitution de salons de réception provenant des immeubles détruits lors des transformations de Paris. Plusieurs salons luxueux, notamment de la Place des Vosges, ont pu être reconstitués.

Mars 2009

Visite d'un hôtel du XVII^e siècle récemment rénové, l'Hôtel de Lauzun

Cet hôtel un des plus célèbres conservés à Paris, est initialement destiné au sieur Gruyn, devenu «des Bordes» par achat d'un domaine, et commissaire général des vivres pour la cavalerie légère. Il acquiert, en 1641, un terrain vague dans l'Île-St-Louis, quai d'Anjou et se fait construire un hôtel dont la magnificence égale presque celle des dignitaires du Parlement. Il est terminé en 1658, mais son propriétaire ne l'habitera que trois ans : l'origine de sa fortune étant découverte, il est jeté en prison. Le propriétaire suivant sera le duc de Lauzun, d'où le nom qui lui est resté. C'est le seul hôtel particulier de Paris, ouvert au public, qui ait conservé son décor d'origine : boiseries, peintures et plafonds, réalisés par des artistes célèbres. Récemment rénové, il est depuis peu ouvert au public.

La visite ne durera qu'une heure, Mme Oswald la complètera par une courte visite de l'Île Saint-Louis où les deux groupes seront réunis.

Prochaines visites prévues

23 Mars, 14 et 27 avril, 4 et 5 mai 2009 : l'exposition des primitifs italiens au Musée Jacquemart-André

Mai 2009 : une nouvelle visite du donjon de Vincennes pour compléter la conférence de M. Chapelot

15 et 29 mai, 5 juin et 12 juin 2009 : une exposition sur les costumes de Cour aux XVII^e et XVIII^e siècles prévue au château de Versailles.

Après la remarquable exposition de l'année dernière sur «Le mobilier d'argent», le château de Versailles nous permet de découvrir le faste vestimentaire des Cours européennes.

Cette exposition retrace l'histoire du costume de Cour en Europe du milieu du XVII^e siècle à la fin du XVIII^e, mettant en lumière l'influence majeure de la France dans ce domaine. Pour la première fois, plus de 200 œuvres (costumes, bijoux, documents iconographiques), liées aux monarchies européennes prestigieuses sont rassemblées. Les tissus les plus luxueux, les fourrures de prix s'y côtoient et, cette fois encore, c'est Versailles qui donne le ton... De plus, on découvre l'extrême codification qui préside à la réalisation de ces costumes : la mode est alors entièrement assujettie à l'Étiquette et le vêtement développe un véritable langage politique. Outre sa beauté, son rôle est de révéler la fonction de celui qui le porte et son rang dans la hiérarchie.

Une exposition fastueuse à ne pas manquer car elle ne sera pas présentée une seconde fois.

Comme les années précédentes, les visites seront guidées par Mme Levasseur, conférencière attachée au Château, dont nous avons maintes fois apprécié l'érudition. Les groupes comprendront 25 personnes.

Hélène Chamassé

Visites des sites scientifiques

Janvier 2009 : le Centre de Fontenay-aux-Roses

Le centre de Fontenay-aux-Roses est en pleine mutation : ses installations nucléaires, mises à l'arrêt, font l'objet d'un programme d'assainissement et de démantèlement, laissant progressivement la place au développement d'activités de recherche en science du vivant (radiobiologie et toxicologie environnementale, neurovirologie et maladies à prions) et en recherche technologique (robotique et réalité virtuelle). La visite de Zoé, premier réacteur nucléaire européen conçu en 1946 par Frédéric Joliot et son équipe, et aujourd'hui aménagé en musée, nous plongera dans l'époque des pionniers de la physique nucléaire. Jusqu'à son arrêt en 1976, Zoé a permis les mesures et les expériences indispensables à la conception des futurs réacteurs nucléaires français.

Par ailleurs, la stratégie, les technologies et les métiers de l'assainissement et du démantèlement des installations nucléaires au CEA nous sont évoqués dans l'espace « InfoDem ».

LA VIE DES RÉGIONS

4 juin 2009 : nouvelle visite du centre CEA de Fontenay-aux-Roses.

Les 25 mars et 30 avril : visite du Centre national de génotypage et du centre de séquençage du génoscope d'Evry - 2, rue Gaston Crémieux 91 Evry

Le Centre national de génotypage (CNG) a pour objectif le développement et l'application du génotypage et des technologies génomiques liées à cette activité, notamment pour l'identification de gènes impliqués dans les maladies héréditaires. Les outils et le savoir-faire développés au CNG sont mis à la disposition des équipes scientifiques externes pour effectuer des programmes scientifiques en collaboration, et sont également appliqués dans des programmes internes sur les facteurs génétiques impliqués dans les maladies héréditaires. En octobre 1998, le CNG a repris les activités génomiques du Généthon qui, avec l'aide de l'AFM (Association française contre les myopathies), a été un pionnier des études génomiques en France. La visite envisagée comprendra une conférence sur la situation de la génomique aujourd'hui, puis un petit historique sur l'évolution des laboratoires de génétique sur le génopole d'Evry, une présentation des plateformes technologiques de génotypage et de séquençage. Enfin, les enjeux et les perspectives de la génomique seront évoqués.

Christiane Coudray

LANGUEDOC-ROUSSILLON



Rappel : Une permanence hebdomadaire est assurée à notre antenne régionale les lundis après-midi, de 14 h 30 à 19 h, y compris durant les périodes de congé ; le local de l'Association est situé dans le Bâtiment Accueil de la

Délégation régionale, 1919, Route de Mende à Montpellier.

Jeudi 15 Janvier 2009, l'assemblée régionale annuelle des adhérents de la région Languedoc-Roussillon a eu lieu, à la Délégation régionale. Le point a été fait sur les activités passées et celles à venir ont été présentées. A l'issue de la réunion, MM. Bernard Jollans, Délégué régional, et Gérard Kerlidou, Délégué régional-adjoint, ont répondu aux questions posées par les adhérents sur l'actualité du CNRS au niveau national et régional et nous ont aimablement conviés à un apéritif convivial. Nous les remercions vivement.

Visites

Nos visites passées :

Mercredi 24 septembre 2008 : [Le laboratoire Promes, à Odeillo](#)

Au petit matin blême, les «Amis du CNRS du Languedoc-Roussillon» se retrouvaient pour «monter» à Odeillo. Trois bonnes heures de route sont nécessaires avant d'atteindre le laboratoire Promes (Procédés, Matériaux et Énergie Solaire). Repéré de loin par son immense four solaire, il est situé dans les Pyrénées-Orientales, près de la station de ski de Font Romeu. Les Amis du CNRS, soucieux de l'environnement, s'étaient regroupés en co-voiturage. Certains craignant les longues distances avaient préféré arriver la veille. Douze personnes participaient à cette journée. Le laboratoire Promes est une Unité propre du CNRS, d'une centaine de personnes, situé sur deux sites distants d'une centaine de 100 km, l'un à Odeillo-Font Romeu, l'autre à Perpignan. Les thématiques de recherche sont communes aux deux sites.

Accueillis par Gilles Flamant, Directeur de Promes, nous avons visité le site d'Odeillo où se trouvent les grandes installations solaires, dont «le Four solaire Félix Trombe» de 1 MW (photo 1) et dix fours solaires de 1,5 à 2 KW, ainsi qu'un générateur d'électricité «parabole Stirling» de 10 KW.

Le laboratoire est organisé en trois axes de recherche:

1. Les interactions à haut flux solaire avec les matériaux qui met à profit les spécificités du rayonne-



Fig. 1 - Tour d'Odeillo

ment solaire concentré délivré par les fours solaires dans les domaines photonique et thermique: photo-excitation et haute température.

2. Matériaux pour l'énergie, qui intègre les méthodes de Génie des procédés et celles des sciences des matériaux.

3. Conversion, stockage et transport de l'énergie. Dans le contexte du changement climatique et de l'accroissement de la demande énergétique, la stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère impose

d'agir à quatre niveaux : économiser l'énergie, accroître l'efficacité énergétique, développer des énergies non émettrices de CO₂, capturer et stocker le CO₂ produit lors de l'utilisation des énergies fossiles. Les objectifs scientifiques du laboratoire s'inscrivent dans ces perspectives.

Le laboratoire développe de nombreuses collaborations et partenariats avec des organismes publics ou privés. Il est aussi auteur de plusieurs brevets. Son rayonnement international est solidement structuré autour d'un laboratoire européen associé Sollarab sur les systèmes solaires à concentration, avec l'Allemagne, l'Espagne et la Suisse). Il est impliqué dans plusieurs contrats Européens dont un contrat d'accueil «Grande infrastructure Européenne» pour 2004-2008. Il assure la représentation Française au programme SolarPACES (Solar Power And Chemical Energy Systems) de l'AIE (Agence internationale de l'énergie). Il collabore avec l'Argentine, le Canada, la Chine, le Japon et la plupart des pays Méditerranéens.

Après un déjeuner, sur place, au restaurant du site, Gilles Flamant a eu l'amabilité de nous consacrer encore du temps pour parler des projets en cours et nous amener visiter le site de Thémis à Targassonne situé à environ 5 km d'Odeillo. Ce site fut construit en 1983



Figure 2 - Les Héliostats de Thémis en cours de réinstallation de la tour.
Gilles Dardère Ce projet

par l'EDF pour produire de l'énergie électrique solaire et fut abandonné en 1986 après avoir failli être détruit il fut finalement repris par les astrophysiciens de l'IN2P3 pour étudier les rayonnements gamma cosmiques, jusqu'en 2004 date à laquelle ils partirent faire leurs expériences en Afrique du sud. Le Conseil général des Pyrénées Orientales reprit alors le site. Actuellement le site est occupé par trois projets : deux PME des Pyrénées Orientales souhaitent utiliser le site pour y produire de l'électricité par procédé photovoltaïque ; et le laboratoire Promes pour y développer des projets de recherche. Ce dernier a lancé le grand projet de recherche, Pegase de Production d'électricité par turbine à gaz et énergie solaire.

Le projet de Pegase est en cours la réalisation la première phase est pratiquement terminée, elle consiste à réhabiliter 101 héliostats sur les 201 du site (photo 2).

La seconde phase consistera à construire un prototype de centrale solaire à haut rendement basé sur un cycle hybride à gaz à haute température constitué d'un récepteur solaire à air pressurisé et d'une turbine à gaz de 1,4 MW. L'expérimentation sera faite à l'échelle d'un pilote et préfigure les centrales solaires de 3^e génération. La mise en place de cette expérience devrait commencer en 2010. L'Etat, la Région et des partenaires privés devraient contribuer au financement de ces recherches qui pourraient conduire à une production d'électricité avec un haut rendement de conversion et un faible coût de production.

Les «Amis du CNRS», satisfaits de la visite de ce fleuron de la recherche du CNRS en Languedoc-Roussillon et heureux de leur expédition en Cerdagne, ont, en milieu de l'après-midi, regagné la plaine.

*Danielle Grangé,
Marie-Jeanne Manente,
Katherine Piquet-Gauthier*

Jeudi 23 Octobre 2008 : la Manufacture languedocienne de grandes orgues, à Lodève.

Fabriquer et entretenir des orgues complets ainsi que les nombreuses pièces entrant dans leur construction est un métier d'artisan d'art, nécessitant un parfait savoir-faire en menuiserie, mécanique, travail des métaux et des peaux. Mais il implique aussi de

sérieuses connaissances musicales et acoustiques ; sans oublier, dans notre monde moderne, une bonne pratique de l'électricité, voire de l'informatique. Le facteur d'orgue, ou organier, est un artisan, ou une entreprise artisanale, spécialisé dans la fabrication et l'entretien d'orgues entières et/ou des pièces qui entrent dans leur construction. S'agissant de maintenance, suivant l'importance des opérations, on parle de dépoussiérage, de relevage, de restauration (souvent à l'identique), et de reconstruction.

En octobre dernier, nous sommes allés visiter, à Lodève, la Manufacture languedocienne de grandes orgues, dirigée par Ch. E. Sarelot, facteur d'orgues et harmoniste. Et de la planche de bois brut, nous sommes progressivement passés du réservoir d'air de l'instrument, à pression régulée, aux tuyaux fonctionnant selon le principe acoustique de la flûte à bec (quant aux anches, de formes très variées, fonctionnant sur le principe de la clarinette, elles sont constituées d'alliage métallique à base d'étain le plus souvent). Je dis «progressivement», car pour aller des uns aux autres, c'est-à-dire du sommier qui reçoit l'air comprimé à l'embouchure du tuyau, un subtil assemblage de rainures, soupapes, réglettes, feutres, rouleaux et autres fines tiges de transmission (photo 3) est nécessaire, tout ceci également fait main. Sans compter tout ce qui irradie à partir des seules touches des claviers, manuels et pédalier, et des «registres de jeux» de la «console» devant laquelle se trouve l'organiste.

Un orgue de cathédrale «parle» avec un minimum de 5.000 tuyaux, localisés sur un volume relativement minime, eu égard à la dimension de l'édifice, et pourtant tellement important ! Quand on pense que la moindre fuite d'air obligerait à renoncer à l'idée même de faire entendre de la musique, on comprend que le métier d'organier, qui s'exerce essentiellement en un atelier tel que celui que nous avons découvert, nécessite une parfaite connaissance des matériaux, des outils et des techniques, un savoir-faire et des tours de main spécifiques, toutes qualités auxquelles vient se greffer une touche toute personnelle qui fait qu'à chaque facteur d'orgue correspond une harmonisation sonore bien particulière.

Nous avons passé là une après-midi fort enrichissante. Merci à Ch. E. Sarelot de sa disponibilité vis-à-vis de nos multiples questions.



Jeudi 20 Novembre 2008 : L'Usine de méthanisation Ametyst, à Montpellier

L'unité de méthanisation AMETYST, nouvel équipement constituant l'élément central du schéma global de gestion de déchets, a été ouverte en juillet 2008 par la Communauté d'agglomération de Montpellier. Conçue pour recevoir deux types de déchets, sur des lignes de traitement distinctes, elle a une capacité de traitement de 170 000 tonnes de déchets résiduels et 33 000 tonnes de bio-déchets pour 400 000 habitants

Mercredi 10 Décembre 2008 : L'Unité HORIBA-ABX, à Montpellier

Fondé en 1953 à Kyoto, HORIBA est un groupe international spécialisé dans la conception et la fabrication de systèmes d'analyse et de mesure des liquides, des gaz et des solides. A Montpellier, HORIBA ABX, sur 2 sites contigus, conçoit, développe et distribue dans le monde entier, des auto-

mates de diagnostic in vitro dans les domaines de l'hématologie et de la Chimie clinique.

Nos visites à venir

Mercredi 25 février 2009 : Vitraux d'art - méthodes de réalisation et de restauration, à Pégaïrolles de Buèges (50 kms de Montpellier)

Mars 2009 (date à définir) : visite du Laboratoire de mécanique et de génie civil ; Université Montpellier 2 / UMR CNRS 5508 : présentation de l'opération Joconde.

Cette visite sera l'occasion de présenter rapidement le domaine d'activité du laboratoire de recherche, puis l'opération Joconde qui a été menée dans le cadre thématique «Conservation des panneaux peints en bois du patrimoine». Le Laboratoire a participé à l'étude du comportement mécanique du

panneau de peuplier sur lequel l'œuvre, âgée de 500 ans, est peinte.

Avril 2009 (date à définir) : visite de l'entreprise Cervin / L'Arsoie, à Sumène (Gard)

La société L'Arsoie Cervin, implantée dans les Cévennes depuis trois générations, est aujourd'hui le dernier fabricant de bas en soie de jauge fine. Depuis 1996, cette marque perpétue ce savoir-faire unique grâce à des métiers à tisser anciens qu'elle est la seule à posséder en Europe.

Animations scientifiques : activités de nos adhérents en région :

Mercredi 21 janvier 2009 à Agropolis Muséum - Montpellier, dans le cadre des *Savoirs partagés* : Robert Sauvezon a donné une conférence-diaporama sur «Le châtaignier». Le sujet a été abordé sous l'angle social (convivialité, mise en commun des travaux, aspects festifs, affectifs et symboliques).

Mercredi 21 janvier 2009, à Grabels (34), dans le cadre des conférences de l'Association Rando-Loisirs-Culture, Françoise Plénat a donné une conférence-diaporama sur «Les fibres qui nous habillent : du fil de soie à l'huile de pierre». Il y a été traité des évolutions des connaissances en matière de fibres textiles naturelles, artificielles et synthétiques.

Samedi 21 Mars 2009, 9h30-12h, sur invitation des Fédérations FCPE et PEEP, Jean-Pierre Labbé participera au Carrefour des Métiers organisé au Collège «Voie Domitienne» - Le Crès (Hérault), à l'intention des élèves des classes de 4^e. Il y présentera les métiers de la recherche et répondra aux questions préparées par les élèves.

Françoise Plénat

POITOU-CHARENTES

Création de la section Poitou-Charentes

L'idée de la création de cette association remonte au mois de juin dernier. A partir d'une liste d'une soixantaine de noms (médaillés CNRS depuis 1998), au jour d'aujourd'hui, une vingtaine de personnes ont répondu favorablement. En faisant fonctionner le bouche à oreilles en direction des anciens et des amis du CNRS nous espérons que le groupe va maintenant s'étoffer.

A partir de ces effectifs, autour de Gilles Courtois, Correspondant régional de l'Association il a été mis en place un «bureau de section» comprenant :

- un secrétaire (Gilles Courtois),
- un adjoint (Marie-Françoise Denanot),
- des responsables de l'activité Actions pédagogiques d'éveil à la Science (André Naudon et Christian Brochet), et de l'activité Visites (Jean-Henri Garem et Serge Sapin).

Les Actions pédagogiques d'éveil à la Science seront dirigées en priorité vers les élèves du primaire, mais pourront s'étendre au secondaire, en utilisant les réseaux disponibles par l'antenne, également via le site du Rectorat, rubrique «les sciences s'invitent» et en diffusant l'information au cours des prochaines réunions de la DDEN. On ne saurait exclure dans un 2^e temps l'éventuelle diffusion de ces actions vis-à-vis d'un public adulte.

Nous avons déjà réalisé notre première sortie en direction d'un laboratoire d'œnologie, «il faut bien commencer» : cette matinée nous a permis d'avoir un aperçu (très joli coup d'œil) sur le domaine, de visiter les installations de vinification et c'est terminée par une escale au manoir de Lavauguyot pour une dégustation des meilleurs crus du domaine, dégustation appréciée par tout le monde.

Gilles Courtois

Les voyages

Voyage dans les Pouilles 19-31 mai 2008

Aller dans les Pouilles, c'est tout d'abord se débarrasser d'un préjugé : contrairement à ce que le nom français évoque pour nous, les Pouilles sont une terre d'abondance, c'est l'Apulie heureuse des Latins. Du nord au sud, cette bande de terre longue de plus de 350 km, verrouillée au nord par l'éperon calcaire du Gargano, est cultivée dans ses moindres recoins. Cultures maraîchères, céréales (nous avons pu voir dans les petites rues de Bari, près de la cathédrale, les femmes qui, toutes portes ouvertes, fabriquent les «orecchiette» auxquelles elles impriment leur forme caractéristique d'un vigoureux coup de pouce), arbres fruitiers (nous n'oublierons pas les cerises d'Alberobello), vigne et surtout oliviers. Il y en a environ soixante millions. Qu'il s'agisse d'oliveraies vastes et bien entretenues ou d'arbres isolés, l'olivier est partout présent. Il en est de séculaires (quatre millions d'entre eux auraient plus de trois cents ans) qui sont l'objet d'un étrange trafic que l'État a du mal à endiguer : de vieux arbres sont volés ou vendus, déracinés et transportés dans les jardins somptueux des potentats du nord. L'huile est une vieille ressource de la province, ce que nous verrons à Gallipoli où un «musée de l'huile» conserve les installations du XVII^e siècle, creusées dans la roche.

Les terres cultivées occupent la plaine, au pied des «murg», ces collines qui, parallèlement à la côte, dévalent vers le sud, tandis que la population se concentre dans les villes installées sur la côte. Grandes ou petites, ces villes ont su préserver leur centre historique, lacis de ruelles blanches aux balcons souvent fleuris autour d'une église romane tou-



jours flanquée d'un élégant campanile et qui mêle avec bonheur les trois influences constitutives de l'art des Pouilles : latine, arabe et grecque. Elles s'abritent le plus souvent au pied d'une forteresse normande. Dans ces ports, grands et petits, nous avons pu déchiffrer une histoire compliquée. Cette terre fertile en effet a vu se succéder des vagues migratoires dont les traces permettent de reconstituer l'histoire tourmentée de la région. A l'origine étaient les Lapyges, Dauniens au nord, Peucètes au centre et Messapiens au sud. Vinrent ensuite les Grecs puis la colonisation par les Romains qui passa par le long affrontement avec les Carthaginois. Des stèles dauniennes du Musée archéologique de Manfredonia aux vestiges de l'antique cité de Cannae où l'armée romaine avait été défaite par les troupes d'Hannibal, en passant par les ruines grecques de Metaponto et par le musée de Tarente, nous avons relu une histoire ancienne qui nous était plus ou moins familière.



La suite s'avéra plus surprenante. Poste avancé de l'Occident face à l'Orient, les Pouilles seront l'un des bastions de l'empire romain d'Orient et la présence byzantine dans le sud de la province reste vivace comme nous l'a prouvé cette messe orthodoxe dans la crypte de l'église Saint Nicolas de Bari toujours visitée par des pèlerins venus de Russie, comme nous le prouvent les églises byzantines, en particulier les églises minuscules qui se nichent dans les « sassi » de Matera. Pendant la période troublée qui suivit la chute de l'empire romain, Chrétiens d'Orient et Chrétiens d'Occident s'y côtoient, elle est un passage obligé des pèlerinages en Terre Sainte. Et voilà comment les Normands arrivèrent. Petits hobereaux, aventuriers sans fortune, ils venaient tenter leur chance dans cette terre de toutes les ren-

LES VOYAGES

contres. C'est ainsi que Robert de Hauteville, le «guiscard» (c'est-à-dire le rusé), se mit au service de l'insurrection qui affrontait le «catepano», le gouverneur byzantin de Bari. Les Normands surent se rendre indispensables aux princes lombards, Robert Guiscard devient duc des Pouilles et prête serment à l'église romaine en 1058. Son frère Roger s'étant, lui, lancé sur la Sicile, le pape légitime la famille Hauteville comme famille régnante. Les Croisades lui permettront d'asseoir son pouvoir. Royaume autoritaire et très centralisé, le royaume normand était aussi un lieu de culture où se croisaient les trois mondes : le monde latin, le monde arabe et le monde grec. Des forteresses militaires protègent les ports et sur le passage des pèlerins fleurissent les cathédrales flanquées d'un campanile. A la mort de Guillaume II, en 1194, faute d'héritier, un accord dynastique livre le royaume à Frédéric II de Souabe qui, s'il était Hohenstaufen par son père, était Hauteville par sa mère, et avait passé son enfance à Palerme. Pendant tout son règne il s'acharna à faire de son royaume le foyer artistique et culturel le plus puissant du bassin méditerranéen. Eglises et cathédrales, châteaux et forteresses, Frédéric II était un roi bâtisseur. Mais c'était surtout une personnalité exceptionnelle. Prince éclairé, protecteur des arts, fondateur de

l'Université de Naples, passionné de chasse au faucon et de droit, on lui doit les «constitutions augustales», qui fixaient le cadre de fonctionnement du royaume, selon un mode centralisé, reposant sur un corps de fonctionnaires aux ordres du souverain.

Sa réalisation la plus étonnante reste «Castel del Monte», cet imposant château octogonal de pierre blonde campé sur une «murge», dominant la plaine d'Andria. Ni demeure, ni rendez-vous de chasse, il se voulait sans doute l'expression symbolique de la puissance du roi qui l'avait voulu raffiné, richement décoré, luxueusement aménagé... Umberto Eco y aurait cherché l'inspiration lorsqu'il écrivait le Nom de la Rose.

Le monde baroque a frappé d'exubérance les églises romanes et fait de Lecce un étonnant décor de théâtre à ciel ouvert, les «trulli» d'Alberobello et les «sassi» de Matera évoquent l'Orient méditerranéen, «Castel del Monte», sauvé de la ruine par un ambitieux programme de restauration, garde le secret de son génial souverain.

*Anne-Marie Meunier
Photos : Jean Dorémieux*

Voyages pour le deuxième semestre 2009

Au mois de septembre un séjour avec thalassothérapie optionnelle de 9 jours en Tunisie du 21 au 29 septembre avec pension complète dans un hôtel 4**** à Hamamat et deux jours de visites (Tunis, Carthage, Kairouan, El Jem). Pour permettre aux couples d'y participer, même si le conjoint ne souhaite pas de cure, nous avons négocié un forfait sans cure et précisé à part le supplément Thalasso.

Prix : 1282 euros - Chambre single 259 euros - Supplément thalasso pour 5 jours : 320 euros

Aux vacances de la Toussaint, du 26 octobre au 3 novembre, 7 jours de croisière sur le Nil entre Louxor et Assouan, 3 jours de visite au Caire pour les grands parents et leurs petits enfants. Les guides accompagnateurs seront Soliman pour la croisière et Cléopâtre pour le Caire.

Prix en hôtel et bateau 5**** : 1360 euros pour un adulte ou enfant de plus de 12 ans Taxes aériennes non comprises : 135 euros à ce jour

Au mois de novembre, le Mexique du 11 au 22 novembre 2009 : Mexico, Teotihuacan, Puebla, Oaxaca, Monte Alban, San Cristobal, Palenque, Campeche, Uxmal, Mérida, Chichén Itza, Cancun.

Prix : 1865 euros par personne pour 22 participants.

N.B. Une éventuelle augmentation des taxes aériennes pour les voyages par avion sera facturée en plus.