

MÉMOIRES  
DE  
*L'ACADÉMIE DES SCIENCES*  
*INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES*

DE TOULOUSE

Volume 175  
19<sup>e</sup> série – Tome IV  
2013



*Pierre de Fermat*



ACADÉMIE DES SCIENCES,  
INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES

---

Hôtel d'Assézat, place d'Assézat  
TOULOUSE



ISSN 0369-1896

MÉMOIRES  
DE  
L'ACADÉMIE DES SCIENCES  
INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES  
DE TOULOUSE

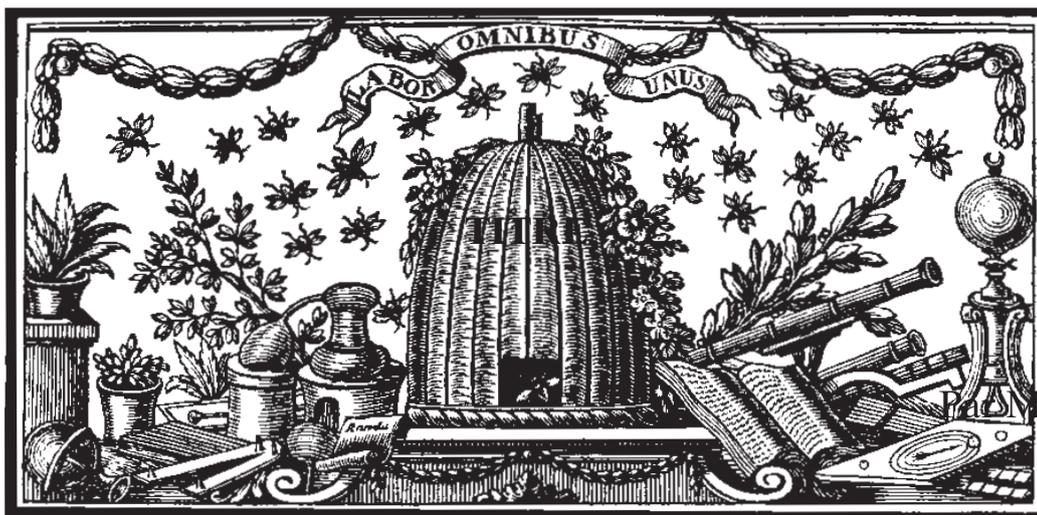
AVIS ESSENTIEL

*L'Académie déclare que les opinions émises dans ses Mémoires et dans les œuvres qu'elle récompense doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle entend ne leur donner aucune approbation ni improbation.*

SIÈGE DE L'ACADÉMIE  
Hôtel d'Assézat - Place d'Assézat  
31000 TOULOUSE  
Courriel : lanternistes@laposte.net  
academiesciences@orange.fr  
Site : academie.laurans.org

Compte courant postal : TOULOUSE 409-31 G  
ACADÉMIE DES SCIENCES, INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES  
Hôtel d'Assézat, place d'Assézat, 31000 TOULOUSE

*Les séances ont lieu en principe les 2<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> jeudi  
de chaque mois, de mi-octobre à mi-juin.*



## NOTICE HISTORIQUE

1640. Les Conférences académiques.

1688. Société des Belles-Lettres.

1729. Société des Sciences.

1746. Académie royale des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres.

1807. Académie des Sciences et Belles-Lettres.

Par ses origines, l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse a l'insigne privilège d'être l'aînée de son éminente sœur parisienne, née seulement en 1666.

C'est en 1640 en effet – cinq ans après la fondation de l'académie française – que, simultanément, plusieurs « beaux esprits » formèrent à Toulouse deux « Sociétés de gens de Lettres ». L'une, à l'initiative des tout jeunes frères Pellisson (Paul aura un jour l'exceptionnel honneur d'occuper un quarante et unième fauteuil créé spécialement pour lui à l'Académie française) se réunit rue des Argentiers (35, rue Gambetta) chez M. Jean Campunand, seigneur de Balma. L'autre créée par le pieux M. de Vendages de Malapeyre, sous-doyen du Présidial, siège dans l'hôtel monumental de ce dernier, 8, rue du Canard. Presque aussitôt, les deux Compagnies eurent la sagesse de fusionner. De cette union naquirent les Conférences Académiques qui se tinrent en l'hôtel de M. de Garréja, conseiller au Présidial et cousin de M. de Malapeyre, où chacun se rendait en toute simplicité s'éclairant lui-même d'une petite lanterne.

Chaque fois que le départ de Toulouse d'un ou plusieurs dirigeants déconcertera les membres de ces Conférences (les Lanternistes comme les appelleront les Toulousains) un homme entreprenant sera là pour reprendre le modeste mais symbolique flambeau.

En 1667, ce fut Jean-Georges de Garaud-Duranti, seigneur de Donneville, président à mortier au Parlement qui, de concert avec M. de Malapeyre, ranima les « Conférences et leur accorda un magnifique appartement dans l'hôtel de Mansencal, rue de Donne-Corailhe (1, rue Espinasse) ».

En 1669, M. de Masade tint les Exercices académiques au Collège de Foix, mais dès l'année suivante, M. de Nolet, Trésorier général de France, qui « attirait chez lui tout ce qu'il y avait de plus distingué de l'un et l'autre sexe par la douceur de ses concerts » les installa dans son hôtel de la rue des Augustins (7, rue des arts).

En 1680 le vieux et « savant » abbé Maury donna un éclat particulier aux séances publiques qui se tinrent dans une maison de la place du Pont-Neuf, généreusement mise à sa disposition par les capitouls.

\*

\*   \*

En 1688, l'éloquent avocat Adrien Martel, assisté de l'infatigable Gabriel de Vendages de Malapeyre, « renouvela » les Conférences académiques sous le nom de Société des Belles-Lettres. Les trois frères de Carrière leur donnèrent asile dans leur coquet appartement de la rue du Taur (près du Collège de Périgord). La Société institua alors un prix d'éloquence consistant en une médaille d'or où l'on voyait « d'un côté l'image du Roi en buste... le revers représentant la Pallas de Toulouse ».

En 1693, sept membres de la Société des Belles-Lettres dont Martel et Malapeyre lancèrent avec trois autres « beaux esprits » un délicat manifeste au nom de la Compagnie des Lanternistes. Animés par M. de Lucas, les « Dix » se réunissaient chez M. de Malapeyre où ils se rendaient le soir venu « quand les étoiles commencent à briller », s'éclairant toujours de cette petite lanterne qui avait valu leurs noms à leurs prédécesseurs. Leur principale occupation était l'organisation d'un concours annuel de bouts rimés à l'issue duquel le lauréat recevait une médaille d'or à l'effigie de « l'Apollon toulousain avec, au revers, une étoile entourée de la devise de la Compagnie : *Lucerna in nocte* ».

Mais le grand projet de Martel et de Malapeyre était d'obtenir, avec l'appui de l'intendant, M. de Basville, l'érection de la Société en Académie. Les lettres patentes de Louis XIV en date du 26 septembre 1694 mirent fin provisoirement à ces espérances en accordant la préférence aux Jeux Floraux.

Après le concours de 1704, les Lanternistes se réunirent plus modestement, rue des Fleurs, chez M. de Mondran, seigneur du Mirail, trésorier général de France.

\*

\*   \*

En 1729, trois praticiens, «les sieurs Gouazé professeur royal en la Faculté de Médecine, Sage apothicaire et Carrière chirurgien» décidèrent de «renouveler» les assemblées de M. de Malapeyre «où l'on traitait les différentes Sciences». Les Conférences académiques trouvèrent ainsi leur prolongement dans la Société des Sciences qui, avec la permission du cardinal de Fleury, put s'assembler légalement dès 1730 dans une maison de la place des Tiercerettes (à l'angle de la rue de la Chaîne et de la rue d'Embarthe). Après maints déménagements, elle s'installa plus confortablement en 1744 dans la grande salle de Concert de la rue des Pénitents-Bleus (5, rue du Lieutenant-Colonel Pélissier et 24, rue Montardy). La Société partageait son temps entre les nombreuses séances où ses membres dissertaient savamment sur les sciences (géométrie, astronomie, physique, anatomie, chimie et botanique), la création d'un jardin des plantes mis en ordre par J.-B. Maynard (rue Pouzonville) et celle d'un observatoire sur une tour des remparts (à l'angle du boulevard Carnot et de la rue du Rempart-Saint-Etienne) où Garipuy et Darquier multiplièrent leurs observations. Mais, par ailleurs, elle poursuivait avec ténacité d'habiles négociations pour être érigée en Académie.

\*

\* \*

Grâce aux démarches exécutées à Montpellier par MM. Garipuy, de Bonrepos et de Caraman auprès de l'intendant Le Nain et surtout à Versailles par le président d'Orbessan auprès de la marquise de Pompadour, les incontestables mérites de la Société furent enfin reconnus. Le 24 juin 1746, Louis XV signait les Lettres patentes préparées par le comte de Saint-Florentin, transformant la Compagnie toulousaine en Académie Royale des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres. Celle-ci put alors acquérir en 1750 un local digne d'elle : l'hôtel de la Sénéchaussée (Église du Jésus, rue des Fleurs) où elle transféra son jardin botanique et auquel elle annexa en 1783 le «magnifique observatoire» privé de Garipuy. De 1782 à 1790, elle publia les quatre premiers tomes de ses Mémoires.

Par décret du 8 août 1793, la Convention ayant supprimé toutes les Académies, celle de Toulouse disparut en même temps que son illustre aînée l'académie des Jeux Floraux et sa benjamine l'Académie des Arts. Tous ses biens furent «mis à la disposition de la Nation», vendus ou dispersés.

\*

\* \*

Quatorze ans plus tard, sous l'Empire, le vent ayant tourné, l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres fut purement et simplement rétablie par un arrêté du préfet Desmoussaux (30 octobre 1807) et installée dans

---

L'Académie a été reconnue d'utilité publique par décret du 8 août 1909.

Le diplôme de l'Académie, ses médailles et jetons sont à l'effigie de Fermat.

l'ancien hôtel de l'Académie des Arts, au «Petit Versailles», rue Bonaparte (rue Lafayette).

Depuis cette date, tout ce que Toulouse a compté de savants, de chercheurs, de penseurs, d'érudits, de lettrés, s'est succédé dans ses fauteuils pour donner à l'Académie toulousaine un renom qui a franchi les frontières. Un grand nombre d'illustres savants français ou étrangers sont ou ont été ses membres d'honneur ou ses correspondants, parmi lesquels Linné, Milne-Edward, Marcellin Berthelot, Louis Pasteur, Frédéric Mistral, Clément Ader, Paul Sabatier, Charles Camichel, Léopold Escande, Albert Vandel, Henri Gausson.

La percée de la rue d'Alsace ayant entraîné en 1875 la démolition du Petit Versailles, l'Académie a erré pendant vingt-trois ans de salle en salle dans un Capitole en voie d'achèvement. Depuis 1898, elle se réunit dans le magnifique hôtel d'Assézat, la demeure Renaissance que fit construire ce marchand enrichi par le commerce du pastel et que son dernier possesseur, le banquier Ozenne, légua à la Ville pour en faire le Palais toulousain des Académies. Elle y a constitué une importante bibliothèque de 50 000 volumes, surtout grâce à des dons et aux échanges qu'elle poursuit depuis deux siècles avec deux cent cinquante sociétés savantes étrangères et françaises.

Sous l'égide du génial mathématicien Pierre de Feat, des milliers d'études et de communications constituant plus de cent soixante-dix volumes de Mémoires, des centaines de récompenses attribuées pour encourager les vocations naissantes ou confirmées, ont porté haut et loin son prestige qui se concrétise en cet hommage reçu en 1958 de l'Université Harvard, cette illustre grande sœur américaine, à l'occasion de la reprise des échanges avec les sociétés correspondantes : «Vous qui avez tant fait pour l'éducation du Monde».

\*

\* \*

«Lucerna in nocte». Cette lampe, cette lumière en laquelle d'aucuns ont voulu voir un symbole, puisqu'ils en ont fait une étoile, un flambeau, l'Académie entend, pour le renom de notre pays en général et celui de Toulouse en particulier, continuer à la faire briller.



## PIERRE ROUSSEAU (1716-1785), L'ÉTONNANT PARCOURS D'UN GRAND JOURNALISTE TOULOUSAIN

Par M. Georges SOUBEILLE

Parler aujourd'hui de Pierre Rousseau, montrer ses talents, louer son œuvre, ce n'est pas seulement lui rendre hommage, c'est aussi lui rendre justice. Il avait de son vivant conquis, sinon la gloire, du moins la notoriété d'abord en composant des «tragédies» qui faisaient rire les Parisiens, puis en créant *le Journal Encyclopédique*, cette revue qui, diffusée en France et en Europe, permit à Diderot de mener à terme, malgré les obstacles, sa monumentale *Encyclopédie*. Le journal de Pierre Rousseau prospéra plus de 30 ans, mais en 1793, au milieu du fracas révolutionnaire, il sombra, avec le nom de son fondateur dans le silence de l'oubli ; même sa ville natale ne songea plus à célébrer celui qui, pourtant, avait le mieux incarné à Toulouse «l'esprit philosophique». Le grand Rousseau, tirant la couverture à lui, ne laissa désormais que la portion congrue au «petit» Rousseau dont le talent ne pouvait, il est vrai, se comparer au génie de Jean-Jacques.

En deux siècles, la vie et l'œuvre de Pierre Rousseau n'inspirèrent, je crois, que deux études, mais de grande qualité. En 1854, le Dr Desbarreaux-Bernard fit devant notre Compagnie, dont il était le bibliothécaire, une passionnante communication, «Notice biographique de Pierre Rousseau de Toulouse», où il apporta une foule de précisions inédites sur un écrivain qu'il aimait et appréciait entre tous parce que, dit-il avec humour, «il a, à mes yeux, un mérite irrécusable, c'est d'être né à Toulouse» !

Cent ans plus tard parut à Paris un ouvrage, *Une suite de l'Encyclopédie, le Journal Encyclopédique*, dont les deux auteurs, Gustave Charlier, de l'Académie royale de Belgique, et Roland Mortier, assistant à l'Université de Bruxelles, entendaient, en réhabilitant Pierre Rousseau, «combler une bien fâcheuse lacune de la recherche historique française». Ouvrage d'autant plus précieux qu'il contient de nombreux extraits du *Journal Encyclopédique*, devenu introuvable aujourd'hui. Sans ces deux publications, faut-il l'avouer, il nous aurait été très difficile de rédiger la présente monographie...

Pierre Rousseau naquit à Toulouse le 19 août 1716, de Philippe Rousseau, nommé selon les registres «Maître ès arts, grammairien ou Maître d'école», ce dernier terme désignant clairement son métier de professeur, et d'Antoinette Gillis son épouse. Pierre était le 3<sup>ème</sup> d'une nichée de dix enfants, c'est ce que

nous apprend le registre paroissial de la cathédrale, car c'est dans le capitoulat de Saint-Etienne que résidait cette famille de la petite bourgeoisie, bien pensante et peu fortunée. Pierre fit ses études au collège des Jésuites où il réussit si bien que son père et ses maîtres le poussèrent vers la prêtrise ; il devint à 14 ans « élève tonsuré » et obtint bientôt une prébende dans un village proche de Toulouse, modeste revenu fort bien accueilli chez les Rousseau, où l'on tirait souvent le diable par la queue ! Mais Pierre ne se sentait pas attiré par l'état ecclésiastique, il laissa pousser ses cheveux et refusa de poursuivre le cheminement qu'on lui avait imposé. Son père alors, pour le punir, le mit en apprentissage chez un chirurgien, réputé, de ses amis.

Pierre, sans trop rechigner, se mit à pratiquer la petite chirurgie, comme la saignée ou l'ouverture au scalpel d'un abcès sans gravité, mais quand il lui fallut prendre la scie et se livrer à ce que son maître appelait « le grand élagage », l'amputation sans anesthésie d'un bras ou d'une jambe, sa sensibilité se révolta et il rendit son tablier. Un matin il dit adieu aux siens et à Toulouse ; avec ses maigres économies il prit la diligence de Paris et une semaine après se retrouva sur les bords de la Seine. Il n'avait pas 20 ans...

Parce qu'il était désargenté et doté d'un robuste appétit, il se mit aussitôt en quête d'un gagne-pain. Il connaissait l'orthographe et avait une belle écriture : il entra dans la basoche et se fit engager comme clerc chez un procureur, puis chez un notaire, chez un avocat enfin...

Mais Pierre Rousseau était d'humeur trop versatile et trop indépendant de caractère pour passer des heures à noircir du papier. Il trouvait son plaisir le soir dans les cabarets et les théâtres de la Capitale, en compagnie de ses amis basochiens. Sa bonne étoile lui fit rencontrer le directeur de l'opéra-comique, Charles Favart, qui l'invita chez lui et lui présenta sa femme, la belle Marie-Justine Duronceray, très célèbre actrice et cantatrice. Il devint vite le familier de ce couple prestigieux. A leur table, bien sûr, on ne parlait que de théâtre. Favart avait écrit plusieurs livrets d'opéra, pleins de gaieté et même de gaudriole où il réservait le beau rôle à son épouse. Il choisissait volontiers pour thème les amours villageoises, dans des pièces aux titres évocateurs, *Bastien et Bastienne*, *Annette et Lubin*, *Ninette à la Cour*... autant de pastorales chantées et mises en musique, fort applaudies par le public. Favart parodiait plaisamment des opéras anciens et les remettait à la mode. *Acis et Galatée* de Campistron connut ainsi une nouvelle jeunesse !

Pierre Rousseau n'était pas un profane en la matière. Il avait découvert et pratiqué le théâtre chez les Jésuites de Toulouse où, chaque année, à la distribution des prix, professeurs et élèves présentaient des pièces qu'ils avaient composées eux-mêmes, pièces dont les thèmes, tirés de l'Ancien Testament ou de l'Histoire romaine, étaient choisis dans un dessein d'édification religieuse. Des chœurs, des ballets, un orchestre agrémentaient ces opéras où les rôles féminins étaient tenus par des collégiens déguisés en femmes, ce qui ajoutait du

piment au spectacle.

Fort de cette expérience et encouragé par le couple qui l'hébergeait, Pierre Rousseau décida de rompre avec le monde de la procédure et de la chicane et de se lancer dans l'art dramatique. En 1744, en collaboration avec Charles Favart, il compose une opérette, *la Coquette sans le savoir*, jouée à la foire S<sup>t</sup> Germain et bien accueillie par un public populaire.

Trois ans après, la Comédie italienne, puis la Comédiefrançaise lui ouvrent leurs portes, il présente une comédie en vers, *la Rivale servante* et bientôt *l'Année merveilleuse*, une comédie extravagante écrite en vers libres, qui le rend célèbre et le classe définitivement parmi les grands comiques, catégorie « farce et bouffonnerie ».

*L'Année merveilleuse* nous fait vivre un événement extraordinaire... La Nature, par un de ses caprices, a brusquement métamorphosé les femmes en hommes et les hommes en femmes ! Tout est désorganisé, la famille, la société, l'armée... Des situations loufoques, scabreuses, se succèdent sur la scène, les femmes portent barbe et moustache, les hommes arborent une opulente poitrine, les enfants confondent père et mère, cousin et cousine. Dans la salle, on se tordait, on s'esclaffait, des spectatrices pouffaient, s'oubliaient à force de rire. Le travestissement est un des meilleurs fondements du comique. Dans *l'Année merveilleuse* même les ouvreuses et les machinistes avaient changé d'habits et de sexe !

Pierre Rousseau, dès ses débuts à la foire S<sup>t</sup> Germain, avait transplanté sur les scènes parisiennes le comique toulousain, voisin de la farce, un comique bruyant, caricatural, gesticulatoire, bien éloigné des finesses de la comédie de caractère, très proche des bouffonneries du Charivari et du Carnaval.

Celui qu'on appelait le « petit Gascon », sans doute à cause de sa taille, poussa très loin son art de faire rire. Rompant avec la solennité grandiloquente des grands tragiques du siècle précédent, il créa un genre nouveau, la tragédie burlesque. Le meilleur exemple qu'on puisse en donner est *la Mort de Bucéphale*, tragi-comédie en 1 acte et en vers, jouée pour la première fois à Fontainebleau, devant la Cour. Dans cette pièce semi-historique, Pierre Rousseau mettait en scène dans le rôle principal Bucéphale, le plus célèbre cheval de l'Antiquité, puis Alexandre le Grand, l'empereur Darius et sa fille Statira, la fiancée d'Alexandre. Nous sommes en Perse dans le palais de Darius. L'atmosphère est lourde, un drame se prépare. Le fiancé manque de flamme, il retarde le mariage, visiblement il aime ailleurs et l'on découvre bientôt qu'il adore Bucéphale, le splendide cheval qu'il vient d'acquérir à prix d'or, cheval indomptable qu'il est seul capable de monter et qu'il ne quitte presque jamais.

Fiancée délaissée, la pauvre Statira pleure et se plaint à son père. Le public s'apitoie, mais bientôt sourit et même rit quand il découvre que

la princesse est jalouse d'un cheval ! Apparaît alors un nouveau personnage, Aridée, le jeune frère d'Alexandre ; amoureux fou de Statira, il est prêt à tout pour la conquérir et lorsque, ivre de vengeance, elle lui demande de tuer Bucéphale, il accepte et fait manger à l'animal une botte de foin empoisonnée. L'assassin assiste dans l'écurie à l'agonie de sa victime quand, brusquement, le cheval se relève

*Et puis d'un coup de pied lancé d'une main sûre*

*Lui fait au diaphragme une large blessure*

Aridée tombe, le public applaudit, car il a reconnu un pastiche de Racine, un emprunt au récit de Thérémène, au dernier acte de *Phèdre*, quand Hippolyte, attaqué par le dragon envoyé par Neptune

*Pousse au monstre et d'un dard lancé d'une main sûre*

*Il lui fait dans le flanc une large blessure.*

Les temps sont changés ; le flanc, mot noble qui désigne le ventre dans la tragédie classique, est remplacé par le diaphragme, terme d'anatomie appris autrefois par l'auteur quand il étudiait la chirurgie, mot cocasse, incongru dans une tragédie. Alors que Racine distillait la pitié et l'horreur, Rousseau dans *Bucéphale* cherche avant tout à faire rire. En ce milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle les mœurs se sont éloignées du rigorisme de l'âge classique. Dans la bourgeoisie parisienne est né un besoin d'irrespect et de liberté sans contrôle. Précédant et préparant le grand tournant de 1789, une petite révolution, pendant la Régence et sous le règne de Louis XV, a balayé le jansénisme puritain. Un public nouveau fréquentait le théâtre de la Foire pour y applaudir les vaudevilles où toutes les audaces étaient permises. Charles Favart fut le grand animateur de ce théâtre en liberté qui renaîtra à la Belle Epoque, avec Labiche et Feydeau.

Pierre Rousseau emboîta les pas de Favart, son protecteur et son modèle et fit jouer plusieurs comédies, comme *le Berceau*, *l'Etourdi corrigé* et *l'Esprit du jour*.

Il s'essaya même à un genre scabreux, le roman grivois, mis à la mode par Crébillon et par les *Bijoux indiscrets* de Diderot. Il publia en 1755 sous un pseudonyme *le Faux pas*, ou *les Mémoires de la Baronne de X*, faux pas si détaillé, si inconvenant qu'il faillit faire incarcérer Rousseau quelques mois à Vincennes. Le coup passa très près, la balle siffla à ses oreilles ; le Toulousain, prudemment, pour éviter tout nouveau faux pas, décida de changer de métier.

### **La conversion au journalisme**

L'occasion se présenta quand un certain Antoine Boudet, directeur d'un journal parisien, eut besoin d'un rédacteur. Rousseau entra ainsi aux *Affiches de Paris* où, pour un salaire de 1500 livres, il était

chargé de rédiger les annonces, de corriger les épreuves, de tenir la chronique des «chiens perdus», c'est-à-dire des faits-divers. Il réussit si bien qu'il devint bientôt rédacteur en chef et même ajouta à ces fonctions celle de correspondant littéraire à Paris de l'Electeur Palatin, Théodore de Neubourg, qui, très francisé, voulait être tenu au courant de l'actualité parisienne.

En cette année 1751, l'événement majeur fut la publication du Tome I de l'*Encyclopédie*, véritable coup de tonnerre retentissant à travers l'Europe. Rousseau informa aussitôt le comte de Neubourg, puis, très intéressé lui-même, entra en contact avec les auteurs et se lia d'amitié avec Diderot, Voltaire, d'Alembert et autres «philosophes» de haute volée. Des affinités le rapprochaient de Diderot, maître d'œuvre de l'ouvrage. Presque du même âge, d'origine modeste, élevés chez les jésuites et l'un et l'autre destinés à la prêtrise, ils avaient suivi la même évolution vers ce qu'on appelait «les idées nouvelles», l'avènement de la raison, l'égalité, la réhabilitation du travail manuel. Diderot ne cachait pas à son ami les difficultés que rencontrait l'élaboration de son énorme ouvrage : difficultés financières, contrôles de la censure, opposition des dévots, colère de certains souscripteurs qui protestaient contre les retards de publication et les défauts du livre.

Qui de Diderot ou de Rousseau en eut d'abord l'idée ? Pour Desbarreaux-Bernard, c'est Rousseau qui le premier comprit que l'énorme machine mise en route avait besoin d'un escorte, d'un journal léger et maniable, prompt à riposter en cas d'attaque, prêt à correspondre avec les lecteurs, capable de diffuser à moindre prix le message lancé par les philosophes. Ainsi naquit en 1756 le *Journal Encyclopédique*, dont le titre, un tantinet provocateur, résumait les ambitions : être un concentré de l'*Encyclopédie* et véhiculer les idées nouvelles.

### **Un lancement réussi**

Restait à lui trouver un toit. La presse en France était soumise au système très strict de l'autorisation préalable. Tout écrit devait arborer la mention *cum privilegio Regis*. Dans le *Mariage de Figaro*, Beaumarchais évoque avec humour les contrôles tatillons auxquels étaient soumis les journalistes : «*Pourvu que je ne parle en mes écrits ni de l'autorité, ni du culte, ni de la politique, ni de la morale, ni des gens en place, je puis tout imprimer librement, sous l'inspection de 2 ou 3 censeurs*».

Après avoir songé à Mannheim, capitale de l'Electeur Palatin, Rousseau décida de s'installer à Liège en Belgique, ville francophone où s'imprimaient clandestinement de nombreux livres français. Le prévôt de la ville, le comte d'Horion ainsi que tous les Liégeois éclairés, accueillirent à bras ouverts le fondateur d'un périodique à l'avenir prometteur.

Rousseau diffusa d'abord un prospectus où il annonçait son programme

et proclamait sa devise : « ne rechercher que la vérité, la justice, le bien général, en toute ingénuité », maître mot pris au sens latin de « noblesse d'âme et de sincérité ».

Seul propriétaire et rédacteur en chef du *Journal Encyclopédique*, aidé par les plumes de d'Alembert, de Chamfort, des jésuites Coster et Pascal, Rousseau publia un bimensuel de grande qualité qui, très vite, compta plus d'un millier d'abonnés. Mais bientôt la mort du comte d'Horion priva Rousseau de son puissant protecteur. Une cabale se dressa contre un périodique qui osait soutenir *l'Encyclopédie*, combattait la religion et propageait la philosophie des Lumières. La presse anti-philosophique fit campagne contre des journalistes qu'elle traitait « d'écrivillons et de croupiers de *l'Encyclopédie* ». Fréron, le grand ennemi de Voltaire, publia dans son *Année littéraire* une épigramme peu aimable :

*Trois auteurs que Rousseau l'on nomme  
Sont différents ; voici par où :  
Rousseau de Paris fut grand homme,  
Rousseau de Genève est un fou,  
Rousseau de Toulouse un atome*

Dans ce couplet au vinaigre, le premier cité, Jean-Baptiste Rousseau, médiocre versificateur parisien, n'est porté aux nues que pour mieux rabaisser les deux autres. Jean-Jacques passait pour fou aux yeux de beaucoup de ses contemporains, tandis que, pour les besoins de la rime, le pauvre petit Gascon est « atomisé », défini comme un minuscule écrivain. Voltaire vengea Rousseau son ami dans une épigramme bien connue qui, selon certains, contient une allusion très claire à la Wallonie :

*L'autre jour au fond d'un vallon  
Un serpent piqua Jean Fréron.  
Que pensez-vous qu'il arriva ?  
Ce fut le serpent qui creva !*

Harcelé de tous côtés, le *Journal Encyclopédique* perdit son privilège, puis fut publiquement lacéré et brûlé par le bourreau sur une place de Liège. Rousseau dut quitter la ville en 1760. Voltaire lui offrit l'hospitalité de sa propriété des « Délices » près de Genève, mais l'exilé, après avoir pensé à Bruxelles, préféra un asile plus proche de la France, le duché de Bouillon, près de Namur où il se transporta avec ses rédacteurs et son matériel. Le duc Charles de la Tour d'Auvergne lui fit bon accueil et lui accorda un privilège de 30 années. Dans ce refuge francophone et très francisé, Rousseau se maria et créa une imprimerie moderne, la « *Société typographique de Bouillon* », il engagea 60 ouvriers du livre, les logea avec leur famille dans un véritable phalanstère. Pour renforcer la rédaction, il fit appel à des collaborateurs

de grand talent, deux Toulousains, les frères Castilhon, le médecin allemand Frédéric Grundwald, le journaliste Jean-Louis Carra que lui avait recommandé Voltaire, l'ancien Jésuite Robinet, l'abbé Claude Yvon, qui avait rédigé l'article « Âme » dans *l'Encyclopédie*.

Avec leur concours et grâce à son énergie, Pierre Rousseau, en quelques années, transforma une modeste bourgade en un haut lieu de l'édition européenne et en un centre intellectuel connu et respecté. Située aux confins de la France, de la Belgique, de l'Allemagne et du Luxembourg, la « Société typographique bouillonnaise » expédiait chaque jour la production de ses 12 presses d'imprimerie à travers l'Europe. Les courriers à cheval et la malle poste allaient livrer au loin le *Journal Encyclopédique* et un autre périodique fondé par Rousseau, le *Journal de jurisprudence*, que dirigeait le juriste toulousain Jean-Louis Castilhon, et aussi des livres imprimés sur place et une abondante correspondance. Le duché connut une étonnante prospérité, des écrivains français vinrent se faire éditer à Bouillon, Voltaire y fit imprimer ses romans et ses contes, Diderot trois volumes de mélanges et les suppléments de la grande *Encyclopédie*, Mirabeau y apporta un de ses premiers manuscrits.

#### **Les raisons d'un incroyable succès**

Voltaire, en 1760, dans la préface de *l'Écossaise* proclama le périodique de Pierre Rousseau « le premier des 173 journaux qui paraissent tous les mois en Europe ». Même en faisant la part d'une certaine exagération, il faut tenter de comprendre et de justifier le jugement d'excellence porté par Voltaire sur Rousseau et son journal.

L'habileté de Rousseau journaliste apparaît d'abord dans le choix du titre. En cette seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, les mots « *Encyclopédie* », « *encyclopédiste* »... connaissaient une vogue inouïe. L'œuvre de Diderot piétinait des préjugés séculaires, créait une dynamique nouvelle, entièrement tournée vers l'avenir. S'abonner au *Journal Encyclopédique*, le lire, c'était entrer dans la modernité.

Autre attrait pour les lecteurs, la présence de grandes signatures. Rousseau était entouré de collaborateurs de grand renom qui écrivaient aussi dans *l'Encyclopédie*, comme d'Alembert, Chamfort, Marmontel ou Voltaire. Ce dernier inondait la rédaction de lettres aussitôt publiées. Dans sa correspondance Voltaire, sans se gêner, s'en prenait férocement à ses adversaires habituels, Fréron, surnommé le frelon et Jean-Jacques Rousseau, traité de charlatan ! Le journal s'enrichissait ainsi d'une nouvelle matière, la polémique que Pierre Rousseau pratiqua aussi avec talent contre la presse antiphilosophique, mais en restant modéré et plus poli dans ses attaques. Une seule fois, rendant compte des *Rêveries du promeneur solitaire*, il condamna avec violence Jean-Jacques Rousseau coupable d'avoir

abandonné ses cinq enfants aux Enfants-trouvés.

Quand il dirigeait les *Affiches de Paris*, Rousseau avait constaté que ses lecteurs s'intéressaient beaucoup aux faits-divers. Il introduisit donc dans le *Journal Encyclopédique* cette rubrique peu philosophique, en apparence du moins. Le numéro de juillet 1778, par exemple, raconte « un événement singulier » survenu dans le village d'Yvoi en Sologne. Un matin le curé trouva dans son église en grand désordre le cadavre d'un voleur ; une épée était plantée dans sa poitrine et la statue de Saint Michel gisait près de lui. Le prêtre sonna le tocsin, les paroissiens accoururent ; tous crièrent au miracle, car visiblement Dieu, par l'intermédiaire de la statue, avait puni le brigand qui saccageait son église. Mais arriva alors le sacristain : il expliqua, un peu gêné, que, deux semaines auparavant, il avait en la nettoyant brisé l'épée en bois de la statue et, craignant une réprimande, l'avait remplacée par une véritable épée qu'il possédait chez lui. Le cambrioleur, pour s'en emparer, avait fait tomber Saint Michel qui le transperça dans sa chute. Ce récit ne convainc point les paroissiens qui, depuis, prient avec ferveur la statue « miraculeuse ».

La même année (1778), Voltaire décéda à Paris, le 30 mai. Le *Journal* consacra 3 pages à la mort d'un écrivain qui l'avait toujours soutenu. Écrit à chaud, cet article nécrologique bouscule un peu les biographies traditionnelles et fait des révélations qu'on appellerait aujourd'hui « sensationnelles ». Prudemment le journaliste avait précisé en tête de la nécrologie : « *Attentifs à recueillir tout ce qui peut concerner le grand homme, nous nous sommes procuré les détails suivants : ils sont exacts et partent d'une source très sûre* ».

Après une longue agonie, Voltaire serait mort d'une overdose d'opium. L'auteur de l'article, daté du 15 juillet, raconte ensuite le désaccord des prêtres, l'inhumation provisoire dans l'abbaye de Selliers avant le transport à Ferney selon la volonté du défunt. Un conflit éclata à propos du cœur de Voltaire que le marquis de Villette, son ami, voulut conserver pour le déposer sur ses terres, dans un superbe mausolée. Les neveux du philosophe s'y opposèrent en faisant valoir que ce cœur leur appartenait ainsi qu'à toute la Nation et qu'il convenait de le déposer dans un monument portant l'inscription « *Son esprit est partout, mais son cœur n'est qu'ici* ». En 1791, on le sait, les cendres du patriarche seront transférées au Panthéon.

Voltaire, de son vivant, n'avait pas été le seul correspondant du périodique. Ce que nous appelons aujourd'hui « *courrier des lecteurs* » y occupait une grande place et prouve l'étendue de l'aire de diffusion du *Journal Encyclopédique*. Quelques exemples suffiront à le montrer. Dans une lettre envoyée en 1771 d'Allemagne, une « société de littérateurs » proteste contre la traduction pleine de contresens de fables allemandes ironiquement comparées aux chefs d'œuvre de La Fontaine. De Saint-Pétersbourg, un député russe s'en prend vivement à l'*Encyclopédie* dont l'article « Knout » est outrageant pour la

Russie (juillet 1773). Humilié par les vantardises des Français, un habitant de Vienne énumère toutes les inventions que l'on doit au génie allemand (1756). Un Picard déplore que le Journal malmène Jean-Jacques Rousseau et fasse la part trop belle à Voltaire dans ses colonnes (1767).

A ces abonnés mécontents, Pierre Rousseau répondait avec courtoisie, mais sans se départir de la fermeté qu'exigeait son rôle de garde du corps de *l'Encyclopédie*.

### **Retour aux sources**

Quand il eut solidement et durablement implanté la société typographique de Bouillon et assuré l'avenir du *Journal Encyclopédique*, il associa son beau-frère Charles de Weissenbruch à la gestion de l'entreprise. Ainsi Rousseau, en partie libéré et à la tête d'une confortable fortune, partagea sa vie entre le duché de Bouillon et de longs séjours à Paris où il avait acheté une résidence. Il fit plusieurs voyages à Toulouse. Il n'avait jamais oublié sa ville natale et rares étaient les numéros du journal où ne figurait pas au moins un article consacré à l'actualité toulousaine. Il avait appelé près de lui, nous l'avons vu, des compatriotes ; il envoyait régulièrement le *Journal Encyclopédique* aux trois académies toulousaines dont il publiait les comptes rendus. Il fut élu, le 30 août 1770, membre correspondant de l'Académie royale des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse, en tant que « directeur de la Société typographique de Bouillon ».

Dans ses remerciements, il rendit hommage aux Lanternistes, « cette avant-garde des Lumières » et dit sa fierté d'être admis dans leurs rangs.

En regagnant la Capitale, il pensait à son premier voyage, 40 ans plus tôt, quand il partait à la conquête de la gloire et de la fortune. Maintenant il vivait à Paris dans l'opulence et roulait carrosse, son journal était connu en France et en Europe. Travailleur infatigable, homme au cœur pur, il avait le sentiment qu'il avait bien rempli sa vie.

Il mourut à Paris, le 6 novembre 1785, parmi les siens. Les *Mémoires* de Louis de Bachaumont commentent ainsi sa disparition. « *M. Pierre Rousseau de Toulouse vient de succomber à de longues et cruelles souffrances. On ne sait encore à qui le Journal Encyclopédique sera confié. Outre la manufacture qui lui appartenait, cet homme de lettres travaillait depuis longtemps avec beaucoup de succès à cet ouvrage périodique né sous sa plume. Il paraît qu'il a très bien soutenu son rôle d'encyclopédiste et qu'il est mort philosophiquement* ».

### Conclusion

La nouvelle de la mort de Pierre Rousseau consterna les cercles cultivés de Toulouse et en premier lieu l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres. Pendant 15 ans, membre correspondant, il avait rarement assisté aux séances, mais avait été un absent très présent : les Académiciens, deux fois par mois, recevaient et lisaient *le Journal Encyclopédique* où figuraient les procès-verbaux de leurs séances.

Le 10 mai 1787, en hommage à Pierre Rousseau et au *Journal Encyclopédique*, Guillaume Delherm, fils d'un Capitoul, décida de fonder une loge maçonnique qui porterait le nom de « l'Encyclopédique » ; proche parente, par la pensée, de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres, elle était animée par le même idéal, favoriser le développement des arts, des métiers, des sciences et des techniques, tous générateurs du progrès humain. Mais l'une et l'autre travaillaient en vase clos ; pour toucher un public plus large et mieux diffuser ces idées, on créa la « Société encyclopédique », ouverte au plus grand nombre.

Pendant ce temps, survivant à son directeur-fondateur, le *Journal Encyclopédique*, dirigé par Charles de Weissenburg, continuait de paraître. Mais, comme un véritable séisme, la Révolution allait tout arrêter. L'Académie royale de Toulouse fut supprimée par le décret de la Convention du 8 août 1793, la loge « l'Encyclopédique » suspendit ses travaux le 6 mai 1792, le *Journal Encyclopédique* dut arrêter sa publication en 1793 : sa disparition ne fut pas totale puisqu'il put fusionner avec une revue révolutionnaire, *l'Esprit des Journaux*.

Quand la grande tourmente prit fin, « l'Encyclopédique » reprit ses activités le 20 décembre 1797, et notre Compagnie fut officiellement rétablie le 30 octobre 1807. Seul, le *Journal Encyclopédique*, qui avait sombré corps et biens avec *l'Esprit des Journaux*, ne revit jamais le jour et avec lui disparurent le souvenir et le nom même de Pierre Rousseau. Admiré par les Révolutionnaires, un autre Rousseau avait définitivement pris sa place, Jean-Jacques, le citoyen de Genève, l'ancêtre de l'écologie, le précurseur du communisme, réédité, étudié, commenté encore aujourd'hui (pour le 3<sup>ème</sup> centenaire de sa naissance, il est au programme de l'Agrégation des lettres). L'autre Rousseau, Pierre, citoyen de Toulouse, est tombé, même chez les siens, dans un profond oubli. On trouve, dispersées dans notre ville, des noms de rues qui commémorent des encyclopédistes, Diderot, Voltaire, Jean-Jacques Rousseau, Turgot, d'Alembert, Montesquieu, Marmontel, mais aucune ne porte le nom de notre compatriote, lui qui, après avoir au Théâtre fait rire les Parisiens, se fit à travers l'Europe l'infatigable porte-drapeau des Lumières de son siècle.

Le Dr Desbarreaux-Bernard termina son long article en déplorant qu'au Capitole la Galerie des Illustres ne contienne pas le buste de Pierre Rousseau, mais son souhait ne fut pas entendu. Pourquoi aujourd'hui notre Compagnie ne proposerait-elle aux édiles toulousains que, dans un nouveau lotissement, une voie encore orpheline soit baptisée

Rue Pierre Rousseau

(1716 – 1785)

Encyclopédiste.

**Discussion de la communication de Monsieur Georges Soubeille**

Interviennent : MM. François Bordes, Henri Cousse, Guy Franco, Pierre Lile, Jacques Tournet, Mmes Andrée Mansau, Anne-Catherine Welte.



## **EFFETS DELETERES CARDIOVASCULAIRES ET PULMONAIRES DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE**

Par M. Jean-Paul BOUNHORE

Depuis plus de 20 ans de nombreuses études épidémiologiques et des travaux expérimentaux ont montré que la pollution atmosphérique augmentait la morbidité et la mortalité cardiovasculaire et pulmonaire dans la population générale, principalement dans les communautés urbaines. La pollution de l'air ambiant représente aujourd'hui un problème majeur de santé publique. L'exposition aux différents polluants provoque des effets délétères à court et long terme, favorisant une pathologie bronchique et pulmonaire, facilitant l'athérogénèse, semblant précipiter l'évolution de lésions athéroscléreuse latentes. (1-2-3-4).

Bien que depuis 1990, la masse des polluants émis dans l'atmosphère ait régulièrement baissé, l'OMS considère que plus de 3 millions de décès par an sont attribuables à la pollution atmosphérique qui s'accroît dans les zones urbaines des pays en voie de développement. Une étude européenne attribua 6% de la mortalité globale, 2% des hospitalisations et près d'1% des infarctus du myocarde à la pollution dans les milieux urbains (5). Une étude a montré que sur les 42.000 décès attribuables à la pollution plus de la moitié était due aux émissions du trafic routier. A Toulouse dans une population âgée de 34 à 64 ans, 4 à 5% des infarctus pourraient être attribués à ce nouveau fléau (6). Même si les risques sont faibles en comparaison de ceux induits par les autres facteurs de risque cardiaques, la prévalence universelle de l'exposition fait que le nombre d'événements cardio-pulmonaires attribuables à la pollution est important. Les troubles cardiovasculaires sont la conséquence d'une réaction inflammatoire au niveau des poumons et des vaisseaux, d'une stimulation sympathique, du rôle thrombogène des polluants facilitant la survenue d'événements coronariens aigus, d'arythmies et de poussées d'insuffisance cardiaque. Liée au trafic automobile, aux fumées industrielles, aux conséquences du chauffage domestique, l'exposition chronique aux particules fines, aux polluants photooxydants, justifie des mesures de prévention qui doivent inciter à des progrès technologiques, à un contrôle rigoureux de la qualité de l'air, à des directives nationales et internationales précises pour réduire les émissions de polluants.

## I Directives

L'amélioration de la qualité de l'air constitue à l'évidence un enjeu majeur pour la santé publique et notre environnement. Au niveau international l'OMS a défini pour un grand nombre de polluants des valeurs guides de concentration de l'air extérieur à atteindre par les états pour réduire les impacts sur la santé. La Commission Européenne a proposé comme objectif pour 2015 dans les normes EURO IV et V la division par 10 des émissions de polluants pour les véhicules diesel neufs et par 2,5 celles des oxydes d'azote pour tous les véhicules récents. Le plan National Santé et Particule 2012, élaboré lors du Grenelle de l'Environnement, a émis des directives dans les secteurs industriels, agricoles, domestiques, celui des transports, pour réduire les émissions toxiques. L'objectif principal est la diminution de la pollution de fond par les particules de manière quasi permanente et non pas la seule prévention des pics de pollution. A la demande du Ministère de l'Environnement le Centre Interprofessionnel d'Etude de la Pollution atmosphérique (CITEPA) remplit la fonction de Centre National de référence des émissions dans l'air. Localement l'ORAMIP surveille la qualité de l'air en Midi-Pyrénées, à partir de stations de détection fixes et mobiles, localisées à proximité des autoroutes et des rocade, des zones industrielles, mais aussi dans les communautés urbaines. Sa mission est triple : « Surveiller, Prévoir, Informer ».

A partir de seuils de pollution cet organisme émet des niveaux d'information et des niveaux d'alerte pouvant inciter les Préfet à des mesures de restriction du trafic.

### **La nature de la pollution atmosphérique**

Une distinction doit être faite entre les polluants gazeux et les particules fines en suspension :

- Les polluants gazeux, liés au trafic automobile, incluent les oxydes d'azote, avec le mono oxyde et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre. Le monoxyde de carbone provient du trafic automobile et du mauvais fonctionnement des chauffages. L'ozone provient de la réaction photochimique de certains polluants primaires en présence du rayonnement solaire et d'une température élevée.
- Les particules fines en suspension sont produites par la circulation automobile, par des chauffages fonctionnant au fioul, par les résidus de la combustion du bois et les travaux agricoles. Ce sont des composés très hétérogènes classés selon leur diamètre aérodynamique ( $\mu\text{m}$ ). Elles sont composées d'un agglomérat de centaines de constituants, dotés d'un potentiel toxique. hydrocarbures, métaux, agrégats de poussières, de pollens, de résidus de combustion, d'hydrocarbures. Elles sont de différentes tailles, les plus souvent étudiées étant celles dont le diamètre

est inférieur ou égal à  $10\mu\text{m}$  (PM10) celles dont le diamètre est inférieur à  $2,5\mu\text{m}$ , (PM 2,5) et les particules ultrafines avec un diamètre  $< 0,1\mu\text{m}$ . Leur impact sur la santé a été évalué par des études épidémiologiques. Plus elles sont fines, plus elles pénètrent dans l'arbre respiratoire avec des effets directs vasculaires. Les nanoparticules,  $< 0,1\mu\text{m}$  sont l'objet de beaucoup d'attention. Les particules les plus fines, incorporant des composés métalliques, des composés organiques complexes créent une inflammation pulmonaire et après translocation dans la circulation induisent des effets vasculaires toxiques.

La composition chimique des particules varie et dépend de leur origine, des conditions météorologiques, du pourcentage des composés inorganiques et organiques. Les principales sources des particules fines sont les émissions de gaz d'échappement, les fumées industrielles et les résidus du chauffage domestique.

La pollution hivernale est favorisée par l'humidité et les brouillards. Conséquence du chauffage, du trafic automobile, des industries, elle comporte de fortes concentrations de particules fines, d'oxyde d'azote de dioxyde de soufre. L'été, la chaleur et l'ensoleillement favorisent la formation d'ozone à partir d'Oxyde d'azote, de composés organiques volatils et de CO.

On ignore si les effets systémiques de la pollution sont expliqués par la seule inflammation pulmonaire ou la translocation de particules polluantes de l'espace alvéolaire dans la circulation. L'instillation intratrachéale de particules de très petite taille chez le hamster crée des lésions de l'endothélium vasculaire, des anomalies biologiques aboutissant à la formation de micro thrombus dans l'arbre vasculaire. (7)

### **I-Mécanismes des effets délétères**

Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer les effets pulmonaires et cardiovasculaires nuisibles de la pollution atmosphérique mais encore beaucoup d'incertitudes demeurent. Des études humaines et expérimentales animales démontrent que l'inhalation des polluants de l'air ambiant entraîne leur diffusion dans l'arbre respiratoire, leur passage à travers les membranes alvéolaires et l'endothélium vasculaire, induisant une inflammation aiguë et chronique des voies respiratoires :

- Au niveau pulmonaire survient une broncho constriction réduisant les flux ventilatoires, favorisant l'apparition et l'aggravation de crises d'asthme, l'apparition d'états de mal asthmatiques et à la longue une insuffisance respiratoire.
- Au niveau de la circulation, une dysfonction rapide du système nerveux autonome, une stimulation sympathique, l'inhibition du tonus vagal,

causent de la tachycardie, une réduction de la variabilité sinusale et facilitent la survenue de troubles du rythme cardiaque. Surtout certains polluants ont de nombreux effets biologiques délétères : augmentation de la viscosité sanguine, activation plaquettaire, effet coagulant, source de thromboses vasculaires. On a constaté après des épisodes de pollution intense, une augmentation des facteurs de coagulation, des taux de fibrinogène, une agrégation plaquettaire et une réduction de la libération de l'activateur tissulaire du plasminogène.

Une dysfonction endothéliale apparaît si la pollution se prolonge avec la réduction de la production d'un puissant vasodilatateur, l'oxyde nitrique, par l'endothélium vasculaire et l'émission de radicaux libres facilitant l'athérogénèse. L'hypercoagulabilité, la stimulation sympathique, la production de cytokines, facilitent des événements coronariens aigus, angor instable, infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux et poussées d'insuffisance cardiaque. (1-2-3- 4).

Ce sont surtout les particules atmosphériques ultrafines ( $< 2,5\mu$ ) et les hautes concentrations d'oxydants qui causent la libération de radicaux libres pro inflammatoires impliquant un stress oxydatif facilitant la formation de plaques d'athérosclérose. Médiée par les cytokines et les chemokines, cette action vasculaire à long terme conduit à un état inflammatoire subaigu avec des altérations des parois vasculaires. Le rôle cancérigène bronchique, pulmonaire et sur les voies respiratoires supérieures après des expositions prolongées pendant des mois et des années est bien démontré par des études expérimentales et épidémiologiques.

## **II -Etudes épidémiologiques**

Des études épidémiologiques laissent apparaître des liens récurrents et significatifs entre pics de pollution, la pollution atmosphérique de fond, pollution moyenne et effets à court et long terme cardiovasculaires et pulmonaires. A partir d'études convergentes, l'OMS considère que les polluants les plus préoccupants sont les particules en suspension, l'ozone et les dioxydes d'azote et de soufre pour l'air extérieur.

### **A- Etudes à court terme**

Diverses études établissent les relations à court terme entre l'exposition aiguë à de hauts niveaux de pollution de l'air ambiant et les indicateurs sanitaires, pour des délais allant d'un jour à une semaine. Les études menées en Europe et aux Etats-Unis ont établi des résultats convergents avec des taux significatifs tant pour la mortalité que pour les hospitalisations dues à des événements pulmonaires et cardiaques lors des pics de pollution. Cette exposition à court terme fait référence à quelques heures ou jours d'inhalation d'un air très pollué. Mais il faut souligner l'intervention d'autres facteurs que la pollution, telles les conditions météorologiques, la température ambiante, le

degré d'humidification, En fonction des vents, des précipitations, les polluants se dispersent ou stagnent dans l'air ambiant au niveau des grandes cités faisant de véritables aérosols toxiques. L'association de la pollution et du brouillard a eu des conséquences désastreuses, en quelques jours, dans la vallée de la Meuse en Belgique et à Londres en 1952. Le froid, l'humidité favorisent des pics de pollution, par les aérosols de particules fines, des oxydes d'azote, du dioxyde de soufre.

- Effets sur la Mortalité

Les études à court terme présentent des résultats assez convaincants moins contestables que ceux des études à long terme. Elles analysent la variation quotidienne de mortalité générale et cardiovasculaire en fonction des pics de pollution au-dessus des seuils de pollution. On ne peut citer toutes les études. L'étude européenne APHEA 2 (Air Pollution and Health), réunissant les données de 15 villes européennes démontre que les particules fines, PM10 et les fumées noires sont des prédictors de mortalité dans les régions étudiées. Quand les concentrations de PM10 et de fumées noires sont augmentées de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le nombre quotidien de décès augmente en moyenne de 0,7% (8). Dans la *National Morbidity and Mortality Air Pollution Study*, un incrément de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM 2,5 dans l'air est associé à une augmentation de 0,41% de la mortalité totale et d'1,4% de la mortalité cardiaque. L'American Cancer Society constate que chaque incrément de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de l'exposition annuelle aux PM, 2,5 est associée à une augmentation significative de la mortalité cardiovasculaire et par cancer pulmonaire. La pollution par les particules fines serait responsable aux USA d'au moins 400.000 décès par an. Pope dans sa méta analyse analysant des études épidémiologiques concernant les particules < 2,5 constate que chaque augmentation de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est associée à une majoration d'1 à 1,5% de la mortalité cardiovasculaire. L'augmentation est linéaire sans évidence de seuil. Hoek étudiant une grande cohorte hollandaise montre qu'une habitation et un séjour prolongé à la proximité d'une autoroute à grande circulation (moins de 100m) réduisent l'espérance de vie (risque relatif 1,05 IC 95%, 1,10- 3,52) (9)

- Morbidité

Une exposition à court terme à des taux élevés de polluants est aussi associée à une augmentation de la morbidité cardiaque et pulmonaire, évaluée sur le nombre d'hospitalisations quotidiennes. Une majoration des taux PM10 de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est associée à une augmentation d'1,45% des hospitalisations pour un événement cardiaque et de 2% d'hospitalisations pour un épisode broncho-pulmonaire. L'observation de 10 villes américaines pendant 9 ans révèle des élévations similaires d'événements cardiaques et pulmonaires pour chaque  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de concentrations de PM10. Peters et col ont rapporté une augmentation de 48% du nombre d'hospitalisations pour infarctus après une exposition supérieure à 3 heures de PM 2,5 de plus de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (10). Le risque

d'infarctus peut être augmenté par un facteur de 2,73 seulement après une heure d'exposition à un intense trafic automobile. Les risques de la pollution sont minimes pour les individus sains, jeunes et sans pathologie mais le risque s'élève à partir de 65 ans en particulier chez les patients atteints déjà d'une pathologie cardiaque ou pulmonaire. Parmi les polluants gazeux, les polluants photo oxydants, ozone, oxydes d'azote, di-oxyde de soufre sont très souvent les causes d'une augmentation des hospitalisations pour épisodes coronariens aigus, Un excès d'admissions est constaté avec les taux élevés de monoxyde de carbone et de particules fines en cas de trafic automobile intense. Ruidavets et col ont conduit une étude prenant en compte les hospitalisations pour infarctus à Toulouse de 1997 à 1999 et les concentrations atmosphériques d'oxyde d'azote, de sulfures et d'oxyde d'ozone. Après correction prenant en compte les variables telles la température et l'humidité, le risque relatif d'infarctus aigu fut corrélé à une augmentation de la concentration d'ozone (valeur médiane  $74,8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) le jour de l'hospitalisation et le jour suivant l'événement coronarien. Pour une augmentation de la concentration d'ozone de  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ , le risque relatif est respectivement d'1,05 ( $p=0,009$ ) et 1,05 ( $p=0,007$ ) (6).

Des expositions brèves aux divers polluants peuvent représenter le facteur déclenchant d'une complication cardiaque ou vasculaire. Les événements cardiaques rencontrés s'observent pour des fluctuations affectant des valeurs moyennes inférieures aux limites réglementaires ( $40\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10,  $110\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour  $\text{O}_3$ ,  $40\mu\text{g}$  pour  $\text{NO}_2$ ,  $125\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le  $\text{SO}_2$ ). On a constaté une progression linéaire du risque sans évidence d'un seuil. Outre les événements coronariens il faut citer l'augmentation des hospitalisations pour insuffisance cardiaque, arrêt circulatoire, accès de fibrillation auriculaire, accidents vasculaires cérébraux. Le nombre de décharges des défibrillateurs à l'occasion de tachycardies ou de fibrillations ventriculaires augmente lors des pics de pollution (10). Au plan pulmonaire il apparaît des épisodes respiratoires aigus, asthme, bronchites.

### **Études à long terme**

La morbidité cardiovasculaire prenant en compte des événements coronariens et les troubles respiratoires graves justifiant une hospitalisation augmente de manière significative après une exposition prolongée à de fortes concentrations de polluants dans l'air ambiant. Mais les effets à long terme ne peuvent être évalués que dans de études de cohortes incluant un grand nombre de participants avec surtout des dizaines d'années d'exposition. Au plan vasculaire des expositions répétées, prolongées à des concentrations de polluants élevées pendant des jours et des semaines peuvent altérer la stabilité des plaques athéromateuses et faciliter des troubles de la coagulation source d'ischémie myocardique aigue. Mais la valeur des études épidémiologiques à long terme est souvent contestée : il faut des études prenant en compte

des durées d'exposition très prolongées, évaluant de très larges effectifs et qui doivent tenir compte de pathologies latentes dont les complications sont facilitées par des pics de pollution ou une pollution moyenne annuelle élevée en moyenne. La pollution a long terme semble avoir des effets pathogènes chez des sujets à risque déjà fragilisés. L'étude de Harvard a inclu 8111 adultes avec un suivi de 14 à 16 ans. L'objectif était de mettre en évidence entre les villes les plus polluées et les moins polluées, une différence concernant la mortalité cardiopulmonaire et l'exposition aux particules PM 2,5. Après correction tenant compte des facteurs confondants tels le tabagisme, l'âge, des pathologies incidentes, le risque relatif (RR) entre les cités les plus polluées et les moins polluées, était de 1,36, IC 95% : 1,08-1,47) ; L'augmentation du risque de décès cardio vasculaire, en moyenne, était de 16% pour une augmentation de la concentration de PM < 2,5 de 10µg/m<sup>3</sup>. Les auteurs ont constaté un excès de risque de 37% de mortalité d'origine cardiopulmonaire, pour la ville la plus polluée. Une étude hollandaise a permis le suivi pendant 8 ans de 5000 individus vivant à proximité des autoroutes ; le risque relatif de mortalité cardiopulmonaire est d'1,95, (1,09-3,52 IC : 95%) (9). Pope et al étudièrent les relations entre les statistiques de mortalité pour une période de 16 ans et l'exposition chronique à de multiples polluants aériens pour une population de 100 millions d'adultes résidant dans 50 états aux USA. Chaque augmentation en moyenne de 10 µg m<sup>3</sup> de PM 2,5 élève le risque relatif d'1,32 [IC 95% 1,08-2,15] (12). Le suivi de 12.865 patients américains ayant des antécédents coronariens montre qu'une augmentation de 10µg m<sup>3</sup> de PM2,5 est associée à une augmentation de 4,5% du risque de nouvel événement coronarien aigu (13). Si le risque majeur concerne l'infarctus, le nombre d'insuffisances cardiaques, d'arythmies, d'arrêts cardiaques est aussi augmenté.

Le risque de réadmissions pour infarctus par rapport à la pollution a été analysé dans l'étude HEAPS, cohorte concernant 22.000 survivants d'un premier infarctus. Pendant les 10 ans du suivi, 6655 réadmissions pour événement coronarien survinrent, associées le jour de l'hospitalisation à une concentration de PM10 de 10µg/ m<sup>3</sup>. (RR : 1,21, 1,04- 1,039). Des effets similaires sont aussi constatés pour le mono oxyde de carbone, l'ozone et les oxydes d'azote (13). Une étude récente a réanalysé les données de l'American Cancer Society Cohort comprenant 22095 patients suivis pendant plus de 15 ans évaluant les risques des particules fines 2,5, et de l'O<sub>3</sub> pour une population urbaine de 150 villes. Cette étude prit en compte de nombreux facteurs confondants. Le RR de décès par cardiopathie ischémique, exprimé pour des concentrations < 10µg/m<sup>3</sup> en PM25 était de 1,49 (1,20-1,85) correspondant à une augmentation de 6% des décès.

A.Maitre considère que 45% des Français vivent en niveau rural ou dans des villes de moins de 100000 habitants où la pollution est plus faible que dans les grandes cités (4). Cet auteur estime que près de 2% des infarctus sont liés à la pollution gazeuse et par les particules fines de plus de 10µg/mn<sup>3</sup>

et que l'on peut attribuer 7% de la mortalité par cardiopathie ischémique aux effets de la pollution atmosphérique.

#### Effets des différents polluants

- L'ozone pour des concentrations supérieures à  $240\mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant 3 heures consécutives a des effets délétères cardiovasculaires, tachycardie, vasoconstriction coronaire, apparition d'ischémie myocardique. Elle favorise les événements coronariens aigus et des troubles rythmiques.
- Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), issu de la combustion des énergies fossiles et de la fonte de minerais de fer a des effets délétères broncho-pulmonaires et vasculaires. On constate pour des taux  $> 50 \mu\text{g} / \text{m}^3$  en moyenne pendant 24 heures des exacerbations d'asthme, d'événements bronchiques et un effet thrombogène. Les hospitalisations pour asthme sévère, arythmies, événements coronariens sont augmentées
- Le monoxyde de carbone (CO) dû à la combustion incomplète des matières organiques, dont les sources principales sont le trafic automobile, le mauvais fonctionnement des chauffages, mortel à fortes concentrations, favorise des troubles neurologiques et cardiaques. Les patients les plus exposés sont ceux qui ont des antécédents cardiovasculaires.
- Les pollens jouent un rôle pathogène majeur. Leur taux élevé, leur persistance dans l'atmosphère des villes avec une action conjointe à celle des autres polluants entraîne depuis 10 ans une augmentation importante des crises d'asthme et l'apparition d'états de mal asthmatique chez l'enfant. Le réchauffement climatique paraît jouer un rôle. Les pollens émis par les cyprès, les oliviers stagnent longtemps dans les villes.

Pour terminer rappelons les risques liés au tabagisme passif, le courant secondaire émis par une cigarette est plus toxique que l'inhalation de la fumée par le fumeur. C'est une source majeure et très dangereuse de pollution avec stimulation sympathique activation plaquettaire et augmentation des facteurs de thrombose vasculaire. Le tabagisme passif augmente la fréquence des affections respiratoires, l'incidence des infarctus du myocarde et de 25% au moins le risque de cancer pulmonaire.

#### **Quels sont les sujets les plus menacés ?**

Tous les individus n'ont pas la même sensibilité. Les effets de la pollution sont à redouter chez les sujets âgés de plus de 70 ans, les patients ayant des antécédents d'infarctus, une bronchopneumopathie chronique, les asthmatiques, les insuffisants cardiaques. Mais des facteurs génétiques interviennent, en particulier le polymorphisme de gènes qui régulent la réponse au stress oxydatif et à l'inflammation. On ignore si des états associés à une inflammation chronique tels le diabète, le syndrome métabolique, les affections intestinales chroniques, la polyarthrite, amplifient les effets délétères de la pollution.

En conclusion, la pollution de l'air ambiant est associée à court et long terme à des complications cardiovasculaires et pulmonaires particulièrement pour des sujets à risque. Les populations urbaines, surtout les sujets âgés et les sujets ayant des antécédents vasculaires, dans le monde occidental et les pays en voie de développement sont les victimes de nombreux polluants émis par le trafic routier, le chauffage, les industries, et même les travaux agricoles. Les effets sont constatés même pour des concentrations de polluants égales aux seuils réglementaires. Bien que les risques relatifs mis en évidence soient faibles, la prévalence universelle de l'exposition entraîne un coût sanitaire non négligeable.

La meilleure stratégie pour réduire les effets de la pollution est fondée sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation excessive de combustibles fossiles, la réduction du trafic automobile et de l'utilisation du fioul. La généralisation des filtres à particules sur les voitures à moteur diesel est recommandée mais des améliorations techniques sont encore souhaitables. Leur effet devrait apparaître dans les années à venir.

Il y a quelques décennies les mesures de prévention médicale, l'asepsie et une meilleure hygiène ont réduit le risque infectieux. Des actions similaires sont requises pour diminuer la pollution : la diminution de l'exposition aux particules fines contribue à des améliorations significatives de l'espérance de vie : la réduction de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  de particules fines est associée à une diminution sensible des effets sanitaires et un allongement d'au moins 10% de l'espérance de vie. (14). Une étude réalisée à Dublin estime que plus de 240 décès par an d'origine cardiaque ont été évités depuis qu'une décision politique réduisant le trafic automobile en ville a eu pour effet la réduction des principaux polluants.

Des progrès restent à faire mais des progrès dans la connaissance des mécanismes toxicologiques impliqués dans ces effets nuisibles mérite un effort de recherche accru.

### **Bibliographie**

- 1- Brook RD. «Cardiovascular Effects of Air Pollution», *Clinical Science* 2008, 115, 175 – 187.
- 2- Simkhovitch BZ, Kleinmann M, Kloner RA. «Air Pollution and Cardiovascular Injury», *J Am Coll Cardiol* 2008, 52, 719-25.
- 3- Sun Q., Hong X, Wold L. «Cardiovascular Effects of Ambient Particulate Air Pollution», *Circulation* 2010, 121, 2755-66.
- 4- Maitre A., V. Bonnetterre, L. Huillard et al. «Impact of Urban Atmospheric Pollution on Coronary Disease», *Eur Heart J* 2006, 27, 2275-84.

- 5- Kunzli N., R. Kaiser, S. Medina. «Public Health Impact of Traffic Related Pollution: a European Study», *Lancet* 2000, 356, 795-801.
- 6- Ruidavets JB., M. Cournot, Cassadou et al. «Ozone Air Pollution is Associated with Acute Myocardial Infarction», *Circulation* 2005, 111, 563-8.
- 7- Nemmar A, G. Vanbilloen, MF. Hoylaerts et al. «Passage of Intratracheally Ultrafine Particles from the Lung to Systemic Circulation in Hamsters», *Am J Critc Care Med* 2001, 164, 1665-7.
- 8- Katsouyani K, -“& Touloumi, Samoli E et al. «Short Term Effects of Ambient Particles on Total Mortality Results of APHEA 2 project», *Epidemiology* 2001, 12, 521
- 9- Hoek G., Goldbohm S, Fisher P. «Association between Mortality and Traffic Air Pollution in the Netherlands: a Cohort Study», *Lancet* 2002, 360, 1203-7
- 10- Peters A. «Particulate Matter and Heart Disease», *Toxicol Appl Pharmacol* 2005, 207, 477-82).
- 11- Peters A. «Exposure to Traffic and the Onset of Myocardial Infarction», *N Engl J Med* 2004, 351, 1721- 6.
- 12- Pope CA, Burnett RT, Thun MJ et al. «Cardiovascular Mortality and Long Term Exposure to Particulate Air Pollution», *Circulation* 2004 109, 71-7.
- 13- Von Klot S, Peter A Alto P et al. «Ambient Air Pollution is Associated with Increased Risk of Hospital Readmissions of Myocardial Infarction in European Cities», *Circulation* 2005 112, 3073-9.
- 14- Pope CA; Ezzati M Dockery DW. «Fine Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States», *New Engl J Med* 2009, 360, 376-86.

**Tableau I**

	Pollution de l'air ambiant Inhalation de particules fines	
Translocation systémique	Inflammation pulmonaire Radicaux libres pro inflammatoires Cytokines	Effets sur SNA
Activation plaquettaire hypercoagulabilité	Inflammation systémique Dysfonction endothéliale	
Evènements thrombotiques	Inflammation myocardique Ischémie /infarctus	Arythmies

---

**Tableau II**

POUMON	COEUR/ VAISSEAUX
Médiateurs inflammatoires	Tachycardie
	Réduction de la variabilité sinusale Vasoconstriction / hypertension Hypercoagulabilité
Exacerbations aiguës des BPCO Asthme - Hypoxie	Thromboses vasculaires Fragilisation des plaques Ischémie Arythmies Dysfonction ventriculaire

**Discussion**

Dans la discussion sont intervenus MM. Alain BOUDET, Henri COUSSE, Jean-Claude FERRAN, Guy FRANCO, Jacques FONTAN, Yves Le PESTIPON, Pierre LILE, Olivier MOCH.



## ÉLOGE DE L'ÉLOGE DE JEAN DE PINS

Par M. Yves Le PESTIPON

Pour les éloges, toute académie est un lieu d'élection. On les y prononce. On les y écoute. On leur accorde l'attention, le temps, l'espace et la qualité de langue nécessaires à leur magnificence. Sous la Coupole, à Paris, les récipiendaires font l'éloge du défunt dont ils vont occuper le siège. À Toulouse, lorsque meurt un membre de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres, un de ses confrères le loue. Fontenelle, durant sa longue vie, a prononcé plus de soixante-dix éloges. D'Alembert a illustré le genre. Les revues des toutes les académies publient des éloges.

Le genre est ancien. Les cités, les églises, les armées, les universités, toutes sortes d'institutions suscitent, ont suscité, susciteront des éloges de leurs membres, de personnalités qu'elles décident d'honorer, de valeurs, de villes, ou de pays... Des individus ont fait des éloges paradoxaux, comme Erasme louant la Folie, ou Sganarelle louant le tabac, ou Francis Ponge composant une « ode inachevée à la boue »... Les Grecs, les Latins, les Provençaux, les Anglais, les Italiens, les Allemands, les Arabes, les Chinois, les Africains, les Suisses, on fait, font, et feront des éloges. Qu'on les nomme apologie, louange, panégyrique, dithyrambe, hymne, voire ode, ils relèvent du genre que les savants appellent encomiastique, et que l'Inspection générale des lettres, sans que nul ne la blâme, a constitué, pendant quelques années, en objet d'étude pour les classes des lycées.

Le mot « éloge » vient du grec εὐλογία qui associe au mot disant le discours un préfixe qui dit à la fois le bien et le bon. Un éloge est étymologiquement un discours bienveillant et un discours plaisant parce que bien dit. On ne dit pas de mal dans les éloges. On ne méprise pas. On ne calomnie pas. On ne se livre pas à une analyse critique. On ne s'abandonne pas non plus aux lâchetés de l'expression. On fait effort au bien dire comme à la grandeur.

L'éloge n'a pas bonne presse. Beaucoup lui reprochent, non sans raisons, de ne pas être inventif dans la langue, comme doit l'être la poésie, et de se satisfaire des recettes de la rhétorique. Qui ne s'est ennuyé en entendant des tours, des images, des citations, des accents pompeusement ressassés ? Surtout, ce genre paraît flatteur. Tout louangeur est suspect d'être un Renard visant quelque fromage, ou un peureux parlant afin de maintenir une institution et

des valeurs, qu'il sait faibles, mais dont il croit dépendre. L'éloge nuirait au franc déploiement de la pensée. Il serait, parmi d'autres masques, un élément de la comédie humaine, qu'il conviendrait de satiriser, sans illusion, et d'éviter par morale et bon goût. Cette part emphatique de la littérature serait un des lieux et des moments de la soumission aux intrigues humaines.

À l'éloge souvent conservateur, notre époque préfère la critique. Elle lit et écoute plus volontiers les satires et les analyses que les compliments ou les apologies. Elle blâme l'encens des déclamateurs, mais vante le scalpel des moralistes. Dans l'ère du soupçon, où nous vivons, le louangeur fait un assez mauvais personnage.

Bien dire une belle suite d'actes, qui constituent une vie, ou un de ses moments, n'est pourtant pas une entreprise méprisable. Depuis longtemps, des hommes, en des sociétés diverses, dans de multiples occasions, heureuses ou malheureuses, s'y emploient. S'ils louent souvent par convention, ou par intérêt, et généralement platement, la vertu de l'éloge demeure sensible : cet exercice d'admiration est un acte cultivé de formulation de nos grandeurs par la langue, qui est elle-même un signe, une mémoire et un moyen de l'aventure humaine.

L'éloge invite au grand. S'il n'ignore pas les bassesses et «le petit tas de secrets» qui caractérisent tout individu, il magnifie par la parole des exemples d'efforts pour vivre ce qui nous semble des valeurs. De ce point de vue, parce que nul ne prononce un éloge tout seul et pour soi, il relève d'un art politique : il fonde sa possibilité sur l'accord éthique de ses auditeurs. Il vit ainsi d'une cohérence qu'il travaille à instituer. Il est une cause et un effet de la communauté.

On pourrait juger qu'il aveugle en ne considérant que la grandeur. Ce choix, cependant, n'est pas toujours moins lucide que l'abandon à la satire. L'admiration peut être un exercice vertigineux dans la conscience du néant. Elle exige une vertu qui se cultive parmi les rumeurs de la mélancolie. Loin d'être toujours naïve ou intéressée, elle peut valoir comme générosité dans le désastre. L'éloge est alors une liberté choisie contre la tyrannie des amertumes. Sa beauté accomplit une forme concertée d'humanité.

-----

Voici quelques années, place du Capitole, j'ai acheté un éloge à l'étal de monsieur Benoît, sympathique bouquiniste, disparu à l'automne 2012.

Le livre avait pour titre *Mémoires pour servir à l'éloge historique de Jean de Pins, évêque de Rieux, célèbre par ses ambassades, avec un recueil de plusieurs de ses lettres au roi François 1<sup>er</sup>, à Madame Louise de Savoie, Mère de sa Majesté, et aux principaux Ministres d'Etat*. Il était daté d'Avignon, chez Chabrier, Imprimeur-Libraire à la Place du Coq, 1748.

Le volume comportait 200 pages, proposait, avant la page de titre, une gravure de F. Baour, représentant Joannes Pinus, episcopus rivensis. À sa droite figurait l'inscription qui était autrefois placée « sous le buste de Jean de Pins dans la Galerie des Illustres Toulousains ».

Je ne savais rien de cet évêque sinon qu'une médiocre rue de Toulouse, où vivait un de mes amis, portait son nom. Je me souvenais qu'un « hôtel de Pins », rue du Languedoc, avait éclaté suite aux travaux du dix-neuvième siècle, et que plusieurs de ses morceaux avaient abouti rue Croix-Baragnon, dans l'hôtel Thomas. Je me promis d'aller examiner ces débris, mais pour l'heure, j'entrai au Capitole, en quête du buste, que je trouvai en haut du grand escalier, à l'écart des passages et peu mis en valeur. Je notai que Jean de Pins seul, parmi les Illustres, avait le nez cassé. Ce fait accrut mon désir de lire les *Mémoires*...

L'ouvrage, sans nom d'auteur, comporte un *Avis au public*, imprimé en italique, de sept pages. Cet *Avis* commence ainsi : « On ne sera pas surpris de voir paraître l'éloge de Jean de Pins, Évêque de Rieux, quand on saura ce qui y a donné occasion. Une célèbre Académie de Toulouse, forma il y a quelques années, le projet de faire les Éloges de tous les Hommes Illustres, dont les Bustes sont placés dans une des Galeries de l'Hôtel de Ville. Cette Compagnie ayant délibéré sur les moyens de parvenir à son but, se partagea le soin d'écrire la vie de ces Hommes Illustres, et de les faire revivre dans ses Éloges ». L'*Avis* raconte que l'on demanda à M. le Marquis de Pins de fournir toute la documentation nécessaire, ce qu'il fit, mais que l'Académie ayant perdu de vue son projet, une personne « rassembla à la hâte et sans art tous ces matériaux. Il (sic) aima mieux les présenter en cet état aux yeux des lecteurs que de les priver plus longtemps du fruit de tant de recherches, si précieuses pour la Ville de Toulouse et pour le Royaume ». L'auteur de l'*Avis* espère que le lecteur ne dédaignera pas cette légère ébauche, et qu'elle lui donnera une idée de ce que sera l'œuvre « lorsqu'une plume académique aura tracé le portrait achevé » de Jean de Pins. Il finit en soulignant que l'Éloge historique de Jean de Pins ne peut être indifférent à de « véritables savants, qui le regardent comme leur premier guide dans les routes de la belle littérature ».

Presque au milieu du siècle des Lumières, l'Académie de Toulouse eut donc le projet d'écrire un ensemble d'éloges sur des hommes que Lafaille — au XVII<sup>e</sup> siècle — avait réunis en figures dans sa galerie des Illustres. Une personne assembla des matériaux pour un texte sur Jean de Pins. Elle les publia, mais aucune « plume académique » ne rédigea. La Révolution, puis les guerres de l'Empire ne furent guère propices à l'achèvement du projet. L'Académie l'oublia, mais un exemplaire des *Mémoires pour servir à l'éloge historique* fut conservé dans un collège toulousain, selon ce qu'on peut lire sur sa couverture. Il parvint enfin à monsieur Benoît, qui me le vendit, à moi qui suis membre de cette « illustre académie », donc interpellé par cet appel à œuvre.

Sur la page de titre, apparaît une inscription au crayon : «Et. Léonard Charron». Je pensais immédiatement à Charon, le nautonnier des morts, à Pierre Charron, le moraliste ami de Montaigne, et surtout au charron travaillant à tout ce qui tourne... Je rêvais, puis je trouvais par internet qu'Etienne-Léonard Charron (1696-1765) était l'auteur de ces *Mémoires*, dont un exemplaire, mis en ligne, est conservé à la Bibliothèque universitaire de l'Arsenal. Il serait né à Montauban, serait mort à Toulouse, aurait été professeur jésuite, aurait attaqué en Parlement, en 1763, l'arrêt qui interdisait aux jésuites de porter l'habit de leur ordre, aurait peut-être publié, en 1741, quelques pièces de poésie en l'honneur de Monseigneur le Duc de Richelieu. Homme actif, cultivé, discret, Charron ne s'abandonnait pas à l'étalage de son nom sur la couverture d'un livre. Cette retenue me plaît, tout comme le probable déplacement de l'impression de Toulouse vers Avignon, terre d'Eglise, étrangère aux mêlées locales. Nul ne connaît à Avignon l'imprimeur-libraire «Chabrier», à la place du Coq. Charron l'a sans doute inventé. En lisant son livre, j'ai peut-être senti ses raisons.

À la fin de son *Avis*, ce jésuite des Lumières souligne que le public ne peut qu'agréer «ce simple précis de la vie d'un homme né dans le dernier siècle d'ignorance, destiné par la Providence à dissiper les ténèbres encore répandues dans sa patrie, à jeter les fondements de l'empire des lettres, qui a été depuis ce temps si florissant en France». Jean de Pins s'inscrirait dans un plan divin, visant à accroître la présence du savoir vérifiable en France. Si Charron presse l'Académie de le louer en termes dignes, c'est qu'il croit aux vertus du style, à l'apport que les savants font à la France, mais surtout à la valeur exemplaire de cet homme d'Église, qui fut, au début de la Renaissance, un évêque remarquable et un lettré efficace en politique internationale.

Contre les obscurantistes et les athées, Jean de Pins incarnait une pensée, dont le jésuite Charron espérait que l'Académie de Toulouse l'illustrerait. Comme il craignait sans doute d'impliquer un libraire toulousain dans un éloge politique, et comme Avignon était un haut lieu de publications contrefaites, et donc souvent libres, il publia en apparence son œuvre dans cette ville. Il pouvait ainsi espérer contribuer à guider, en toute discrétion, «sur les routes de la belle littérature».

«Jean de Pins, Évêque de Rieux, Abbé commendataire de l'Abbaye de Moissac, Conseiller-Clerc au Parlement de Toulouse, Sénateur de Milan, Ambassadeur à Venise, et enfin à Rome, était issu d'une Maison du Languedoc des plus distinguées par l'ancienneté, l'éclat, et les alliances»...

«Il est différentes routes pour parvenir à l'immortalité. Jean de Pins, rempli d'une noble ambition, animé par l'exemple de ses frères, qui suivaient les glorieuses races de leurs Ancêtres, voulut se signaler, à son tour ; mais par une autre voie. Elle est d'autant plus honorable pour lui, qu'elle aurait paru

impraticable à tout autre, dans le siècle qui le vit naître, comme un Astre bienfaisant, qui devait éclairer les Peuples, les Rois, et l'Église».

Voilà les premières lignes et un des premiers paragraphes des *Mémoires pour servir...* La phrase de Charron s'annonce ample, avec des accumulations, des rythmes ternaires, des maximes, des comparaisons nobles, un refus manifeste de tout relâchement dans la langue. Charron se montrait l'égal de la « plume académique » dont il désirait qu'elle rédigeât l'éloge. Voulait-il prouver qu'il était digne d'être académicien ? Il écrivait, en tout cas, à hauteur d'éloges, et ses *Mémoires pour servir* se présentaient comme un splendide discours historique. Le chantier de l'œuvre était déjà une œuvre. Charron a voulu pratiquer les vertus qu'il attribue à l'Académie de Toulouse et qu'illustra en son temps Jean de Pins.

Cet homme, né en 1470, était le troisième fils de Gaillard de Pins et de Clairmande de Saman, qui disparurent alors qu'il était enfant. Son frère Barthélémy le fit élever avec soin. Il lui fit entreprendre de fortes études à Toulouse, puis à Poitiers, puis à Paris. « Il n'épargna rien de tout ce qui pouvait perfectionner ses rares talents et les qualités éminentes, qui semblaient annoncer la haute destinée de ce jeune Seigneur. Si le Chef de la Maison de Pins n'avait eu la générosité et tous les sentiments héréditaires dans sa famille, de quel trésor n'aurait-il pas privé la France et la Religion » ?

L'auteur des *Mémoires*, lui-même professeur, croit à l'éducation. Il poursuit la tradition d'un Erasme ou d'un Rabelais, qui critiquaient les insuffisances d'une formation strictement militaire ou religieuse et louaient les vertus d'un enseignement humaniste, combinant la diversité des maîtres, des livres, et des lieux. Il souligne ainsi que Jean de Pins se forma à Bologne, auprès de Philippe Béroalde l'Ancien qui enseignait dans cette ville « avec beaucoup d'applaudissement ». Avec ce maître renommé pour ses éditions et ses commentaires d'auteurs anciens, il se forma excellemment au latin, et il reçut avec plusieurs de ses confrères un vaste savoir juridique, si bien qu'il « mérite bien qu'on lui applique ce qu'il dit lui-même dans l'Éloge de Béroalde, son Maître, qui était lui seul une bibliothèque vivante ».

Devenu membre de l'Église, Jean de Pins regagna la France en 1497, où il régla généreusement avec son frère les questions relatives à la succession de leurs parents, puis il revint à Bologne, où le rappela « le goût décidé et dominant des arts et des sciences ». Pendant cinq années, il y travailla à s'instruire et à écrire. Il publia ainsi, en 1502, une préface sur les productions de Codrus, humaniste, poète, qui s'appelait en réalité Antonio Urceo, et qui enseignait le grec. Il publia surtout, en 1505, la *Vie de Philippe Béroalde l'ancien*, son maître, qu'il dédia à son ami Jean-Etienne de Poncher, évêque de Paris, puis en 1507, *La Vie de Sainte Catherine de Sienne*, qu'il dédia à Louis d'Amboise, évêque d'Albi. Il aime écrire les *Vies* de grands intellectuels, lettrés, chrétiens. S'il prolongeait ainsi

une tradition antique, qu'illustra Plutarque, il montrait surtout comment une pensée peut s'incarner dans une existence. Il louait des individus qui ont su penser en action et agir en penseurs.

Etienne Charron veut imiter l'homme qu'il loue : en plein siècle des Lumières, sa *Vie* de Jean de Pins suggère un accord possible entre la figure agissante de l'humaniste chrétien, emblématique de la Renaissance, et la figure agissante du philosophe, qu'il ne peut approuver, mais qu'il ne dénonce pas. Il fait de l'histoire un moyen pour réfléchir à l'avenir, en se proposant comme un guide dans la tradition d'un guide qui a lui-même loué d'admirables guides, qui peuvent être des hommes tels que Codrus et Béroalde, ou des femmes telles que Catherine de Sienne. Il montre que Jean de Pins, comme eux, et peut-être comme lui, appartenait à la communauté des savants de son temps. Son éloge est donc un éloge de la communauté des esprits cultivés. L'heureuse intelligence n'est pas solitaire.

Le mérite de Jean de Pins ne tarde pas à être reconnu. Après son retour à Toulouse, en 1508, Louis XII le nomme « conseiller-clerc » au Parlement du Languedoc, « qui était alors comme il le fut depuis l'École des plus grands Magistrats et des premiers hommes d'État. Ce fut la récompense de son seul mérite. Les charges n'étaient pas encore vénales »... « Les grands talents n'ont pas besoin de beaucoup de temps pour se déployer dans toute leur étendue. Il ne fallut que quatre années à Jean de Pins pour acquérir la réputation de grand magistrat aux yeux de la Compagnie la plus éclairée et pour faire concevoir de lui les plus hautes espérances à François 1<sup>er</sup>. Antoine Duprat, son chancelier, qui avait empli les fonctions d'Avocat-général dans la même Cour souveraine, et qui avait vu de près tous les riches trésors que renfermait un si grand sujet, proposa à ce Prince de l'approcher de sa personne ».

Charron prend soin de déployer les raisons de l'ascension de Jean de Pins vers les hautes charges de l'Etat. Elles tiennent, selon lui, à son mérite, à la valeur des princes de son temps, à leur connaissance des qualités de leurs sujets, à l'existence d'administrateurs efficaces et loyaux comme Antoine Duprat. Se devinent alors une nostalgie et l'esquisse d'un programme politique. Charron rêve de transparence dans les carrières, de reconnaissance précise des talents, d'un élitisme quasi républicain, qui vient contraster avec les sombres manœuvres de Cour telles que Voltaire les représente, par exemple, dans *L'Ingénu*. L'ascension de Jean de Pins est, pour lui, un modèle à méditer. Sans doute attend-il lui-même une reconnaissance de l'institution académique, mais il ne le montre pas. Il propose discrètement un exemple historique de ce qui devrait pouvoir advenir encore, selon lui, sur « les routes de la belle Littérature ».

Antoine Duprat, qui fut avocat du roi au Parlement de Toulouse, fut chargé par Louise de Savoie d'éduquer le futur François 1<sup>er</sup>.

Quelques années plus tard, dès le couronnement, il fut appelé aux plus hautes fonctions. En 1515 — l'année de Marignan, — il partit en tant que principal ministre et chancelier de France. Jean de Pins l'accompagna, et fut nommé sénateur de Milan. François 1<sup>er</sup> lui confia, en collaboration avec Guillaume de Bonnavet, les négociations en vue du Concordat de Bologne, qui a réglé jusqu'en 1790 les relations entre la papauté et la monarchie française. «Jean de Pins justifia pleinement aux yeux du Roi l'idée avantageuse qu'avait donnée de lui à sa Majesté le premier Ministre. On vit bien que l'ancienne amitié qui unissait Antoine Duprat avec Jean de Pins, ne pouvait rendre suspect le témoignage du premier en faveur du second. Heureux les Ministres qui ne choisissent que des amis propres à faire honneur à leur amitié, et à soutenir partout avec distinction la gloire de leur Maître commun ! Plein de l'idée du Sénateur de Milan, et témoin de ses premiers succès dans l'art des Négociations, François 1<sup>er</sup> le déroba bientôt aux Milanais, pour l'envoyer à Venise en qualité de son Ambassadeur, dans les circonstances les plus difficiles et les plus honorables. Jean de Pins va paraître seul sur le même Théâtre où le Roi avait produit avant son départ pour la France, les premiers princes de son sang, pour calmer les alarmes des Vénitiens».

Le jésuite toulousain, classiquement, représente la politique internationale comme un théâtre où son personnage joue un grand rôle parmi des intérêts opposés. «Avec quelle admiration voyait-on le fameux Jean de Pins, qui d'une main remue tous les efforts de la politique la plus profonde, pour parer les coups de tant de puissances conjurées contre La France, et de l'autre traçait des amusements salutaires pour les enfants d'Antoine Duprat, son ancien ami». Ce personnage rédige en effet un « espèce de roman *Allobrogicae narrationis libellus*, partagé en deux livres» dont «les situations sont si intéressantes, le dénouement si heureux qu'il ferait honneur aux plus grands maîtres de l'Art dans le Siècle le plus éclairé». Dans le grand théâtre du monde, en Italie, en 1516, au milieu des troubles et des guerres, Jean de Pins écrit un roman d'éducation pour les enfants de son ami. En 1517, il publie une *Vie de Saint Roch*, cet homme originaire du sud de la France, comme lui, et dont le corps est vénéré à Venise. Charron loue l'habileté politique de ce livre d'ambassadeur. Il rappelle que «rien n'est plus propre à resserrer les nœuds entre les peuples alliés qu'un motif de piété et de religion». L'écriture est pour son personnage, comme pour lui, un moyen de faire heureusement de la politique et de penser sa vie.

Quand Jean de Pins publie en 1517 un *De vita aulica libellus*, il mêle encore son expérience à sa volonté d'instruire. Selon Charron, qui n'a pas su trouver cet ouvrage, il «a mérité les Éloges des plus célèbres Auteurs». C'est un Traité de la Vie de la Cour. Personne ne pouvait mieux réussir sur une matière si délicate, que ce grand homme, qui par sa Naissance et par ses Emplois, avait été engagé à respirer l'air des premières Cours de l'Europe. Il y était entré avec un grand fond de génie, excellemment cultivé par les beaux-arts, et naturellement susceptible des

réflexions les plus intéressantes. Qui pouvait donc mieux tracer un fidèle portrait de la Cour, en découvrir les pièges cachés, et en faire connaître plus exactement tous les ressorts, que les différentes passions mettent en œuvre sur ce théâtre, où la fortune se joue si souvent des vœux et des projets des hommes ? C'est là ce qui fait déplorer le malheur qu'on a eu de ne pouvoir encore déterrer un monument si précieux de la gloire de Jean de Pins, qui fait l'objet des recherches de tous les curieux, quoique ce Livre ait été imprimé à Toulouse, Patrie de l'Auteur, on n'en trouve plus d'exemplaire ». Pierre Bayard, en 2007, a publié un livre intitulé *Comment parler des livres que l'on n'a pas lus ?* Charron, dès le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, parle supérieurement d'un livre qu'il n'a pas lu

Après ces considérations, il produit une lettre à Louise de Savoie, mère du Roi : Jean de Pins y dit ses premières impressions quand il arrive à Rome en qualité d'ambassadeur. Charron cite ensuite plusieurs lettres à François 1<sup>er</sup> car il veut créer le sentiment que son héros sait tout, voit tout : « De la Capitale du Monde, comme d'un centre où il était l'âme de tout, il répandait ses lumières sur les contrées les plus éloignées, comme sur les plus proches ». En brisant un moment son discours par des lettres, le jésuite toulousain donne à son éloge vivacité et force de vérité immédiate. Il met en contact son lecteur avec la parole énergique et savante de Jean de Pins.

Cette parole ne détourna pas François 1<sup>er</sup> des chemins de la guerre, qui le conduisirent, en février 1525, à la défaite de Pavie : « Que peut toute la prudence humaine contre les Décrets de la Providence, qui voulait humilier devant Pavie le Héros de Marignan, et apprendre à tous les Princes dans sa personne, que la victoire ne couronne pas toujours les plus grands prodiges de valeur » ? Charron attribue la défaite à l'amiral de Bonnivet, qui aurait gagné en influence, dès le retour de Jean de Pins vers la France en 1524. Cet homme, qui eut « le bonheur d'être le témoin de la première victoire de François 1<sup>er</sup> n'eut pas le chagrin de l'être de sa défaite ».

En quittant Rome, il emporta la bibliothèque immense qu'il avait réunie au cours de ses ambassades. Ces « savantes dépouilles de l'Italie », il les déposa à Fontainebleau, où il contribua à former « une Bibliothèque digne de cette Maison Royale et du Monarque qui l'habitait », tandis que l'Amiral de Bonnivet excitait le roi à la guerre. Charron propose la double image du bon et du mauvais conseiller. Il suggère un heureux programme d'accord politique entre la pensée cultivée et la volonté d'agir, qui devrait convenir aux membres de l'Académie de Toulouse.

François 1<sup>er</sup> avait nommé Jean de Pins évêque de Rieux. « Rendu aux désirs empressés de ses ouailles et à lui-même », dès la fin de 1523, le nouveau prélat « commença à signaler son zèle ». Il ne s'attacha plus qu'aux « pénibles fonctions de l'épiscopat ». Nulle amertume. Nulle ambition manifeste en politique extérieure ou intérieure. « L'Évêque de Rieux, livré tout

entier aux besoins de son Église, paraît aussi grand aux yeux de la Religion, qu'il l'avait paru aux yeux de l'Europe, quand il était chargé à Venise et à Rome au maniement des plus importantes négociations. Le vrai Savant, le Héros chrétien ne trouve rien au dessous de lui. Tout lui paraît précieux, dès qu'il est dicté par la loi du devoir». En parfait moraliste, Charron tire de la vie de son personnage des matériaux pour d'amples méditations. Il passe heureusement les limites que lui assignait le titre de son ouvrage, *Mémoire pour servir à l'éloge historique de Jean de Pins*. Il ne se satisfait pas du travail de l'historien qui rassemble des matériaux et les ordonne pour rendre lisible un parcours. Il veille en prédicateur, en philosophe, en écrivain, à illustrer une pensée. Tout lui paraît précieux pour ouvrir au grand l'esprit de ses lecteurs.

Charron ne détaille pas la chronologie de l'épiscopat de Jean de Pins à Rieux. Il évoque son zèle et souligne combien il répondait aux vœux des «plus savants Personnages». Pas un mot des suspicions que lui valut une lettre d'Erasmus lui demandant un exemplaire de Flavius Josèphe. Pas un mot non plus de son amitié pour Etienne Dolet, qui étudia à l'Université de Toulouse, et qui le comparait, dans une lettre, à Bembo. Cette amitié permit à Dolet de n'être qu'expulsé de Toulouse, en 1523, quand son agitation aurait pu lui valoir plus grave peine. Charron évite de parler de ce personnage, sans doute suspect d'hérésie à ses yeux. Il en reste à des généralités qui ne peuvent pas choquer ses lecteurs. Il insiste sur la grandeur et l'émotion des obsèques de Jean de Pins en 1537 : «Un torrent de larmes fut son plus bel éloge. En est-il de plus digne d'un bon Pasteur» ?

Il propose alors plusieurs éloges funèbres de Jean des Pins. Il leur adjoint un «Catalogue de ses livres et autres ouvrages» et un chant en latin, que Jean de Pins dédie à son livre sur Catherine de Sienne : *Ad libellum suum, in quo Divae Catherinae senensis Vitam narrat, Joannis Pini Tolosani carmen*. Il propose enfin des lettres qui donnent idée de l'activité de Jean de Pins comme ambassadeur.

Le lecteur dispose de *Mémoires* pour servir à un éloge historique. Il apprend d'abord l'essentiel de la Vie du grand homme. Il possède ensuite, grâce au dossier final, un ensemble de documents quant à ses opinions et à son style. Il ne lui reste plus qu'à écrire.

Cette œuvre qui ouvre à une autre me paraît un moderne «work in progress». C'est un appel au texte par un texte, une invite à la collaboration des esprits à travers les siècles. Il me semble que Charron, un peu comme Charon, fait traverser à Jean de Pins le fleuve de l'oubli. Il permet aussi à la parole de tourner, en passant de l'humaniste de la Renaissance aux académiciens des Lumières, puis à moi, qui ai reçu son livre, place du Capitole, grâce à Monsieur Benoît, aujourd'hui disparu.

Ce passage me donne un désir de mémoire et d'admiration. Il m'a

appelé à dire devant l'Académie, dans le salon rouge de l'hôtel d'Assézat, le 8 novembre 2012, mon histoire avec cette histoire, qui est tissée de l'Histoire.

En ces *Mémoires* publiés à l'automne 2013, je ne fais pas l'éloge que Charron appelait de ses vœux, car je ne suis pas la « plume académique » qu'il souhaitait : loin d'être un homme des Lumières vivant chrétiennement au temps de Voltaire, de Diderot, ou de Montesquieu, je vis avec des académiciens qui téléphonent, twittent, méditent sur les nanoparticules, débattent de géocroiseurs, connaissent l'art africain ou Auschwitz. Ils n'espèrent plus dans les Rois. Ils ne pensent plus que l'humanisme chrétien de la Renaissance, même revu et enrichi par la langue des Lumières, guidera seul la France. Ils demeurent cependant à l'écoute des traditions, les cultivent, et vivent en Toulousains dans la mémoire des hommes qui ont illustré leur ville. Ils croient à la valeur des inscriptions dont ils ont la garde. Ils aiment maintenir par des textes la force de l'esprit humain, dont Jean de Pins, à travers l'Histoire, et malgré les hasards qui ont fait éclater son hôtel de la rue du Languedoc, brisé son nez au Capitole, ou métamorphosé l'Europe, demeure un exemple trop méconnu.

C'est pourquoi, à la fin de mon discours, je me suis engagé à créer sa page Wikipédia. On peut désormais la consulter en ligne, sur toute la Terre, et pour une durée dont je n'ai aucune idée. Si elle n'est pas l'éloge dont rêvait Charron au XVIII<sup>e</sup> siècle, elle est un acte de l'Académie de Toulouse qui fait écho à son ouvrage. Je lui souhaite, en français, comme Jean de Pins l'avait souhaité en latin à son petit livre sur Catherine de Sienne, de s'aventurer longtemps par le monde.

### **Discussion**

Dans la discussion sont intervenus : MM. Henri COUSSE, Michel-Joseph DURAND, Pierre LILE, Mme Andrée MANSAU, MM. Henri REME, Georges SOUBEILLE.

## ÉLOGE DE M. YVES LAPORTE

Par M. Jacques ARLET

Le Professeur Yves Laporte est né à Toulouse le 21 décembre 1920. Il est mort à Paris le 15 mai 2012 à 91 ans.

### **Sa carrière.**

Sa carrière professionnelle est celle d'un chercheur et d'un professeur éminents.

Au lendemain de la guerre, il décida de partir aux États-Unis avec une bourse de recherche, il y resta deux ans de 1945 à 1947, d'abord dans le laboratoire du Professeur G. Bishop à Saint Louis où il commença à travailler dans la domaine de la neurophysiologie. Il poursuivra ses recherches aux États-Unis à l'Institut Rockefeller, de 1949 à 1951 comme Assistant.

Entre temps, il est rentré à Toulouse, pendant deux ans pour passer sa thèse de Docteur en médecine sur *l'Étude conjuguée de l'examen du fond d'oeil et de l'électroencéphalogramme dans les néoformations intracrâniennes*. Il était alors chargé de recherche de l'Institut National d'hygiène dirigé par le professeur Louis Bugnard.

En 1952, il est nommé Agrégé de physiologie et bientôt professeur de physiologie de la Faculté de Médecine de Toulouse, succédant au Professeur Camille Soula.

En 1954, il enseigne, pendant six mois, la neurophysiologie à la faculté de médecine de Lund, en Suède.

En 1967, il est élu au Comité national du CNRS dans la section Physiologie.

Il enseignait brillamment et poursuivait des recherches de très haut niveau dans le laboratoire d'électrophysiologie qu'il avait créé à Toulouse. Ces travaux ont attiré l'attention de l'Administrateur du Collège de France, le Professeur Étienne Wolf et de l'Assemblée des professeurs du Collège de France le désignèrent, en 1972, comme titulaire de la chaire de Neurophysiologie, succédant au Professeur Alfred Fessard qui l'avait créée. Il poursuivit cet enseignement jusqu'en 1991.

Il fut, lui-même, Administrateur du Collège de France (1980-91).

Il ne lui manquait que d'être membre de l'Institut, il le devint en 1985, étant élu membre de l'Académie des Sciences de Paris.

#### **Distinctions honorifiques.**

Je ne citerai que les plus importantes :

1945 : Médaille de la Résistance et Croix de guerre

1999 : Commandeur de la Légion d'honneur

2006 : Grand-Croix de l'Ordre national du Mérite

Membre d'honneur de la Physiological Society de Londres et Docteur honoris causa de l'Université de Göteborg

#### **Ses travaux de recherche**

Dans sa leçon inaugurale au Collège de France, Yves Laporte rappelait d'abord que le si le but ultime de la neurophysiologie est de comprendre les mécanismes responsables des fonctions les plus évoluées du système nerveux, jusqu'à maintenant l'homme n'a réussi à comprendre comment fonctionne cet ensemble de milliards de cellules interconnectées de façon prodigieusement complexe, que dans ses parties les moins compliquées.

Les principales recherches d'Yves Laporte ont porté sur l'organisation fonctionnelle de la moelle épinière, l'innervation et les propriétés des différents types d'unités motrices qui composent les muscles striés et l'innervation sensorio-motrice de capteurs sensoriels complexes situés dans ces muscles, les fuseaux neuromusculaires.

Ses travaux ont bénéficié d'une part des techniques de microdissection permettant de ponctionner une seule cellule, en l'occurrence un seul neurone, ou une seule fibre musculaire par une micropipette électrode de un millième de millimètre de diamètre.

L'autre progrès technique est histochimique, c'est l'immunofluorescence qui a permis de caractériser les neurotransmetteurs synaptiques, sérotonine, catécholamine, acétylcholine, en particulier.

Ces recherches ont été effectuées sur plusieurs espèces de vertébrés, notamment le Chat.

Il publiait la plupart des ses recherches dans le Journal of Physiology.

**L'Homme**

Son père, Frédéric Laporte, était professeur de Clinique Médicale à Toulouse. Il mourut en pleine activité. Son fils aîné Jacques devint, à son tour, professeur de Clinique Médicale.

Yves Laporte a épousé Béatrice Colomb qui lui a donné deux filles, nées en 1946 et 1952, Anne et Edmée

Il a participé activement à la Résistance toulousains et en particulier avec son ami Gaby Nahas. Gaby Nahas, interne de Toulouse, devint professeur de pharmacologie à Columbia University à New York et fut un expert internationalement reconnu dans la pathologie des drogues, en particulier de la marijuana. Dans la résistance à Toulouse, entre 1942 et 1945, Gaby Nahas allait récupérer, en Suisse, les officiers anglais et américains, qui y étaient parachutés, à leur faire traverser la France en chemin de fer et à leur faire passer les Pyrénées vers l'Espagne. Pendant cette période, Gaby Nahas, recherché par la Gestapo, se cachait chez son ami Yves Laporte.

Yves Laporte était très adroit et bricoleur. J'ai appris qu'il avait fait des stages en bijouterie aimant à se servir de ses doigts pour agencer les pièces les plus minuscules. Cela lui a servi dans ses recherches qui nécessitaient une dissection extrêmement délicate et minutieuse du tissu nerveux, par exemple pour isoler les fuseaux musculaires.

Yves Laporte était un sportif, un montagnard et un tennisman. J'ai vécu un mois avec lui aux Chantiers de jeunesse, à l'occasion d'un stage de sport, à Boulouris, où nous étions quatre étudiants en médecine toulousains dans la même chambrée. C'était un excellent camarade.

Je termine en soulignant ses qualités d'enseignant. Il était très apprécié par ses étudiants. Il savait expliquer et rendre clair les thèmes les plus difficiles de la physiologie et il était toujours disponible pour répondre à leur question.

Par ses qualités d'humaniste, de chercheur émérite, de pédagogue proche des étudiants, par son courage pendant la dernière guerre, le professeur Yves Laporte a honoré notre Université et notre Académie et il restera dans nos mémoires.



# DE L'ECOSYSTEME AU DEVELOPPEMENT DURABLE ESSAI D'ECOSYSTÉMATIQUE APPLICABLE À L'AMÉNAGEMENT

Par M. Paul REY Professeur honoraire à l'Université Paul Sabatier

## INTRODUCTION

Un peu plus d'un demi siècle sépare l'émergence des deux concepts qui ont transformé une aimable description des rapports entre la Vie et le Milieu, - **l'Ecologie**, *science de l'Habitat (HAECKEL 1866)* -, en un puissant phénomène de société :

-« **Ecosystème** » : Unité fondamentale d'étude de la biosphère, associant une communauté d'êtres vivants (*biocoenose*) au milieu physique qu'elle exploite (*biotope*) – (TANSLEY 1935) ;

-« **Développement durable** » : Répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs (ONU 1987, RIO 1992).

Entre ces deux dates, alors que se multipliaient les signes d'une exploitation inconsidérée des ressources de la planète, - y compris celles, dites *renouvelables*, dont on s'apercevait qu'elles pourraient ne plus l'être -, et que surgissait partout le spectre de la pollution et des dérèglements organiques, on vit poindre un nouveau mot, dont le succès se généralisera très vite : « l'**Environnement** » (*Ambiante, Umwelt, Environment,...*). Avatar moderne de l'antique « *écoumène* » hellénique, ce nouveau concept, oublié des dictionnaires français depuis près d'un siècle, mettait brusquement en lumière la nécessaire collusion entre un cadre *géographique*, son illustration *écologique* (climat et terrain), et les *êtres vivants, homme compris*, qui l'occupent, l'exploitent et le modifient. En dépit du flottement qui s'attacha d'abord à l'exploitation du terme, - comme en témoigne la définition qu'en donna le Conseil international de la langue française : « *Ensemble, à un moment donné, des aspects physiques, chimiques, biologiques, et des facteurs sociaux, susceptibles d'avoir un effet, direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines* » -, c'était la porte grande ouverte à la promotion des écosystèmes.

Tout étant ainsi dans tout, il n'en fallait pas moins pour que, dans toutes les couches de la société, la sensibilité à l'Ecologie se déploie avec une ardeur galopante, sans même que beaucoup de ses modernes adeptes aient une perception convenable du vocabulaire et des acquis qui en

assurent les fondements. Il n'est donc pas inutile, à défaut de la recherche d'un langage commun à toutes disciplines concourant à ce *mieux-disant écologique*, de préciser la part de connaissance et de méthodologie que naturalistes et biogéographes ont apportée au cours du XX<sup>e</sup> siècle, notamment sous forme cartographique, avant que télédétection et informatique ne permettent d'en exploiter les résultats avec une efficacité nouvelle.

C'est sous cet angle qu'il convient d'aborder l'examen des vingt planches qui font l'objet de cet ouvrage. Sous un commentaire volontairement succinct, qui n'a d'autre ambition que de rappeler la liste des compartiments de recherche qu'elles évoquent, sans pouvoir en approfondir le bien-fondé, elles illustrent :

- 1. la dynamique relative des principaux écosystèmes présents sur un territoire ;
- 2. les moyens conceptuels et techniques propres à en apprécier l'évolution ;
- 3. la « trace » des modèles que l'impact de l'homme impose à l'environnement ;
- 4. les perspectives d'intervention dans l'exploitation et la gestion de la ressource naturelle, sous le contrôle de la recherche durable d'un développement équilibré.

Chacune de ces planches voudrait faire état, sous une forme simple, de l'avancement des connaissances vis-à-vis des faits évoqués, dans un niveau de perception sensible à tout lecteur averti, conscient de la nécessaire appropriation collective des disciplines concernées. Le but recherché est de rendre familière au plus grand nombre la réalité des acquis et ambitions de chaque spécialité concourant à la cohésion de l'ensemble, pour une meilleure maîtrise d'un domaine qui relève désormais de la conscience universelle.

\*

\* \*

La bibliographie, qu'il faudrait consacrer à l'ensemble des matières écologiques traitées ici, atteindrait des dimensions incompatibles avec le format de cette publication. Elle sera donc symboliquement limitée à trois rapports :

Ecologie : les défis d'une science en temps de crise. *Rapp. officiel au Ministère de l'Industrie et de la Recherche, 116p. 1983 ;*

Biodiversité et Environnement. *Rapport n°33 de l'Académie des Sciences, 90 p. 1995 ;*

Vers une Géographie du Développement durable. *Rapport du Comité National Français de Géographie, 260 p. 2004 ;* ainsi qu'à l'évocation des principaux auteurs d'ouvrages ayant marqué l'évolution de la pensée écologique et biogéographique et de son ouverture vers des domaines concrets :

AZZI, BOURNERIAS, CARLES, CARSON, Di CASTRI, CLARKE, CLEMENTS, DAJOZ, DANSEREAU, DORST, DOXIAKIS, DUCHAUFOUR, DUVIGNEAUD, ELHEI, ELLENBERG, GAUSSEN, GUINOCHET, HEIM, JOVET, LEMEE, LIETH, LONG, ODUM OZENDA, OSBORN, PELT, RAMADE, ROUGERIE, SAFFACHE, SORRE, SUKATCHEV, TANSLEY, TÜXEN, VERNADSKY,... Sans oublier : TEILHARD, BERGSON et Théodore MONOD.

Plus concrètement, c'est d'une profonde convergence de vues et d'une forte cohérence de réflexion avec :

Henri GAUSSEN (+) à Toulouse, Pierre DANSEREAU (+) à Montréal, Paul DUVIGNEAUD (+) à Bruxelles, Paul CHABROL (+) à Toulouse, Louis PAPY (+) à Bordeaux, Pierre HAINARD à Lausanne, André LAFOND à Québec, et Paul OZENDA à Grenoble, qu'a pu naître cet essai de synthèse entre une pratique cohérente de l'écologie et l'aspiration de l'homme à maîtriser son destin.

\*

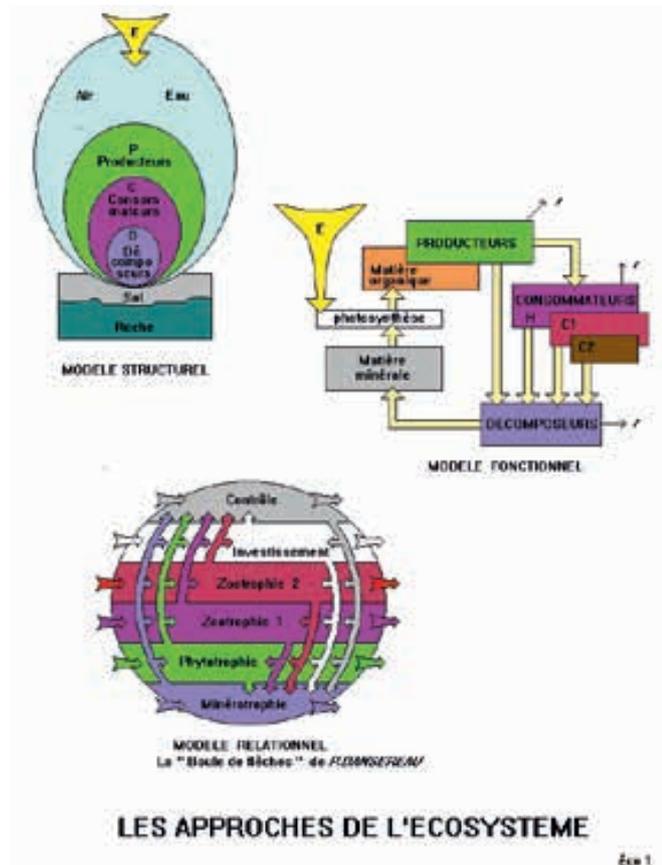
\* \*

### TABLE DES PLANCHES

- Eco 1 Les approches de l'Ecosystème :** Modèles structurel, fonctionnel, dynamique.
- Eco 2 Ecosystèmes naturels :** phytosystème et hydrosystème. (**le trait épais symbolise « l'organisateur » de l'écosystème**)
- Eco 3 Ecosystèmes agricoles :** Agrosystèmes traditionnel et industriel.
- Eco 4 Ecosystèmes urbains :** Cité et Mégapole.
- Eco 5 Dynamique relative des Ecosystèmes.** Relations et dépendances
- Eco 6 Modélisation spatiale des Ecosystèmes.** Hiérarchie des contrôles.
- Eco 7 Séries de Végétation.** Modélisation spatio temporelle.
- Eco 8 Zones de Végétation.** Modélisation spatiale.
- Eco 9 Etages de Végétation.** Exemples biogéographiques.
- Eco 10 Modélisation temporelle des Ecosystèmes.** Signatures de la phénologie. (*pour chaque thème, vue en coupe et en plan ( télédétection )*).
- Eco 11 Niveaux d'impact de gestion des Ecosystèmes.** Hypopoïétique, Isopoïétique, Hyperpoïétique.
- Eco 12 Modèles dynécologiques.** Dynamique de l'Impact sylvo - pastoral.
- Eco 13 Impacts de substitution spatiale.** Habitat, Industrie, Recréation.
- Eco 14 Impacts de substitution énergétique.** Electricité, Mines.

- Eco 15 Impacts de substitution cinétique.** Mouvement et Transfert.
- Eco 16 Dynamique de l'Impact urbain.** Modélisation spatio-temporelle du bâti.
- Eco 17 Aménagement forestier :** Exemple du taillis sous futaie. (*le «père» des Aménagements, témoin anticipé du Développement durable*).
- Eco 18 Seuils de développement.** Logique des seuils d'intervention humaine sur la nature : Exploitation, Mise en valeur, Aménagement
- Eco 19 Principes de Zonage.** Isophène, Equipotentiel, Egale valeur d'aménagement, Egale décision
- Eco 20 Vers le Développement durable :** Régionalisation. Essais d'intégration hiérarchisée. 1. Unités de Paysage, 2. Facettes écologiques, 3. Systèmes écologiques, 4. Districts écologiques, 5. Régions écologiques.

## PLANCHE 1. LES APPROCHES DE L'ECOSYSTEME



Trois modèles, réduits à l'essentiel du concept, règlent les approches de l'Ecosystème.

Dans sa formulation la plus globale, simplement descriptive et ne préjugant d'aucune interprétation quantitative ou relationnelle, l'écosystème associe, dans leurs positions réciproques, sept éléments fondamentaux, sous le contrôle universel de l'énergie solaire :

- *l'air, l'eau, la roche, le sol* : quatre initiateurs du « milieu » ;
- *les producteurs, consommateurs, décomposeurs* : paliers de la transformation de la vie.

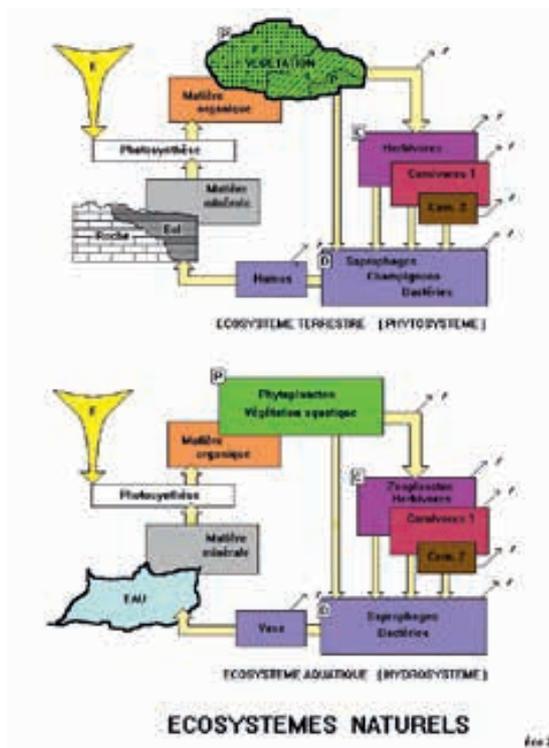
Le modèle fonctionnel présente le cheminement de l'énergie selon un processus cyclique unissant les acteurs successifs de l'écosystème. Appuyé sur le phénomène fondamental de la photosynthèse, créatrice de matière organique, l'enchaînement des niveaux d'exploitation biologique se déroule, avec une déperdition croissante de productivité, - dont la respiration « r » est l'un des signes les plus tangibles -, jusqu'à son retour à la matière minérale, source disponible pour un cycle nouveau.

Quant au modèle relationnel, suggéré par DANSEREAU avec sa « *boule de flèches* », il développe, au-delà des quatre niveaux trophiques classiques, deux niveaux originaux, où l'Homme trouvera sa place :

- *l'investissement*, qui évoque aussi bien l'humus forestier, le miel des abeilles, la construction urbaine, le jeu bancaire ;
- *le contrôle*, aussi bien du microclimat forestier ou du travail du castor, que de l'organisation de la cité ou de la digression philosophique.

Les flèches relieront entre eux tous les niveaux dans leur complexité, empruntant et diffusant leur action auprès d'écosystèmes voisins, vers une conception intégrée de la biosphère, dont l'Homme tente d'acquérir la maîtrise, sans trop savoir jusqu'où il peut aller trop loin.

## PLANCHE 2. ECOSYSTEMES NATURELS CONTINENTAUX



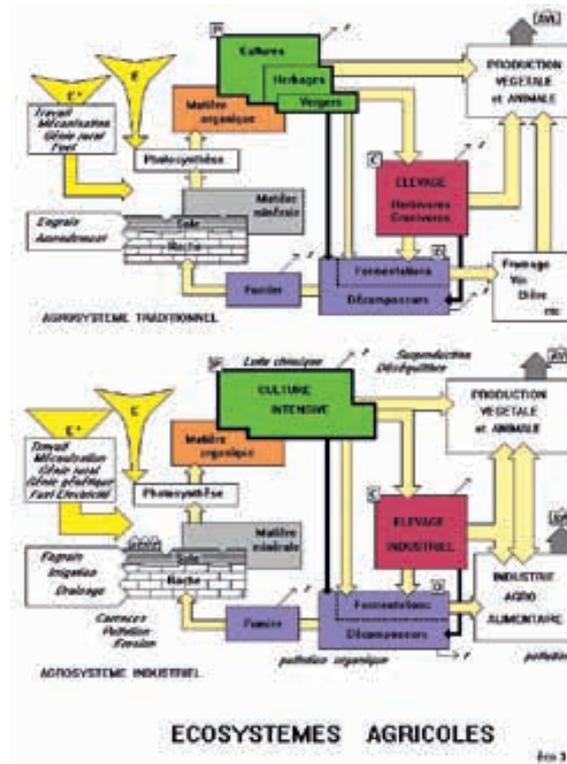
Sur 30% de la surface du globe, les écosystèmes continentaux s'expriment selon deux modèles :

- les écosystèmes terrestres, ou **phytosystèmes**, dont « l'élément organisateur », - souligné par un contour plus épais du dessin -, est le niveau des Producteurs, responsables de l'organisation de la végétation, qui sous ses diverses nuances physiologiques (forêt, lande, pelouse, etc), contrôle, par son effet microclimatique, l'activité de l'ensemble ;
- les écosystèmes aquatiques, ou **hydrosystèmes**, dont l'organisateur est la masse d'eau, tant en volume qu'en surface ou en nutriments gazeux et solides, sous ses diverses conditions de stabilité (lacs) ou de renouvellement (cours d'eau), mais où le niveau « producteur » n'a aucun impact réel, sauf quelques exceptions (mangroves, tourbières, roselières), sur la structure physiologique du système.

Dans les deux cas, le processus fonctionnel reste le même, en dépit d'une diversité fondamentale des compétiteurs ou des nuances d'environnement, et sous réserve d'écosystèmes de transition, que l'on pourrait décrire à l'interface aquatique - terrestre, dans une analyse plus fine des *écotones* de contact.

*NB. La présente étude a été limitée aux écosystèmes continentaux, elle exclue les écosystèmes océaniques (littoraux, néritiques, pélagiques, abyssaux), bien qu'ils soient majoritairement garants de l'équilibre général de la planète.*

### PLANCHE 3. ECOSYSTEMES AGRICOLES



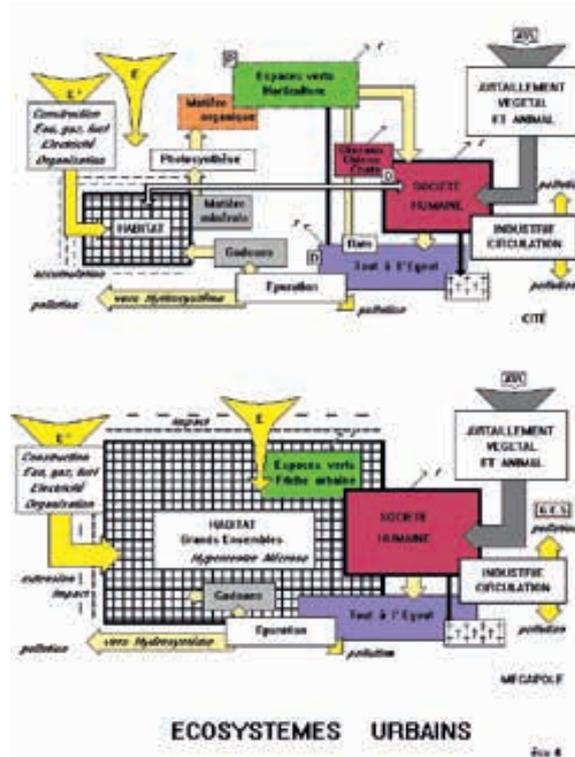
Quand l'Homme vient ouvrir à la production agricole le phytosystème naturel, c'est grâce à un apport énergétique supplémentaire qu'il impose son impact sur la gestion des **Agrosystèmes**. Travail, mécanisation, génie rural, fuel, - «E'» -, dopent l'énergie solaire «E» pour orienter le niveau producteur vers *la culture, la prairie, le verger*, concentrer le niveau consommateur sur son premier échelon, *l'élevage*, et domestiquer une partie des décomposeurs vers la production de produits dérivés issus de *la fermentation*. Ce qui reste des décomposeurs, sous forme de *fumure* ou de *lisier*, rejoindra *la sole*, résultat du labour sur le sol, qu'il sera nécessaire de rééquilibrer par l'apport exogène d'engrais et amendements. Quant à la production végétale et animale, elle sera détournée hors du système, vers *l'avitaillement* des écosystèmes urbains.

A l'**agrosystème traditionnel**, qui tend à exploiter sans excès une gestion «en bon père de famille», selon l'expression imagée des baux ruraux, se substitue peu à peu un **agrosystème industriel** plus agressif, sous la pression de l'avitaillement urbain. Des formes nouvelles d'énergie **E'** apparaissent (génie génétique, électricité, informatique), ainsi que des processus d'amélioration du milieu, pour implanter des *cultures intensives*, protégées de leur déséquilibre par une protection chimique croissante, un *élevage industriel* de plus en plus sélectif et fragile, une exploitation des fermentations par

*l'industrie agroalimentaire.* Le détournement accéléré de la production hors du système rend de plus en plus difficile les compensations nécessaires au rétablissement de l'équilibre. Drainage et irrigation visant à une meilleure maîtrise de l'eau, sont pris au piège d'un marché qui tend à imposer des productions là où elles ne sont pas naturellement rentables. *Cultures et élevages sans sol* accentuent l'artificialisation du milieu. Partout, cependant, à tous les niveaux du cycle, exsudent des signes de déséquilibre : surproduction, carences, érosion, épuisement des nappes, pollution chimique et organique, sans exclure l'éventualité de risques génétiques, plus subtils et mal maîtrisés.

*Des schémas du même ordre rendraient compte de l'activité des **agrosystèmes agricoles**, avec les mêmes tendances d'accélération de la productivité et de risques de déséquilibre et de pollution.*

## PLANCHE 4. ECOSYSTEMES URBAINS



L'extension du concept d'écosystème à l'urbanisation voulue par l'Homme conduit à la substitution d'un modèle naturel par une organisation totalement artificielle, où la *Société humaine* s'active dans un *Habitat* nouveau. Deux schémas rendent compte de cette évolution inéluctable de la *Cité* vers la *Mégapole*.

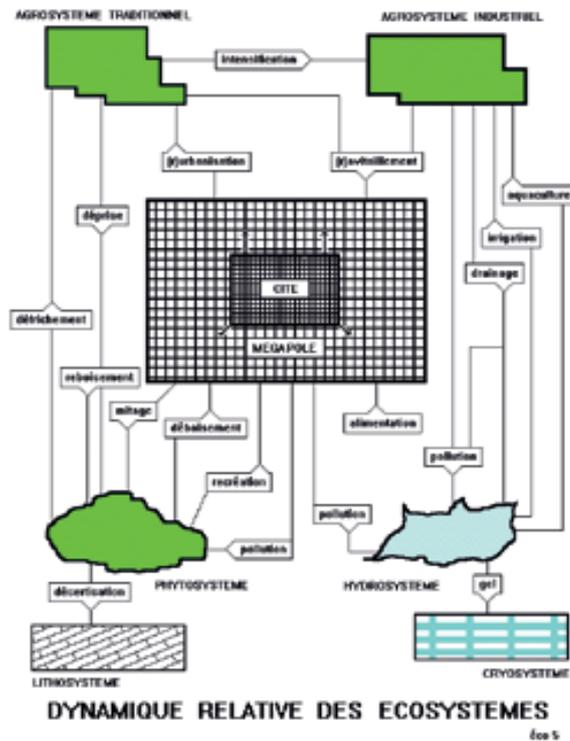
Dans la **Cité**, le maillage urbain reste assez diffus pour conserver quelque trace du phytosystème qu'il a supplanté. Espaces verts, jardins, maraîchage, sont autant de producteurs résiduels, relayés par des consommateurs «urbanisés», dont la prolifération reste parfois difficile à contrôler (pigeons, étourneaux, voire chiens et chats), jusqu'à certains décomposeurs indésirables et porteurs de nuisances (rats, bactéries et virus). C'est cependant le couple Habitat – Société qui assure l'essentiel du fonctionnement de ce système nouveau. Par delà l'énergie «E», qui n'a plus qu'un rôle de régulation *lococlimatique*, à défaut d'action photosynthétique, la quantité d'énergie «E'» prend une importance considérable pour satisfaire des besoins en expansion de construction, maintenance, organisation, cependant que le niveau Consommateurs de la population ne peut satisfaire les siens que par l'apport exogène, issu d'agrosystèmes proches ou lointains, par aitivaillement végétal et animal. Une grande partie de l'énergie «E'» est affectée aux

productions humaines d'industrie et de circulation, sources d'une pollution de plus en plus prégnante, cependant que le niveau Décomposeurs de ce nouveau système tend vers une destruction drastique, par le jeu du *Tout à l'Egoût*, puis des processus d'épuration, avec rejet des résultats vers l'hydro-système et retour à l'habitat par accumulation.

*(La croissance du système fera l'objet des planches 13, 15 et 16 ci-après)*

Hypertrophie de la Cité, la **Mégapole** amplifie les processus de construction, organisation, avitaillement, industrie, circulation, cependant que la photosynthèse s'enkyste dans des espaces verts de plus en plus artificialisés et l'apparition de *friches urbaines* dans des secteurs mal maîtrisés. L'habitat développe les *Grands ensembles*, étendant toujours plus loin ses tentacules bétonnés, jouant sur la troisième dimension de l'espace quand les deux autres seaturent, alors que *l'hypercentre*, victime de la quatrième dimension, le temps, se nécrose et s'ouvre à des options nouvelles. Les processus d'épuration prennent une dimension industrielle, et le « *recyclage* », - notion écologique, s'il en est -, bien qu'encore appliqué à dose homéopathique, tend à modérer la destruction généralisée des produits du système. Il n'est pas jusqu'aux nécropoles, qui, faute de place, sont de plus en plus tentées par l'antique réflexe de la crémation, retrouvant, dans un cycle multiséculaire « *la civilisation villanovienne des urnes* ». Partout la pollution se généralise, entraînant notamment l'émission de « *gaz à effet de serre G.E.S.* », nouveau révélateur d'une emprise inconsidérée de l'homme sur le milieu.

## PLANCHE 5. DYNAMIQUE RELATIVE DES ECOSYSTEMES



Ainsi se déploient, dans l'espace continental du monde tempéré, six formes fondamentales d'écosystèmes :

**Phytosystème**

**Hydrosystème**

**Agrosystème traditionnel**

**Agrosystème industriel**

**Cité**

**Mégapole**

auxquels peuvent être ajoutés deux écosystèmes marginaux,

**Lithosystème**

**Cryosystème**

liés, l'un à l'absence d'eau ou sa pénurie (déserts et dunes), l'autre à la glace (glaciers et inlandsis).

C'est dans leur fonctionnement propre et leurs relations réciproques que s'appréciera la dynamique relative de ces systèmes, tels qu'ils se présentent, ont évolué et évoluent sur l'ensemble de territoires porteurs de *paysages* en constante variation. On découvrira ainsi le jeu des transformations naturelles

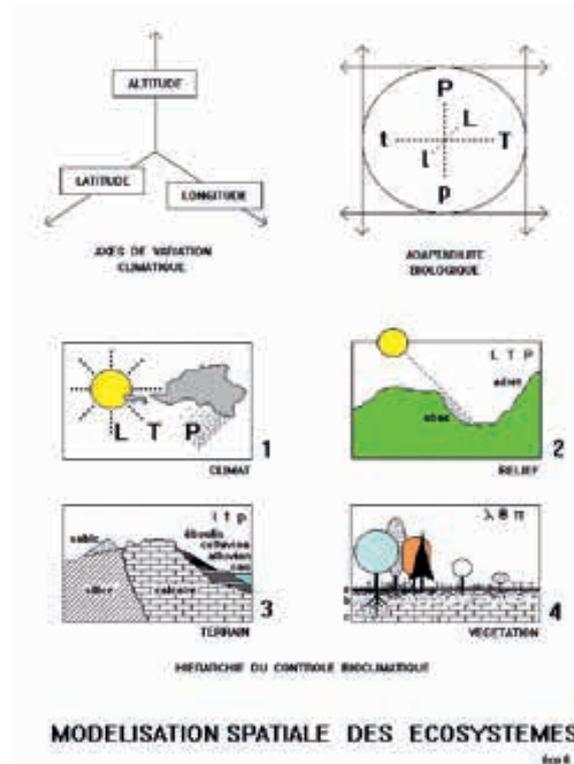
ou contradictoires fixant dans l'instant la physionomie de ces *paysages*, la trace de leur origine, l'esquisse de leur devenir, comme l'éventuelle nuisance de leur excès. Il faut bien garder à l'esprit que les facteurs de modifications évoqués dans ce tableau entre les différents écosystèmes sont tous d'initiative humaine (à l'exception du *gel* et peut-être de la *désertisation*).

Pour affiner le diagnostic, deux réflexions méthodologiques sont nécessaires :

- le recours à l'observation aérienne, *photointerprétation* et désormais *télé-détection*, propres à une reconnaissance cartographique raisonnée du « *tapis végétal et urbain* », sans préjudice de nécessaires investigations ou vérifications de terrain ;
- la recherche de la signification écologique du comportement de la végétation, naturelle ou transformée, illustrant les bioclimats régnant sur les secteurs étudiés.

A l'heure émergente du Numérique, toutes ces actions doivent être encadrées par des perspectives nouvelles.

## PLANCHE 6. MODELISATION SPATIALE DES ECOSYSTEMES



A l'exception de quelques rares espèces, telles que l'Homme ou peut-être la Mouche, la majorité des êtres vivants, et notamment les *communautés végétales* soudées à leur *biotope*, reste soumise à un ensemble de conditions écologiques relativement précises, sinon étroites. Ainsi apparaît l'intérêt de la notion de **bioclimat**, associant communautés et climat, *l'adaptabilité biologique* des premières illustrant et confirmant la réalité du second. Cette adaptabilité concerne trois variables : la *Lumière* «**L**», (ensoleillement et jeu nyctéméral), la *Chaleur* «**T**», (Température sous ses diverses nuances), *l'Eau* «**P**», (Précipitations, hygrométrie, réserves). Schématiquement, pour chaque bioclimat, la combinaison des amplitudes, - «**l-L, t-T, p-P,**» -, rendra compte de son originalité significative.

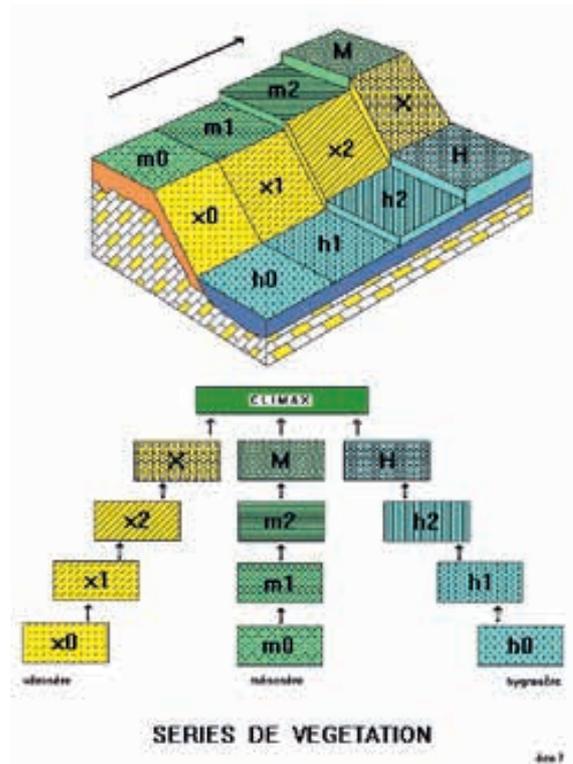
C'est alors que, sous l'impulsion des trois moteurs fondamentaux de la variation climatique que sont la *latitude*, *l'altitude*, et dans une moindre mesure la *longitude*, un contrôle bioclimatique va s'établir sur la végétation, selon une hiérarchie précise mettant en jeu les échelles successives du climat.

- A petite échelle, celle du continent, c'est le *climat général* «**L, T, P,**» qui règle la situation et organise la répartition des bioclimats en ensembles significatifs, largement étendus sur la surface terrestre.

- A moyenne échelle, des nuances interviendront, par le jeu du relief et de la topographie, ainsi que de la nature édaphique du terrain, contribuant à modifier, souvent largement, les conditions générales «**L, T, P,**» en de multiples déclinaisons régionales «L, T, P», puis locales «**l,t,p,**», responsables du *climat régional*, puis du *climat local*, dans une extension géographique de plus en plus limitée.
- A grande échelle, c'est la végétation elle-même qui créera des conditions *microclimatiques* inédites «lambda, theta, pi», tant en sous-bois que dans les peuplements arbustifs et herbacés qui leur correspondent, prélude à des informations plus fines de *nano climat*.

Ainsi s'établira une correspondance étroite entre un bioclimat et sa *signature ombrothermique* «TP», nuancée par des corrections **édaphotopographiques** qui en modulent l'efficacité. (*L'exemple de la hêtraie pyrénéenne, où l'on peut apprécier, de part et d'autre d'une situation moyenne «T P», l'égalité ombrothermique réelle d'une falaise d'adret à haute altitude «t P» avec un ravin ombreux de plaine «T p», est significatif à cet égard.*)

## PLANCHE 7. SERIES DE VEGETATION



Reprenons à son origine l'histoire de la dynamique végétale, dans un cas de figure représentant trois situations topographiques voisines : *plateau*, *versant ensoleillé*, *vallée alluvionnaire*. Sous un climat régional de type «L T P», régnant sans équivoque sur le plateau, la facette ensoleillée du versant fera l'objet d'une correction locale «L T p», la facette alluviale d'une correction inverse «L t P», sans pour autant modifier profondément la donne bioclimatique générale.

A partir du sol nu, résultant par hypothèse d'un abandon cultural ancien, à défaut de la connaissance d'une situation initiale naturelle, telle celle d'une lave refroidie, on peut voir s'établir au fil du temps, sur chacune des parcelles topographiques ainsi définies, une succession de *paysages végétaux*, répétant le même enchaînement de *stades physiologiques*, - herbacé, arbustif, arboré = pelouse, lande, forêt -, mais dans un cortège de *groupements végétaux* différents.

- A la culture abandonnée sur le plateau, succèdera une **série m 0, m 1, m 2**, M, évoluant en quelques décennies en un paysage forestier voisin du bioclimat régional ; Sur le versant, gardant des traces d'un ancien vignoble, une série plus xérophile **x 0, x 1, x 2, X**, conduira à un faciès forestier plus sec et plus thermophile ; La prairie délaissée dans la vallée suivra un processus homologue **h 0, h 1, h 2, H**, terminé par un peuplement à tonalité hygrophile ;

soit trois modalités différentes, - *mésosère, xérosère, hygrosère* -, d'un même processus de *remontée biologique*, conduisant à trois *formations* forestières, caractéristiques de chacune de ces **séries de végétation**, que l'on qualifiera du nom de la ou des essences qui les dominent.

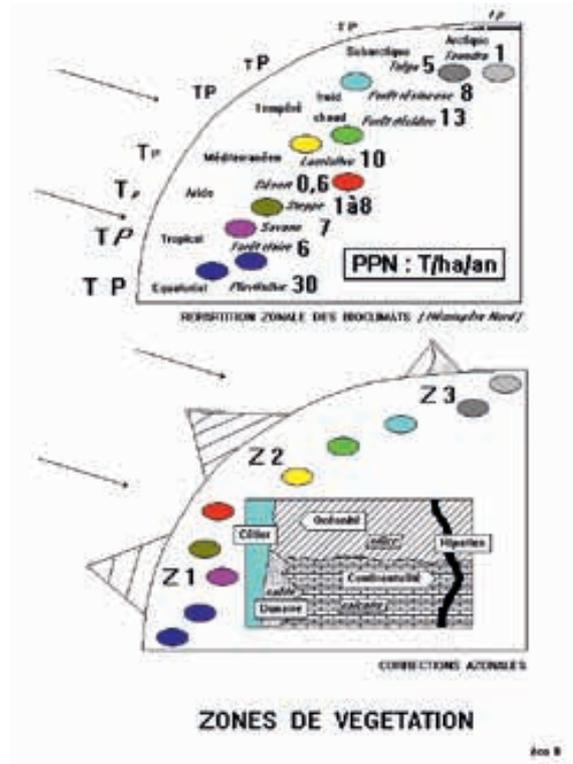
Cependant, les *microclimats* générés aux niveaux **M, X, H**, auront tendance à s'homogénéiser : l'ombre, pour X, le « pompage », pour H, gommeront les excès par rapport à M, et peu à peu, à condition d'y mettre le temps, s'établira sur les trois facettes une formation forestière enrichie, en route vers le **Climax**, notion théorique, s'il en est, dont il serait hors de proportion ici d'évoquer les diverses acceptions, mais qui représente l'aboutissement d'un équilibre définitif entre végétation et climat régional.

La pression exercée par l'homme sur le milieu a remis mainte fois le compteur à zéro (défrichements, brûlis, pâture, écobuage, exploitation forestière, reboisement,...), si bien que chaque **unité de paysage**, telle qu'elle apparaît aujourd'hui sur le terrain, et peut être détectée par la photo-interprétation, et surtout désormais par les pixels de la télédétection, sera porteuse d'un double message :

- **de vocation naturelle**, dans son cheminement vers le climax
- **d'affectation artificielle** à un usage imposé par l'homme, dans ses perspectives *d'exploitation*.

Parler de vocation agricole, céréalière, pastorale, viticole ou autre, d'un territoire est un abus de langage, dont *l'aménageur* devrait se souvenir.

## PLANCHE 8. ZONES DE VEGETATION



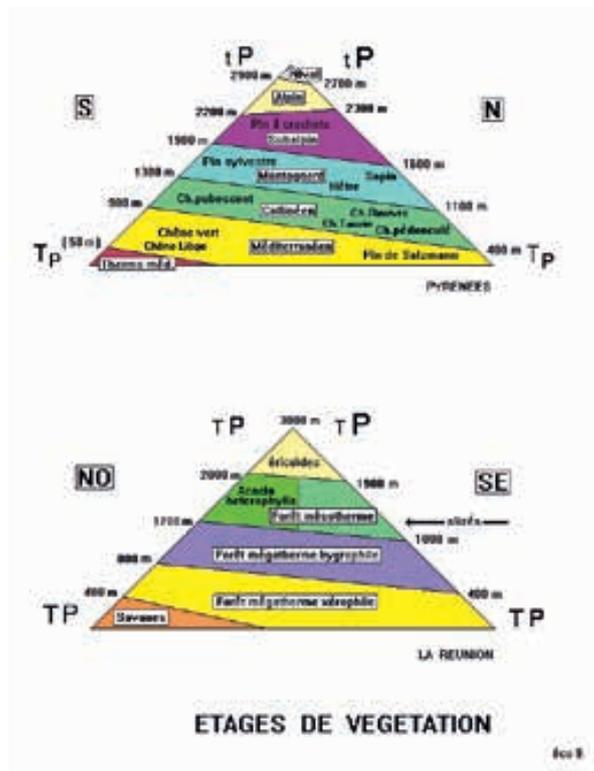
Sur l'ensemble des continents, s'étalent les *bioclimats*. Leur variation territoriale est déterminée par celle des conditions climatiques générales régnant sur le globe. De l'équateur au pôle, dans l'hémisphère nord, les trois variables fondamentales «**L T P**» s'organisent d'abord sous le contrôle de la **latitude**. La Lumière «**L**» se module en intensité, angle du rayonnement, jeu nyctéméral ; la Température «**T**» décroît, en conséquence, du sud au nord ; les Précipitations «**P**» ondulent, en décroissance, entre un paroxysme équatorial et tropical et un minimum arctique presque absolu.

Ainsi se déroulent huit types principaux de climats généraux : *équatorial, tropical, aride, méditerranéen, tempéré chaud, tempéré froid, subarctique, arctique*, auxquels correspondent successivement dix types physiologiques de bioclimats, largement étalés en autant de **zones de végétation** : *pluvisylve, forêt claire et savane, steppe et désert, laurisilve méditerranéenne, forêt décidue, forêt résineuse, taïga, toundra*. En langage d'écosystème, la productivité primaire nette **PPN**, exprimée en Tonnes par Hectare et par An, fait apparaître des ordres de grandeur contrastés, le record appartenant à la forêt équatoriale si précieuse pour l'équilibre général du globe, - ce qui ne justifie pas sa qualification trop souvent évoquée de «*poumon vert de la planète*», écologiquement absurde, car si un poumon est fait pour absorber de l'oxygène, la forêt fait l'inverse,

absorbant et régulant le gaz carbonique en dépit des excès dont l'homme est responsable dans ce bilan.

Dans son étalement **longitudinal**, la zone pourra être le siège de *corrections azonales*, modifiant le comportement des bioclimats et la répartition des séries de végétation et des formations végétales. Dépassant les interprétations théoriques sur l'évolution des *climax*, du genre « *si l'on n'avait pas ceci, on aurait...* », il reste évident que la *nature du sol* (calcaire, silice, sable, etc), la *situation* (côtière, dunaire, riparienne, ...), le *modèle topographique*, ou le jeu relatif de *l'océanité*, à tendance plus chaude et plus humide, et de la *continentalité*, à tendance inverse, plus froide et plus sèche, sont autant de facteurs susceptibles de moduler la répartition des séries, sans trop bousculer le bioclimat. L'effet zonal restera sensible en plaine sur des surfaces étendues, tant que **l'altitude**, en accélérant brusquement la variation de deux des variables climatiques de base « **T** » et « **P** », ne crée pas des situations nouvelles, en imposant une chaîne inédite de variation verticale du climat. Les séries de végétation s'organisent alors en **étages**, sous le contrôle de cette nouveauté ombrothermique locale, que vient alors nuancer un paramètre nouveau, *l'exposition*. Celle-ci devient, par le jeu des variations d'inclinaison solaire selon la latitude, un facteur discriminant zonal, illustré ci-contre en « **Z 1** », « **Z 2** », « **Z 3** ».

## PLANCHE 9. ETAGES DE VEGETATION



La dérivée altitudinale entraîne, en région de montagne, une variation particulièrement rapide des conditions ombrothermiques de base «**T P**», qu'accentue la variété des conditions d'*exposition* à un ensoleillement «**L**», dont l'efficacité correctrice augmente avec le glissement vers les hautes latitudes. Il suffira d'un dénivelé de quelques dizaines de mètres, ou d'un changement local de versant, pour obtenir la même réalité «climatique» qu'un déplacement zonal de plusieurs dizaines, voire centaines de kilomètres. Ainsi, en complément des **Zones de végétation**, s'établiront des **Etages de végétation**, plus rapidement sélectifs des **Séries de végétation** qui pourront s'épanouir dans cet espace.

Deux cas de figure, choisis parmi les plus simples, illustreront cette situation.

Dans **les Pyrénées**, à la latitude moyenne de 45° pour l'hémisphère boréal, se succèdent sept étages regroupant une douzaine de séries principales, le long d'une chaîne montagneuse développée d'est en ouest sur 400, - voire 1000 km avec la cordillère cantabrique -, dans un contraste nord-sud très affirmé, et sous trois influences climatiques majeures, méditerranéenne, atlantique, continentale. La variation verticale du climat, - diminution de la température, augmentation de la pluviométrie -, s'effectuera, de «**T p**» en «**t P**», avec des modalités différentes

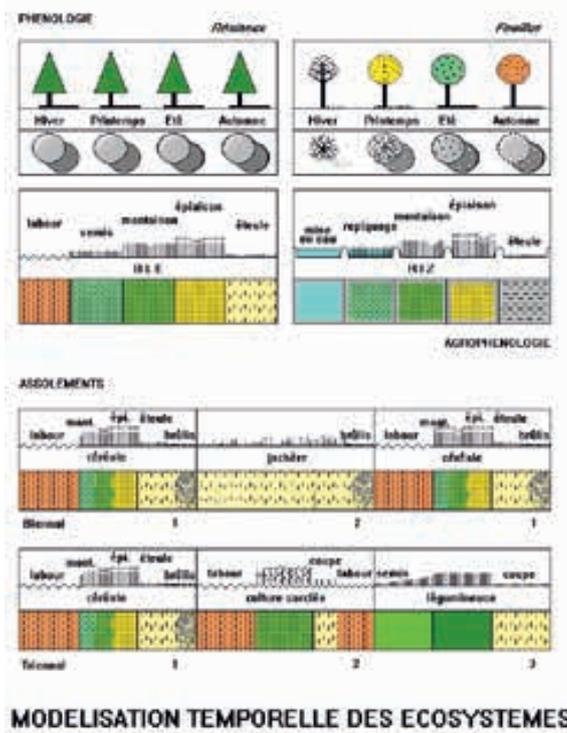
selon l'exposition nord ou sud, si bien que les étages successivement décrits, - *thermo méditerranéen, méditerranéen, collinéen, montagnard, subalpin, alpin et nival* - s'exprimeront selon un « *pendage* » dont les limites traduiront les différences d'efficacité altitudinale du climat, et nonobstant les cas d'inversion d'étages, créés par la complexité locale des reliefs. Pendage plongeant du sud vers le nord, à l'exception de la limite supérieure de l'*étage subalpin*, où la protection hivernale et printanière de la neige permet mieux la survie en versant nord de formations forestières, sensibles au déneigement précoce des versants sud.

Pour l'Ile de la **Réunion**, proche du Tropique du Capricorne, où les conditions d'ensoleillement restent du même ordre selon les versants, c'est la variation ombrothermique qui, seule, règle le pendage des étages de végétation, selon un axe sud-est / nord-ouest opposant les versants « *au vent* » et « *sous le vent* ». Les premiers subissent de plein fouet le flux humide des alizés, les seconds exploitent l'effet d'abri imposé par le relief. Des deux côtés, selon un décalage qui s'atténue avec l'altitude, se superposent ainsi : *Savanes, Forêt mégatherme xérophile, Forêt mégatherme hygrophile, Forêt mésotherme, surmontées de formations à éricoïdes*. L'agressivité du relief entraîne localement des mélanges confus, frôlant l'inversion d'étage, mais l'ensemble reste conforme au modèle caractéristique des milieux montagnards.

Les massifs montagneux du globe n'ont pas toujours la simplicité des deux cas exposés ici. Le jeu de la continentalité et de l'océanité dans les Alpes ou les Rocheuses, les effets de mousson en Asie, nivation et glaciation à hautes altitudes et latitude, ont des conséquences multiples sur la répartition des paysages, mais partout apparaît cette étroite relation entre le « *tapis végétal* », naturel ou transformé par l'homme, et les possibilités de l'environnement.

Tel devrait être le moteur de toute intervention raisonnée sur les meilleures chances d'exploitation du milieu.

## PLANCHE 10. MODELISATION TEMPORELLE DES ECOSYSTEMES



Apprécier la place que chaque écosystème occupe sur le terrain est la première démarche à entreprendre, s'il s'agit d'en connaître et maîtriser le développement. Ainsi s'est justifié un large effort de recherche *phytocartographique*, qui ne semble cependant avoir donné lieu qu'à deux seules collections à moyenne échelle (200.000°) intéressant la totalité d'un territoire national : *Végétation de la Suisse* (SCHMIDT 1949), *Végétation de la France* (CNRS 1947-1990).

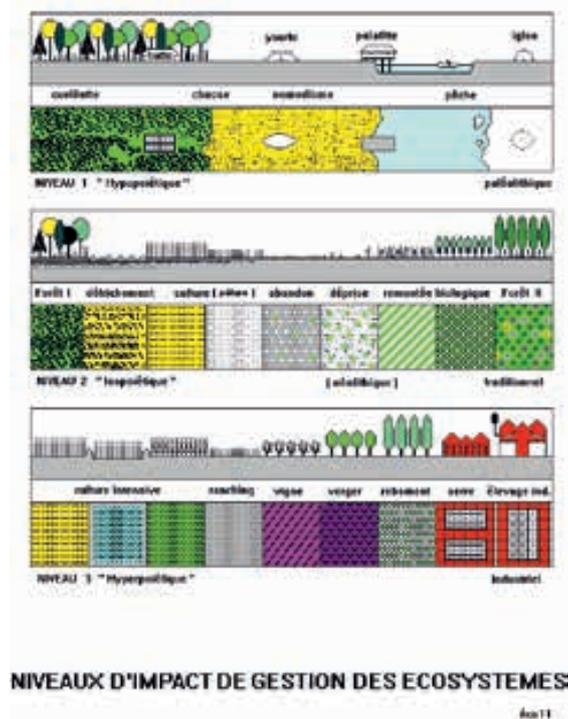
Bousculant la première forme classique d'investigations de terrain, appuyées ou non par la photographie aérienne, la *Téledétection et l'Informatique* ont révolutionné « l'acquisition des données ». C'est désormais sur l'analyse d'une réponse spectrale à une vérité - terrain, et non sur la simple relation *image - objet*, que repose l'identification des éléments du paysage. *Modèles Numériques de Terrain MNT* et *Systèmes d'Information Géographique SIG* vont permettre d'encadrer le diagnostic. Mieux, grâce aux progrès des « calages informatiques » permettant de mixer des images successives intéressant un même site, il devient possible de cerner la *modification diachronique* de la vérité - terrain, et d'obtenir d'étonnants résultats dans le contrôle, l'évolution et la probabilité de productions contrôlées par l'homme, (rizières ou champs de blé).

C'est alors sur la base d'une exploitation de la **phénologie**, expression vivante du tapis végétal, que va reposer cette nécessaire modélisation temporelle des écosystèmes, clé de leur interprétation évolutive et prospective. Les tableaux regroupés sur les planches **10, 11, 13, 14, 15**, se présentent donc sous la double forme d'une élévation et d'un plan, illustrant la correspondance entre la réalité structurelle de l'objet analysé et sa traduction diachronique dans l'imagerie spectrale.

La planche **10** concerne des exemples simples de *signatures phénologiques* discriminantes. Les *Résineux* gardent au cours de l'année, sauf quelque exception (mélèze), une image stable ; les *Feuillus* voient souligner, surtout par le rayonnement infrarouge, leurs variations d'activité chlorophyllienne, cependant que la répartition des ombres dans le feuillage de la canopée, comme de celles portées au sol, va introduire des nuances dans la réponse spectrale, jusqu'à permettre des identifications spécifiques précises. Quant aux agrosystèmes, les *seuils phénologiques* caractéristiques d'une culture vont successivement révéler : **1.** les surfaces concernées, **2.** les conditions plus ou moins réussies de la croissance (semis, montaison, épiaison) ; **3.** la probabilité quantitative de la récolte, ce qui suppose évidemment, tant pour le blé que pour le riz, exemples commentés ici, une bonne connaissance de la stratégie agronomique locale. Des protocoles du même ordre sont applicables à la reconnaissance des *assolements* traditionnels, justifiés par le souci d'une bonne économie de la ressource.

Dans tous les cas, les progrès modernes de la télédétection, orientés vers l'exploitation diachronique d'images normalisées, selon les trois canaux désormais classiques de sensibilité spectrale, dont un infrarouge, conduisent à des diagnostics de plus en plus précis sur le jeu relatif des constituants du paysage : sol nu, eau, tapis chlorophyllien, urbanisation.

## PLANCHE 11. NIVEAUX D'IMPACT DE GESTION DES ECOSYSTEMES



C'est dans le cadre des *agrosystèmes*, que, dès les premières civilisations, l'action de l'homme s'est développée, selon des niveaux d'impact sur le milieu conduits avec une intensité croissante d'exigences vis-à-vis de la possibilité naturelle à compenser des prélèvements de plus en plus importants.

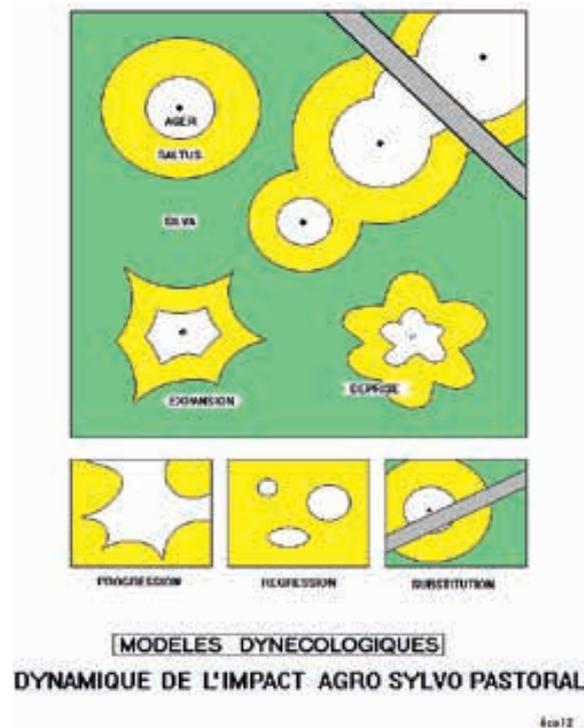
Au niveau le plus bas, qui peut être qualifié « **d'hypopoïétique** », - *inférieur à la possibilité* -, l'homme s'intègre dans le phytosystème, dont il exploite une partie encore modeste de la production. C'est le **stade paléolithique** de la « *civilisation de cueillette* », assortie de ses nuances de *chasse* et de *pêche*, éventuellement complétée par le *nomadisme*, adapté à la mobilité de la ressource. L'habitat est simple, mais reste diffus, disséminé dans l'écosystème, sauf quelque concentration de huttes ou palafittes, construit de matériaux localement et directement prélevés, sans grande conséquence sur l'environnement. Ce niveau concerne aujourd'hui des populations plus nombreuses qu'elles ne l'étaient à l'époque, dite préhistorique, considérée.

Le niveau « **isopoïétique** » témoigne d'une recherche de l'ajustement de l'exploitation à la possibilité. C'est le *stade néolithique*, relayé et généralisé aujourd'hui par *l'agriculture traditionnelle*. Le succès de la mise en culture, après défrichage de la forêt, tient à ce véritable court-circuit énergétique résultant de la mise en contact brutale d'un sol forestier, enrichi sous microclimat préservé, avec un climat pionnier plus agressif qui réveille des potentialités dormantes.

Sans précaution particulière, l'explosion agricole conduirait à l'épuisement, il faudra attendre l'invention des rotations culturales et des assolements, - le « *Mesnage des champs* » d'Olivier de *SERRE* -, pour obtenir un contrôle satisfaisant de la stabilité du système. Le temps n'est plus où l'on pouvait se contenter d'exploiter une nouvelle tranche forestière pour compenser la faille de la première exploitation, relayée, après abandon et « *déprise* », par une « *remontée biologique* » vers un nouveau paysage de forêt *secondaire*, moins riche que la formation initiale, mais lui-même susceptible, à terme, d'une nouvelle chance d'exploitation. Ainsi peut-on constater, dans tous les pays de longue(s) civilisation(s), la répétition de plusieurs cycles successifs de mise en culture puis d'abandon, entraînant autant de phytosystèmes secondaires, mais traduisant généralement un appauvrissement spécifique et physiologique, par rapport à la richesse du phytosystème initial. Quant à l'habitat, d'abord réparti et disséminé au plus près des lieux de culture, - à l'image des « *rangs* » québécois -, il se concentre en *agglomérations*, germe d'un maillage urbain qui ne cesse de *s'étendre*.

Voici enfin le niveau « **hyperpoïétique** », - *au dessus de la possibilité* - C'est celui de l'agriculture intensive moderne, avec sa tendance vers l'industrialisation. La productivité naturelle de l'agrosystème est fortement augmentée, grâce à une meilleure maîtrise de la pratique agronomique, au prix d'une injection toujours plus forte « *d'énergie exogène* », dopant la fonction chlorophyllienne assurée par l'énergie solaire, - (**cf Planche 3**) -, moyennant aussi une correction drastique du milieu, - terrasses, irrigation, drainage, etc. -, et le recours à un nécessaire rééquilibrage, - engrais, amendements, pesticides,...-, à la limite des risques, puis des excès, de pollution. Culture intensive, ranching, plantations (vignes, vergers), sylviculture industrielle (peuplier, eucalyptus, hévéa), autant de paliers d'une intensification progressive de la production, que couronne une nette tendance vers « *l'urbanisation de l'agriculture* », - serres, élevage industriel, culture sans sol.

## PLANCHE 12. MODELES DYNECOLOGIQUES DYNAMIQUE DE L'IMPACT AGRO SYLVO PASTORAL



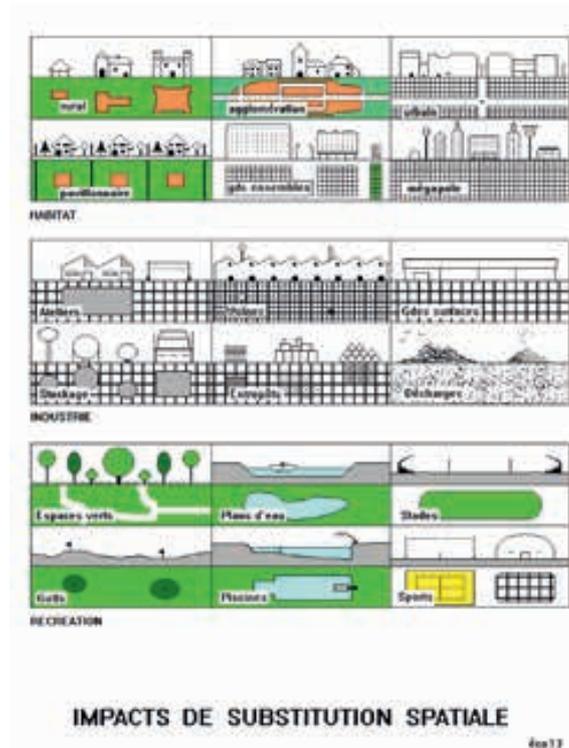
Tous les écosystèmes susceptibles de laisser une trace sur le territoire continental impriment ainsi aux paysages une *signature* dont l'ampleur géographique témoigne de l'importance de chacun dans l'occupation du terrain, et c'est là une première et précieuse source d'information. Cependant, cette évaluation statique ne saurait suffire à une bonne maîtrise de l'espace, sans une appréciation objective de la *dynamique relative* des systèmes en concurrence sur un même secteur. (cf **Planche 5**). Chacun d'eux est en effet l'objet de pulsations significatives, au gré de la variation des facteurs géographiques, écologiques, économiques, voire historiques, sinon politiques, qui les déterminent et les modifient, et ces pulsations sont parfaitement mises en évidence par une analyse plus fine des *limites* de leurs effets.

Ainsi apparaît l'intérêt de «**modèles dynécologiques**», propres à interpréter le sens de cette dynamique, qui voit évoluer plus ou moins rapidement les paysages, par le triple jeu contradictoire de la «**progression**», de la «**régression**» et de la «**substitution**», respectivement témoins d'une *déprise* ou d'une *expansion*, à défaut d'une modification radicale, imposant brutalement un changement drastique de situation. C'est sans doute dans l'exploitation diachronique de la télédétection que réside le moyen le plus pertinent d'interpréter une telle dynamique.

L'écosystème agricole est particulièrement révélateur de ces pulsations. Sur la vieille mais toujours valable matrice romaine associant, dans leur aspect concentrique, les trois seuils classiques d'exploitation, - *silva, saltus, ager*, c'est-à-dire forestier, pastoral, agricole -, peuvent être plaqués des diagnostics dynamiques issus de l'examen attentif de la forme des limites paysagères. La progression sera traduite par des pointes centrifuges en expansion dans un périmètre aux courbes adoucies ; la régression, signe de déprise, isolera des noyaux résiduels, tendant à se fermer dans un périmètre dont les pointes témoignent au contraire de la remontée biologique de *l'ager* vers la *silva* ; quant à la substitution, elle se manifesterà de façon brutale, sans autre logique que celle du développement d'activités complètement indépendantes des processus agro sylvo pastoraux, seuls propres cependant à garantir le maintien de la fonction chlorophyllienne, indispensable à l'équilibre de la planète.

Là se trouve l'enjeu du développement durable : comment, face à la dynamique naturelle, gérer les impacts d'une substitution de plus en plus nécessaire et de plus en plus diversifiée

### PLANCHE 13. IMPACTS DE SUBSTITUTION SPATIALE



C'est d'abord en termes d'espace que s'exerce la pression humaine sur le milieu, et l'impact qui en résulte a pour premier effet de stériliser la production chlorophyllienne locale, au profit de l'étalement de la pierre, de la brique, de l'asphalte et du béton, sous réserve d'espaces verts sauvegardés ou recréés.

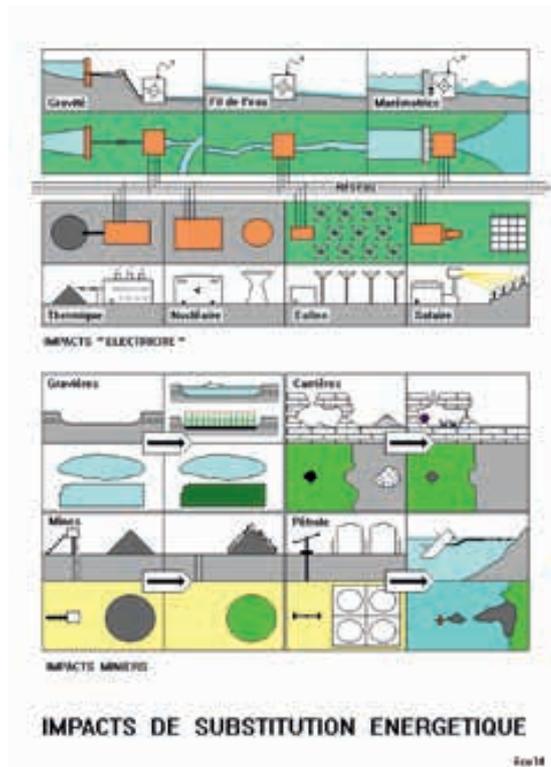
Le besoin d'espace s'exprime d'abord dans l'**Habitat**. Embryonnaire dans le cadre rural, la concentration du bâti en *agglomérations*, - villages puis villes -, conduit à l'émergence de l'écosystème urbain, (**cf Planche 4**), sur un territoire en extension croissante, (**cf Planche 16**). La *Cité* glisse vers la *Mégapole*, après avoir épuisé ses deux chances d'extension, en surface (lotissements pavillonnaires), et en hauteur (grands ensembles et tours). Les conditions naturelles disparaissent, laissant place à un *climat urbain* totalement artificiel, et à un terrain stérilisé qui n'a plus aucune efficacité biologique, où l'usage de l'eau est détourné vers la seule satisfaction des impératifs humains, dans un gaspillage énergétique sans précédent.

Le phénomène s'accroît face aux besoins de l'**Industrie**. Ateliers, Usines, Grandes surfaces commerciales dévorent l'espace périphérique, instaurant, avec leur cortège d'entrepôts, de zones de stockage puis de décharge, un

champ nouveau de pollution et de risques, que des législations appropriées (type SEVESO) tenteront d'apprivoiser.

Seul bémol à cette dérive, un réflexe de **Recréation**, -voire de **Récréation** -, va permettre l'installation d'espaces verts de seconde venue, plans d'eau, piscines, golfs, pelouses sportives, en dépit de la tendance au gigantisme qu'affectent les constructions modernes, victimes de ce qu'on pourrait appeler le « *syndrome du Colisée* », sans préjuger de la solidité de leur survie.

## PLANCHE 14. IMPACTS DE SUBSTITUTION ENERGETIQUE



Le développement urbain et industriel a pour corollaire la nécessité d'un avitaillement matériel et énergétique, qui se traduit, dans une auréole territoriale de plus en plus distale, par deux catégories d'impacts sur le milieu naturel : les impacts **miniers**, propres à garantir les besoins de la construction urbaine et du fonctionnement industriel, et les impacts liés à la production de l'**électricité**, - soit deux modes complémentaires de substitution énergétique à tout autre option d'exploitation du milieu.

Les **impacts** «**Electricité**» interfèrent au premier chef avec *l'hydrosystème*. Qu'il s'agisse d'*hydroélectricité*, exploitant le cours de l'eau, - gravité, fil de l'eau, battement des marées -, ou d'électricité *thermique* ou *nucléaire*, aux effluents à refroidir, la production électrique modifie peu ou prou le comportement, voire l'efficacité, d'écosystèmes aquatiques dont la dynamique naturelle est profondément transformée, sans, pour autant, qu'il faille toujours y voir une dérive catastrophique. Dans la balance écologique et économique de l'impact, entrent en jeu autant de perspectives négatives que positives : action ou réaction de la faune halieutique, changement de nature et de localisation des systèmes d'irrigation, gestion des plans d'eau nouveaux, régulation des débits, contrôle thermique, etc. Les impacts *éoliens* et *solaires*, outre l'espace qu'on doit leur réserver, ont sans doute moins d'effet sur

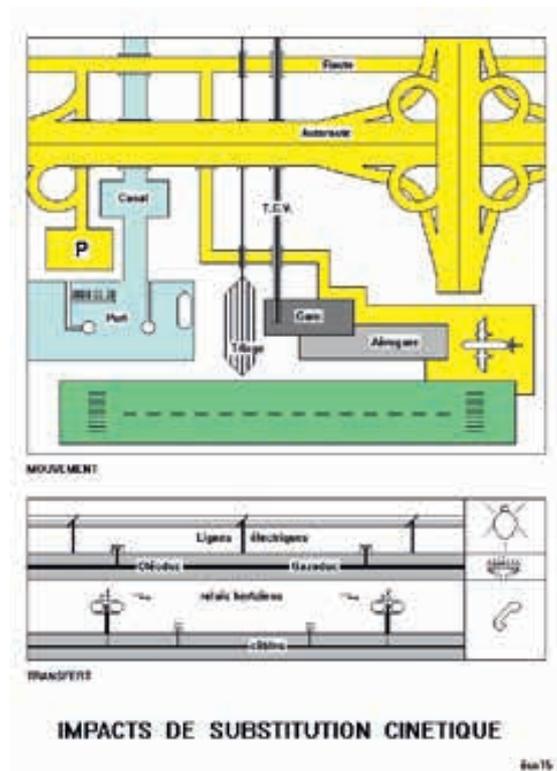
l'environnement, si ce n'est quelque souci d'ordre sonore ou esthétique, sans préjuger de leur réalité énergétique.

Quant aux **impacts miniers**, ils donnent, avec le temps, un exemple de recyclage du système, si l'on veut en tirer profit :

- *gravières*, exploitées en terrain alluvial, reconverties en plans d'eau, où la nappe phréatique se régénère par oxygénation, ou bien en parcelles d'agriculture intensive après réaménagement du sol ;
- *carrières souterraines*, ultérieurement réaffectées à des usages nouveaux (vinification, champignonnières, stockages conservatoires, habitat troglodyte, etc.), sous réserve des risques de tassement et effondrement des terrains dominants ;
- *Terrils miniers* revitalisés en « montagnes vertes »

Seuls les champs et stockages *pétroliers* confirment-ils leur stérilité biologique, dangereusement relayée par l'éventualité des marées noires, qui déplaceront l'impact vers les écosystèmes marins.

## PLANCHE 15. IMPACTS DE SUBSTITUTION CINÉTIQUE



Le développement des sociétés humaines entraîne des besoins croissants de *mouvement, transfert et communications*. Il en résulte une toile de plus en plus dense d'**impacts de substitution cinétique**, dont l'emprise sur le territoire a toujours été un facteur essentiel de son aménagement, mais prend aujourd'hui une importance décisive, face aux signes d'engorgement qui se manifestent de toute part.

Quatre réseaux d'impacts intéressant le « **mouvement** » entrent en jeu :

- le *réseau fluvial* : cours d'eau, canaux, ports, réserves d'alimentation et régulation ;
- le *réseau routier* et son ampliation autoroutière ;
- le *réseau ferroviaire* et son extension *T G V* ;
- le *réseau aéronautique* : pistes et installations ;

tous confrontés au même paradoxe d'efficacité de l'usage (circulation), et de contraintes d'immobilisation (stationnement et ruptures de charge), donc voués à une même recherche d'espace nouveau, parfois surdimensionné, mais généralement rapidement saturé. (2.000.000 de véhicules nouveaux

équivalent à une pression linéaire de l'ordre de 10.000km, et spatiale de 3000 ha, à défaut de leur diaspora ... ou de leur recyclage par obsolescence programmée !)

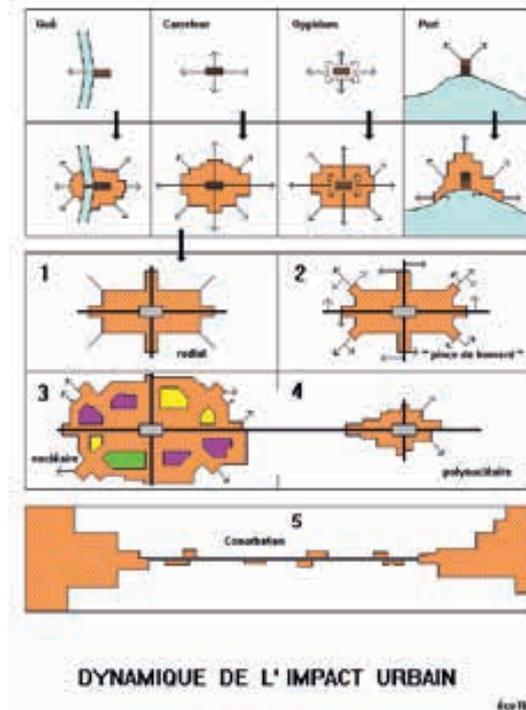
L'étalement géographique de ces quatre réseaux a deux ordres de conséquences :

- sur des surfaces toujours plus étendues, asphalte et béton annulent la possibilité chlorophyllienne des territoires. Encore heureusement négligeable à l'échelle planétaire, cet effet prend, localement puis régionalement, dans sa tendance vers l'urbanisation, des proportions suffisantes pour modifier les conditions des climats, et plus insidieusement *l'équilibre gazeux de l'atmosphère* qu'altèrent les concentrations de circulation motorisée.
- Aussi sérieux est l'effet de *cloisonnement* de l'espace naturel ou agricole, laborieusement disséqué par l'extension des réseaux en ensembles et sous-ensembles, de plus en plus restreints en surface et isolés dans leur devenir, par des barrières artificielles autrement efficaces que les barrières biogéographiques naturelles, qui avaient, en leur temps, régulé la cinétique du monde vivant.
- (Passerelles à gibier, tunnels à batraciens, rejoignent les échelles à poissons pour donner bonne conscience à tous ceux que préoccupe la désorganisation d'écosystèmes ainsi perturbés, alors que, inversement, la réalité même de la communication et des « échanges » voulus par l'homme multiplie les possibilités d'introduction de nouveaux partenaires exogènes dans ces mêmes écosystèmes fragilisés, - (phénomène qui n'est pas nouveau si l'on évoque les lapins d'Australie ou les termites de La Rochelle).

Plus subtils et, semble-t-il, tout au moins au début, moins contraignants, apparaissent les **impacts de transfert** : lignes électriques aériennes et enterrées, câbles, oléo-,gazo-,voire aque- ducs, relais hertziens et réseaux de télécommunication. C'est de leur intensification et de leur hypertrophie que naît l'inquiétude de les voir générer de nouvelles nuisances, tant esthétiques que physiologiques, sur l'environnement et la santé publique.

Les projets de large déviation kilométrique d'oléoducs «frôlant» le Lac Baïkal ou les difficultés inhérentes à l'installation, à travers les Alpes ou les Pyrénées, de lignes T H T ou de voies souterraines, sont exemples éloquents des efforts à consentir pour que la «durabilité du développement» puisse y être garantie.

## PLANCHE 16. DYNAMIQUE DE L'IMPACT URBAIN



Symbole intégré de l'implantation humaine, l'urbanisation révèle, selon des axes de développement bien précis, les étapes successives de la maîtrise de l'homme sur l'environnement proche, à partir de « germes », que les hasards ou la nécessité de l'histoire ont implanté dans l'espace géographique.

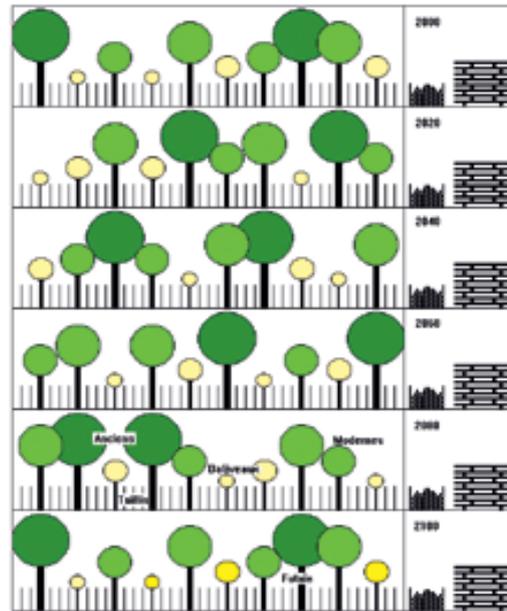
Ainsi en est-il des situations de *gué*, de *carrefour*, d'*oppidum* et de *port*, qui vont cristalliser la **dynamique de l'impact urbain sur le territoire**.

- Au *gué* succèdera la tête de pont, générant un quartier distal relayant sur l'autre rive le même développement radial que sur le noyau initial (*Avignon, Toulouse*).
- Au *carrefour*, correspond le cas le plus fréquent d'une agglomération en prise directe avec ses voisins dans leurs activités communes. On notera ainsi la fréquence de situations d'interface entre territoires à potentialités différentes (plaine-montagne, calcaire-silice, etc.).
- A l'*oppidum*, variante sécuritaire du cas précédent, l'effet radial devient déferlante à partir d'un point haut (*Laon, Carcassonne*).
- Quant au *port*, il cherche à gagner sur la mer l'extension qu'il ne peut trouver à terre (*Marseille, Monaco*).

Une analyse plus fine du développement radial en révèle le mécanisme. A l'extrémité d'axes centrifuges **(1)**, apparaissent des prolongements latéraux «*en pince de homard*» **(2)**, encerclant des noyaux d'urbanisation nouvelle, tendant à se refermer sur une structure *nucléaire* **(3)**, dont les éléments successifs pourront être datés, car ils correspondent généralement à des politiques d'implantation différentes (lotissements, grands ensembles, logements sociaux). La structure deviendra *polynucléaire* **(4)** dès que le même processus de croissance apparaîtra dans des agglomérations voisines, entraînant à plus ou moins long terme, grâce aux axes de liaison unissant les deux structures, une réalité nouvelle de *conurbation* (*Bayonne- Biarritz, Toulouse-Montauban*) **(5)**.

Ainsi s'étend peu à peu, à des cadences variables mais irréversibles, une toile urbanisée, en lieu et place de structures jadis chlorophylliennes. Deux dynamiques d'écosystèmes sont en présence. Leur gestion commune, dans une perspective de développement durable, ouvre une nécessité d'**Aménagement**.

## PLANCHE 17. AMENAGEMENT FORESTIER



**AMENAGEMENT FORESTIER : Taillis sous futaie**  
[Exemple idéal de Développement durable]

100/17

Qu'est-ce donc qu'un **Aménagement** ?

Si l'on en croit les anciens dictionnaires (BOISTE 1832, LITTRE 1872), le mot n'admettait qu'une seule acception : « *manière de régler les coupes d'une forêt* ». C'est au cours du XX<sup>e</sup> siècle, et surtout après la Seconde Guerre, que le terme a explosé dans les sens les plus divers, ...de l'hydroélectricité à la salle de bains ! Faut-il y voir un simple glissement sémantique, ou bien y a-t-il, dans l'**aménagement forestier**, quelque leçon applicable à tous les autres ?

Prenons l'exemple du *Taillis sous Futaie*, mode de sylviculture fréquent dans les forêts feuillues des plaines européennes, à base d'essences « *rejetant de souche* » (chênes, charme, hêtre, etc). Dans l'exploitation d'un taillis, au pas de vingt ans, pour la production de bois de chauffage, on sélectionne des « **baliveaux** », exempts de la coupe, qui, vingt ans plus tard, donneront des « **modernes** », dominant de nouveaux baliveaux, sur un nouveau taillis à exploiter. A l'étape suivante, ces modernes deviendront des « **anciens** », susceptibles à terme d'une exploitation en bois d'œuvre. Ainsi s'établira une double structure de *futaie*, d'âge diversifié, et de *taillis* croissant à son ombre. Au terme d'un siècle, on pourra ainsi retrouver une situation analogue au plateau initial. Un tel aménagement, susceptible de contrôler l'équilibre entre production et prélèvement est en quelque sorte une préfiguration du développement durable.

Rien ne s'oppose à ce que le système évolue dans deux sens :

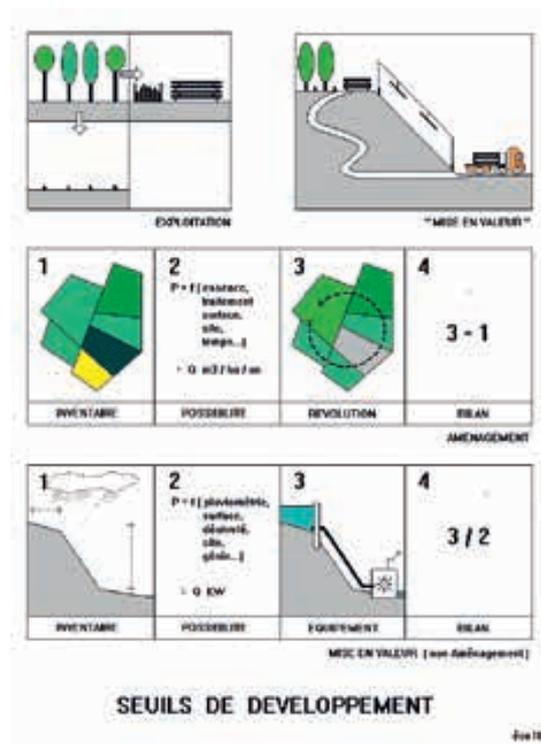
- une option « *conservatrice* » laissera prolonger l'âge des Anciens, retardant leur exploitation, mais augmentant leur qualité, ouvrant même la voie, grâce à la glandée assurée par ces « *semenciers* », à une « *révision* » de l'aménagement, par « *conversion en futaie pleine* », visant, avec la suppression du taillis, à une production ultérieure améliorée.

- une option plus agressive, générée par des besoins économiques, augmentera le prélèvement par rapport à la productivité. La futaie en fera plus ou moins les frais, car c'est sur le bois d'œuvre que s'exprime la pression la plus forte. A la limite inférieure, on obtiendrait un simple traitement de la forêt en taillis.

Dans les deux cas, la comparaison des deux états, initial et terminal, d'une « *révolution* » séculaire, permettra de juger l'efficacité du système, vis-à-vis de la maîtrise de la « durabilité » du développement.

L'aménagement forestier prend ainsi une **responsabilité patrimoniale**, - ce qui n'est peut-être pas le cas de bien d'autres « aménagements ».

## PLANCHE 18. SEUILS DE DEVELOPPEMENT



Dans son intervention sur la gestion d'une ressource, l'action de l'homme passe par plusieurs niveaux :

- le plus immédiat est celui de « **l'exploitation** », sans préjuger d'autre finalité que celle de la libération d'un produit. Ainsi en est-il de l'exploitation forestière comme de l'exploitation agricole, aussi bien que celle d'un site touristique, ou, en généralisant le concept, celle de toute entreprise de base, commerciale ou industrielle.
- plus élaborée est « **la mise en valeur** », propre à améliorer la libération du produit : routes forestières et câbles de débardage, réseaux d'irrigation agricole, équipements touristiques, parcs de supermarché,... autant d'opération d'un coût relativement limité, rapidement compensé par la plus value d'accès au produit, et sans responsabilité quant à l'avenir des surfaces de terrain ainsi affectées.
- plus sérieux sera « **l'aménagement** », qui devrait prendre en compte sur le long terme les effets d'une intervention déterminante. Ainsi en serait-il de « *l'Aménagement du Territoire* », susceptible d'agir sur l'équilibre général des écosystèmes en présence.

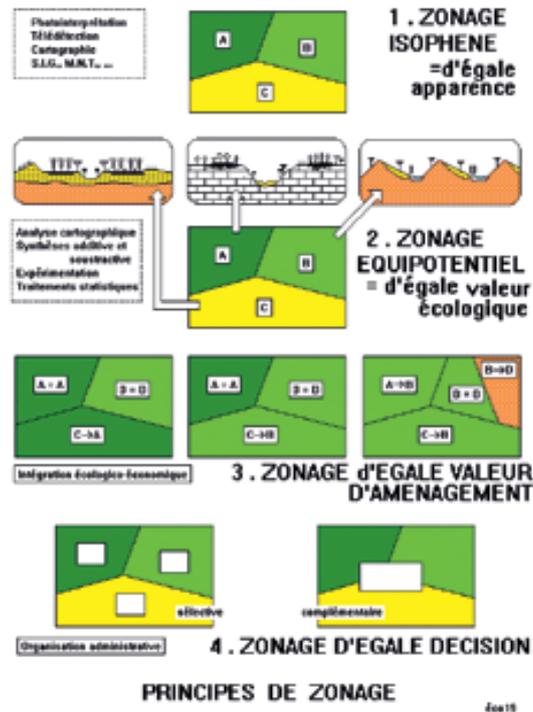
Ici, donc, faut-il réfléchir sur la valeur réelle du concept d'aménagement.

Reprenons l'exemple de *l'Aménagement forestier*. Son originalité fondamentale repose sur trois éléments : « **l'inventaire** » (1) ( parcellaire, état qualitatif et quantitatif du peuplement, conditions écologiques,... ) ; « **la possibilité** » (2), exprimée en m<sup>3</sup> de bois/hectare/an, estimée pour chaque parcelle en fonction des essences, du traitement, de la surface, du site, et du temps ; « **la révolution** » (3), période de temps, de l'ordre de 100 à 150 ans, au cours de laquelle, grâce à une rotation précise, les coupes d'exploitation seront effectuées selon la possibilité, et à l'issue de laquelle un nouvel inventaire permettra de juger, par comparaison avec le premier, du **bilan** réel de l'aménagement (4). C'est ainsi que, dans une optique de développement durable, pourra être contrôlée l'évolution du patrimoine forestier, sans préjudice des opérations de mise en valeur améliorant les résultats et sous réserve de la liberté de ralentir ou accélérer la production, en jouant s'il y a lieu, au dessous ou au dessus de la productivité, mais toujours en connaissance de cause par rapport au bilan patrimonial.

Que penser d'autres types « *d'aménagements* », tel celui d'une implantation hydroélectrique en montagne. Il procède bien : d'un *inventaire* (1) (structure topographique du site, conditions environnementales) ; d'une *possibilité* (2), exprimée en kw/site/an, (fonction directe de la pluviométrie, du dénivelé, de la retenue d'eau,...) ; mais rend nécessaire un **équipement** (3), sans lequel cette possibilité ne pourrait être exploitée (barrage, conduite forcée, usine). Cet équipement a un coût, qui va déterminer le prix de l'énergie électrique désormais disponible. Le **bilan** de l'opération (4) résultera d'un simple jeu comptable visant à l'amortissement des installations. Tant qu'un tel aménagement ne prendra pas en compte, à la fois, ce qu'on faisait de cette eau électrique dans une économie montagnarde qui l'utilisait autrement - (on sait, depuis CHOUARD et LONGCHAMBON 1947, qu'un m<sup>3</sup> d'eau en irrigation équivaut à 50 m<sup>3</sup> turbinés en 100 m. de chute) -, et ce qu'on pourrait en faire, avec les nouvelles opportunités offertes par sa disponibilité aval, sans souci d'une responsabilité patrimoniale durable, l'opération n'aura été qu'*une mise en valeur*, non *un aménagement*.

L'exemple de la Mer d'Aral pourrait donner à réfléchir, comme cette curieuse confusion sémantique entre « *Compagnies d'Aménagement* » et « *Sociétés de Mise en valeur* », qui concourent les unes et les autres, avec les mêmes statuts, les mêmes moyens, les mêmes objectifs, à la recherche d'un même développement des ressources d'un territoire.

## PLANCHE 19. PRINCIPES DE ZONAGE



Ces ressources territoriales que vise à exploiter un développement durable s'expriment dans des « *paysages* » intégrant la dynamique relative des écosystèmes naturels et artificiels occupant le terrain, selon des modèles où l'on pourra lire à la fois les antécédents de leur état et les perspectives de leur évolution. Un *zonage* objectif du territoire devrait fournir la clé de tout diagnostic d'intervention.

Avant toute chose, il est nécessaire de disposer d'une information de base, obtenue, soit par les moyens anciens de la cartographie classique, soit de mieux en mieux par un recours à la photo interprétation et à la télédétection, dans une cartographie renouvelée avec l'aide des Systèmes d'Information Géographique et des Modèles Numériques de Terrain.

Le premier niveau de zonage concernera les territoires « **d'égalité apparence** » : dans ce « **zonage isophène** », strictement descriptif, apparaîtront des ensembles de paysages « **A, B, C** », dont l'image révélera à la fois l'extension géographique de chacun et son originalité par rapport aux ensembles voisins, sans préjuger des raisons qui les fondent.

Le second niveau, « **zonage équipotentielle** » précisera un diagnostic « **d'égalité valeur écologique** », tant dans sa réalité que dans son aptitude à évoluer. La mobilisation de toutes les données disponibles est ici évidente, variable et plus ou moins dense en fonction du but recherché, mais toujours propre à

guider une analyse plus fine, éventuellement une expérimentation ciblée. Ces modèles de paysages pourront s'éclairer de *synthèses cartographiques* (*additives* par superposition de cartes paramétriques dont la somme nuancera le zonage ; *soustractives*, par exemple dans la recherche des sites les plus propres à une exploitation « solaire », par élimination successive des expositions défavorables, des pentes inadaptées, des types de végétation sciaphile (aimant l'ombre), etc..).

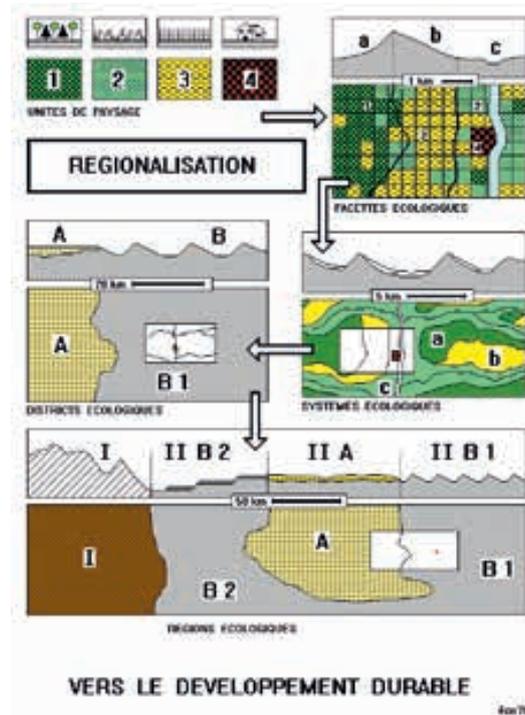
Quant au troisième niveau, prenant en compte à la fois les enseignements du précédent et les perspectives de développement souhaitées, on peut le qualifier de « **zonage d'égale valeur d'aménagement** », dans un effort d'intégration *écologico-économique*, respectant la réalité de chaque ensemble, quitte à la maintenir en l'état, à l'orienter vers le voisin, ou l'en dégager totalement. Il ne s'agit pas, dans la plupart des cas, de rechercher une substitution drastique – (sauf dans le cas « **B – D** », où une urbanisation brutale modifierait la donne)-, mais d'ajuster certaines mises en valeur au mieux des potentialités de chaque ensemble (exemple d'une culture naturelle en « **A** » qui exigerait des plans d'irrigation en « **B** » et de drainage en « **C** »).

On pourrait convenir d'un quatrième niveau : « **zonage d'égale décision** », dès qu'il s'agira de mettre en pratique *l'organisation administrative* des moyens à mettre en œuvre pour réaliser l'aménagement, et cela selon deux options:

- une option « *sélective* » limitant l'action à un territoire très précisément défini (exemple : Parc national) ;
- une option « *complémentaire* », où l'action se situe à l'intersection de plusieurs ensembles (exemple : Mission interministérielle d'aménagement d'un littoral) ;

...mais ceci dépasse le cadre de la présente étude et relève de compétences d'une autre nature que celle d'une « **écosystématique** », fût-elle appliquée.

**PLANCHE 20.**  
**REGIONALISATION ECOLOGIQUE**  
**VERS LE DEVELOPPEMENT DURABLE**



Au terme de cette réflexion qui met en jeu, pour chaque parcelle de terrain, la réalité de l'écosystème qui l'occupe entre ses antécédents et son devenir, on peut tenter, en élargissant la perspective aux dimensions d'un territoire, d'esquisser une procédure de «*synthèses emboîtées*», dans l'optique d'une «**régionalisation de la connaissance**», base d'une régionalisation de l'action. *La planche 20 en illustre les étapes, sur l'exemple d'un espace géographique de l'ordre de 20 .000 km<sup>2</sup> : France Sud Ouest (Landes et Coteaux de Gascogne, Piémont pyrénéen)*

- Tout procède de «**l'Unité de paysage**», sensible, moyennant quelques pixels sur une image de télédétection. Sont retenus ici quatre cas, parmi d'autres : «**1**» forêt ; «**2**» prairie ; «**3**» culture ; «**4**» bâti, (*échelle de perception : cadastre*).
- Ces unités se répartissent en proportions diverses au sein de «**facettes écologiques**», (*échelle de perception : 10.000°*), ici déterminées par la morphologie du terrain : «**a**» versant abrupt rive droite ; «**b**» glacis rive gauche ; «**c**» vallée alluviale. En «**a**» domineront les unités forestières «**1**», en «**b**» les cultures «**3**», en «**c**» les prairies «**2**» et l'urbain «**4**».

- La répétition des facettes «**a, b, c**» entraîne la synthèse vers le «**système écologique**», (*échelle de perception : 25.000°*), ici structuré par la dissymétrie des vallées, générant une trilogie «**1**», très caractéristique du paysage «*coteau de Gascogne*», et différent d'un système voisin «**2**», -non représenté-, applicable au large développement de terrasses alluviales (extension de la facette «**b**») dans le modelé de piémont.
- Ces systèmes «**1**» et «**2**» se grouperont en un «**district écologique**» «**B**», (*échelle de perception : 100.000°*), au contact d'un autre district «**A**» très différent : large étendue sableuse des *Landes de Gascogne*, où la dynamique des écosystèmes se déroule selon d'autres modèles.
- Enfin, l'ensemble des districts de piémont («**A**» ; «**B1, B2, Bn**»), (*échelle de perception : 500.000°*), formera une «**région écologique**» «**I I**», différente, et peut-être complémentaire quant au développement, de la région «**I**» (*Front nord-pyrénéen*), où l'altitude et le modelé du relief entraînent brusquement des comportements écosystémiques d'un autre ordre.

Ainsi, **Régions, Districts, Systèmes, Facettes, Unités**, modulent-ils la hiérarchie des contrôles écologiques susceptibles d'orienter le développement, dans le respect d'équilibres réels entre écosystèmes, garants de leur durabilité. On ne saurait esquiver l'aspect un peu trop théorique de telles perspectives, qu'il n'est sans doute pas facile de mettre en œuvre dans des secteurs de forte et ancienne organisation administrative, ayant imposé leur marque depuis longtemps. Plaiderait cependant dans ce sens de nouvelle sensibilité écologique, la référence de plus en plus fréquente à la notion de «**pays**», bousculant les limites administratives traditionnelles. Par contre, en pays neuf, de telles perspectives peuvent trouver leur place : c'est le cas des régions du *Nouveau Québec* et de la «*Baie James*», où des protocoles d'aménagement ont pu s'inspirer d'une régionalisation hiérarchisée à fondements écologiques.

Loin de vouloir en toute circonstance subordonner l'économie à l'écologie, au risque de bloquer toute initiative concrète, peut-on au moins formuler le souhait qu'une certaine conscience écologique sous-tende l'action de tous ceux qui ont une part à prendre dans un développement qui, à défaut d'être *durable*, pourrait au moins être *soutenu*...Le rapport Bruntland à la Conférence de Rio parlait de «*sustainable development*». Entre «soutenable» et «durable» flotte comme un parfum de responsabilité !

## PERSPECTIVES

L'explosion des moyens modernes « *d'exploitation informatique des données* » a jeté une lumière nouvelle sur la manière de décrire et interpréter les relations entre la Vie et le Milieu, qui sont l'essence même de l'Ecologie. Des protocoles de cartographie interactive jaillissent des S I G et autres M N T, mettant en jeu des associations d'informations et de croisements de variables, qu'il eut été difficile d'imaginer au temps ancien où cette science de l'Habitat, n'intéressait au début qu'une poignée de naturalistes, de géographes, voire d'ethnologues.

La donne a changé après la seconde guerre mondiale, quand l'homme a enfin pris conscience des conséquences de son action sur le milieu naturel et qu'ont vu le jour les premières préoccupations d'aménagement et mise en valeur du territoire, aussi bien que de ses ressources, renouvelables ou non, si bien, qu'entre « *La planète au pillage* » (R. CARSON 1952), qui dénonçait l'emprise exagérée de l'homme sur la vie, et le *Protocole de Kyoto* (1992), qui tente une prospective raisonnable de développement, une véritable révolution écologique s'est emparée tant des milieux scientifiques qu'économiques ou politiques, chacun d'eux s'appuyant, tout en s'en méfiant, sur les deux autres.

De ce concert généralisé, on retiendra la nécessité d'une prise en compte commune des possibilités de chacun, car il est des évidences qui tendent à s'effacer devant des perspectives de jugement que l'on pourrait croire meilleures. N'oublions pas que la végétation naturelle, ou ce qu'il en reste, est un bon intégrateur des « *données de l'environnement* » ; la correspondance entre le tapis végétal, le bioclimat, les conditions de terrain et l'impact humain est parfaitement établie. Appliquée à des cas concrets, et couplée à un réseau limité de mesures expérimentales, la « *référence végétale* » est souvent un puissant facteur d'efficacité et d'économie de moyens – (telle la *cartographie du vent* par la détection des déformations du port des végétaux (*anémomorphoses*) ou celle de la *pollution urbaine* grâce à la répartition des *lichens*, telle enfin la *cartographie électrosolaire*, fondée sur l'analyse des bioclimats)

Encore faudrait-il que tous ceux qu'a réveillés depuis trente ans la conscience écologique sachent prendre la mesure de cette intercommunication nécessaire entre les multiples disciplines associées à l'émergence de ce développement durable, objet de l'attention de tous. Faute d'un langage commun, qu'au moins chacun sache apprécier la part des autres dans la recherche de cet idéal. Ce serait le reflet d'un bon équilibre dans la vie d'un écosystème !

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006, la D A T A R (Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale) est remplacée par la D I A C T (Délégation interministérielle à l'aménagement et à la *compétitivité* des territoires). Les mots

*en italique* soulignent un changement de cap : pluridisciplinarité de l'approche et complémentarité des objectifs. Son action s'appuiera sur un *Observatoire des Territoires*, fondé en 2005, dont les missions concernent l'exploitation de tous documents interactifs, susceptibles d'étayer tout diagnostic d'aménagement.

On peut souhaiter que soient pris en compte, avec toutes leurs possibilités d'interprétation, les enseignements tirés de la dynamique des écosystèmes, tels que peuvent les percevoir les familiers de l'observation de la nature et des impacts de l'homme sur le milieu, à charge pour eux de savoir mobiliser, à l'intention des décideurs, la masse d'informations dont ils disposent, qui mérite d'être connue du plus grand nombre d'intervenants.

Un immense effort d'intercommunication et de pédagogie mutuelle est indispensable. Ainsi, nos *générations futures* sauront-elles apprécier si notre « *développement durable* » est bien dans la ligne du « *sustainable development* » souhaité par la Conférence de RIO.



## ELOGE DE M. LE PROFESSEUR JEAN COMBES

Par M. Henri MASCART

Il me revient d'évoquer la mémoire de mon maître, le Professeur Jean COMBES. Le Recteur Robert DELTHEIL l'accueillit à la Faculté des Sciences de Toulouse le 1<sup>er</sup> octobre 1945, puis dans notre compagnie le 24 mai 1956 ; il convient d'observer que les deux hommes, à quelques années près, avaient le même « palmarès » : reçu premier à la fois à la rue d'Ulm et à la rue Descartes, reçu premier au concours de l'agrégation de mathématiques.

Revenons en arrière. Au gré des nominations de son père, il termine ses études secondaires à Toulouse, et entre, à 18 ans, à l'Ecole Normale Supérieure où il fait partie de la promotion 1941; il y rencontre son meilleur et plus fidèle ami, le futur Recteur Yves MARTIN, mais, aussi, Gérard DEBREU, le seul Français titulaire du prix Nobel d'économie. En réalité, il passe d'abord un an aux Chantiers de jeunesse. Puis, en une période de restrictions, la vie rue d'Ulm est facilitée, m'a-t-il confié, par le fait que le statut des élèves est assimilé à celui des pompiers.

Trois ans lui suffisent pour soutenir brillamment, le 20 juin 1949, sa thèse devant un jury composé de Paul MONTEL, Jean FAVARD et Georges VALIRON, qui a suivi ses travaux de recherche. Elle le conduit, comme je l'ai dit, à une Maîtrise de conférences à Toulouse. Hélas, il n'a pas 30 ans, âge requis pour accéder à une Chaire. En attendant, il est chargé en 1953 du cours PECCOT au Collège de France, la plus haute distinction pour un jeune mathématicien.

Le premier octobre 1953, il est nommé dans la Chaire de Mécanique rationnelle et appliquée, qui avait été laissée vacante à son intention ; enfin le 1<sup>er</sup> octobre 1961 il obtient la Chaire de calcul différentiel et intégral, que le Recteur DELTHEIL vient de quitter. Dès lors, sa carrière se poursuit à Toulouse jusqu'en 1967, quand il est appelé à la Faculté des Sciences à Paris avant d'opter pour l'Université de Paris VI, tout en étant chargé d'enseignement à l'Ecole Polytechnique. Il fréquentait peu les congrès, si l'on excepte les Congrès internationaux d'Edimbourg, de Moscou, de Nice.

Il a toujours su dispenser un enseignement de grande qualité, de clarté, de rigueur. C'est la conséquence de sa formation en analyse classique très

fine sous la direction de VALIRON. Ainsi, ses articles « Sur quelques systèmes infinis d'équations linéaires » ont ouvert un vaste champ de travaux, aussi bien de ses élèves que des miens. Et c'est l'occasion de répéter avec quelle attention délicate il s'intéressait aux recherches de ceux qu'il avait accepté de diriger.

Ces qualités se retrouvent non seulement dans ses publications proprement scientifiques mais aussi dans des ouvrages didactiques, tel ce volume sur « Suites et séries ».

Il faut dire un mot de l'homme. Il est né à Saint-Chély-d'Apcher ; cette ville a tenu une grande importance dans sa vie, dans sa vie familiale ; il aimait à y réunir ses enfants et petits-enfants. C'était un homme imposant, mais d'une grande simplicité, qui n'excluait pas une pointe d'humour. En un mot, il bénéficiait de l'estime de tous. Il aimait à faire allusion à ses séjours réguliers à Madagascar. La fin de sa vie a été assombrie par une terrible maladie ; et les siens l'ont aidé jusqu'au bout.

Je n'oublie pas qu'il s'agit d'un éloge académique. Jean COMBES a été élu le 20 juin 1958 Associé ordinaire (ce qui correspond actuellement à « membre titulaire »). Il prononce une Communication le 24 avril 1963. Il est transféré en 1967 dans la classe des Membres non résidants. Puis, 16 ans après, il a bien voulu présider le jury de thèse d'un de mes élèves (jury où se trouvait, également, le Doyen de la Faculté des sciences de Rabat) ; je lui ai suggéré de participer, à cette occasion, à nos travaux, ce qui explique sa présence parmi nous le 24 novembre 1983.

Aujourd'hui aussi il est parmi nous ; et c'est ce que, maladroitement, j'ai essayé d'imaginer.

# ALIMENTS / SANTÉ : ENTRE SCIENCE, BON SENS ET MARKETING

Par M. Alain-Michel BOUDET<sup>1</sup>

Cette présentation se situe comme son titre l'indique au carrefour d'observations scientifiques, de comportements de bon sens et il faut bien le dire de dérives et d'exagérations dans la communication autour de produits alimentaires. La science assez précise dans l'identification des aliments dangereux ou favorisant certaines pathologies demeure très prudente pour établir des liens de causalité entre consommation de certains aliments<sup>2</sup> et prévention ou guérison de maladies spécifiques.

Trois remarques liminaires :

- \* la notion selon laquelle l'alimentation est un facteur particulièrement important, voire déterminant, pour la santé est une notion ancienne. On la retrouve déjà chez Hippocrate au Vème siècle avant JC, « que ton aliment soit ta seule médecine », chez Galien 2 siècles après JC ou encore chez Avicenne aux alentours de l'an mille. Il faut noter que cette vision a été initialement énoncée à des époques où l'alimentation souffrait très fréquemment de carences ou de déséquilibres importants.

Au-delà de la recherche d'un bon équilibre alimentaire garant d'un état physiologique satisfaisant émerge actuellement un intérêt pour des aliments à rôle préventif ou même curatif sur des pathologies spécifiques.

- \* pour répondre à cette demande que l'on peut qualifier de sociétale, on observe la multiplication de compléments alimentaires ou de différentes catégories d'aliments santé que l'on retrouve souvent sous des noms à consonances attractives mais trompeuses du type « alicaments » ou « nutraceutiques » ou encore aliments fonctionnels. Ce marché est l'objet d'enjeux industriels et commerciaux puissants, ce qui constitue une source de dérapage quant à la réalité des promesses qui correspondent très rarement à des faits démontrés de façon rigoureuse. La régulation, en particulier à l'échelle Européenne, de ces « allégations santé » se met cependant actuellement en place.

---

<sup>1</sup> Communication présentée à l'Académie en sa séance du 13 décembre 2012.

<sup>2</sup> Dans ce texte on distinguera les termes d'aliments : constituants de base de notre alimentation (viande, légume, céréale ...) et de nutriments : composés élémentaires des aliments (protéines, glucides, lipides, vitamines ...) pouvant parfois être assimilés sans aucune modification chimique.

Donnons ici la définition des **aliments fonctionnels** et des **compléments alimentaires** :

*« Un aliment peut être considéré comme fonctionnel s'il est démontré de manière satisfaisante qu'il affecte de manière bénéfique une ou plusieurs fonctions cibles dans l'organisme, au-delà d'effets nutritionnels adéquats, d'une façon pertinente pour une amélioration de la santé et du bien être, ou une réduction d'un facteur de risque de maladie. Il doit rester un aliment ; ses effets doivent être établis pour des quantités susceptibles d'être normalement ingérées dans le cadre d'une alimentation usuelle ; ce ne sont ni des pilules, ni des capsules, mais une fraction d'un régime alimentaire normal ».*

**« Complément alimentaire »**

*« Un produit destiné à être ingéré en complément de l'alimentation courante afin de pallier une insuffisance réelle ou supposée des apports journaliers ».*

Cette définition fait donc clairement des compléments alimentaires une catégorie d'aliments dotés d'une valeur nutritionnelle ou oligodynamique (minéraux et vitamines). Il ne s'agit pas de médicaments.

- \* De nombreux programmes de recherche se développent pour répondre à l'attente de l'opinion vis-à-vis d'aliments à vertus préventives ou curatives vis-à-vis des principales pathologies. Tout en n'excluant pas que la recherche et l'innovation ouvrent de nouvelles perspectives il faut bien souligner que les programmes d'investigation basés sur une démarche rigoureuse conduisent plutôt à tempérer les enthousiasmes excessifs et les annonces prématurées. Contrairement à des secteurs ou les avancées de la recherche et le progrès technologique sont refusés par une opinion inquiète, c'est ici le message rigoureux de la science vis-à-vis d'excès de communication qui est peu entendu par une opinion crédule et avide de solutions miracles.

Dans ce contexte, la science peut aussi être dévoyée et son « aura » détournée à des fins d'intérêt personnel ou de recherche de publicité en particulier, dans le cadre d'ouvrages de grande diffusion vantant les bénéfices affirmés de certains composants alimentaires sans aucune démonstration scientifique. S'adressant à des auditoires souvent fragilisés par la maladie, ces préconisations fondées sur des analyses superficielles et subjectives transgressent l'éthique minimum en la matière.

Dans ce domaine la crédulité est sans borne et l'esprit critique annihilé tant la santé est considérée comme un bien précieux à protéger.

Nous examinerons l'ensemble du problème selon 4 grandes parties.

- I. L'évolution des comportements alimentaires. Aliments/nutriments à impact défavorable sur la santé**
- II. Une analyse critique des méthodes d'approche et des résultats concernant l'identification d'aliments/nutriments à effets favorables sur la santé.**
- III. Des explications biochimiques et moléculaires des effets protecteurs ou favorables détectés.**
- IV. Un survol des arguments marketing des firmes agro-alimentaires et des nouvelles réglementations concernant les allégations santé.**

*I. Comportements alimentaires. Aliments/nutriments à impact défavorable sur la santé<sup>3</sup>*

Evolutions et disparités de l'alimentation :

Si l'on considère les évolutions majeures des pratiques alimentaires durant les 50 dernières années on assiste globalement à :

- Une transition vers un régime proportionnellement plus riche en lipides et plus pauvre en glucides
- Une alimentation plus diversifiée (fruits et légumes d'origines diverses en toutes saisons)
- Une mutation profonde de l'offre alimentaire avec un recours accru aux produits transformés et aux aliments prêts à consommer et à une expansion de la grande distribution alimentaire (84 % des dépenses alimentaires des ménages viennent de l'industrie agroalimentaire).
- Une information croissante sur la nature et la composition des produits alimentaires répondant à une exigence accrue des consommateurs.

On assiste par ailleurs à de profondes disparités économiques et sociales au niveau de l'alimentation. Des différences notoires de comportement apparaissant entre consommateurs selon leurs revenus, leur niveau de formation ou leur classe sociale. Les milieux aisés ou diplômés sont faibles consommateurs de viande, forts consommateurs de fruits et légumes et pratiquent une alimentation diversifiée. C'est par ailleurs dans les classes sociales favorisées que les normes d'alimentation issues de la sphère médicale ont le plus d'influence.

Actions des pouvoirs publics :

Dans le domaine des relations alimentation / santé différentes initiatives sont conduites par les pouvoirs publics.

---

<sup>3</sup> Les données présentées dans ce paragraphe sont en partie empruntées à l'expertise collective de l'INRA 2010 sur les « comportements alimentaires : quels en sont les déterminants ? quelles actions, pour quels effets » [www.inra.fr](http://www.inra.fr)

- Le programme national nutrition santé (PNNS) lancé en 2001 et reconduit en 2006 est l'instance de référence en matière de nutrition ([www.mangerbouger.fr/pnns/](http://www.mangerbouger.fr/pnns/)). Il a pour objectif général d'améliorer l'état de santé de l'ensemble de la population en agissant sur l'un de ses déterminants majeurs : la nutrition.

Son action est focalisée sur 4 axes principaux :

1. réduire l'obésité et le surpoids dans la population ;
2. augmenter l'activité physique et diminuer la sédentarité à tous les âges ;
3. améliorer les pratiques alimentaires et les apports nutritionnels chez les populations à risque ;
4. réduire la prévalence des pathologies nutritionnelles (dénutrition, troubles du comportement alimentaire).

- Le programme national pour l'alimentation (PNA) (<http://alimentation.gouv.fr/>) vise pour sa part à faciliter l'accès de tous à une alimentation de qualité, sûre et diversifiée de manière durable.

Les actions de ces structures reposent, à titre d'exemples non exhaustifs, sur la diffusion d'informations nutritionnelles et de recommandations sur les comportements protecteurs (les fameux 5 fruits et légumes par jour) et sur des initiatives en direction des professionnels telles que les chartes d'engagement volontaire de progrès nutritionnels signées avec les industriels (réduction des teneurs en sel ...). Il faut noter que les recommandations de ces programmes santé validées par les études les plus approfondies ne conduisent pas à prescrire un aliment spécifique ou un constituant spécifique d'un produit alimentaire.

#### Typologies alimentaires et santé :

L'examen de comportements alimentaires différenciés représente une approche qui peut se révéler informative dans la mesure où les relations avec l'état de santé peuvent être évaluées secondairement a posteriori. On a pu définir un « healthy pattern » (produits laitiers maigres, légumineuses, fruits, poisson, eau ...) favorable à la santé et un « western pattern » (viandes rouges, pomme de terre, margarine, sauces, boissons alcoolisées) associé à des facteurs de risque : maladies cardiovasculaires, cancer, obésité.

Un régime global associé à un environnement socio-culturel peut se révéler bénéfique ou délétère sans que l'on sache toujours quels constituants ou quelle combinaison de constituants sont responsables des effets observés. On ne peut non plus trancher dans un cas favorable entre les effets bénéfiques de certains apports ou l'absence d'effets négatifs de certains nutriments. Au final il est difficile en pratique d'isoler le rôle de tel ou tel nutriment ou aliment, l'absorption d'un nutriment pouvant en mélange favoriser ou réduire les effets d'autres nutriments.

Aliments/nutriments à impact défavorable sur la santé :

A la suite de nombreuses études épidémiologiques, on a pu montrer que les 3 grandes pathologies — cancers, maladies cardiovasculaires et obésité — ont des déterminants nutritionnels en partie communs : excès de sel, de sucre, d'acide gras saturés ... à ce titre, ils sont la cible privilégiée des campagnes de santé publique.

Le sel favorise l'hypertension artérielle (augmentation des résistances périphériques vasculaires) et le cancer de l'estomac, le sucre l'obésité et le diabète, les acides gras saturés (pour des concentrations dépassant les apports quotidiens de l'alimentation du sud de la France) augmentent le risque cardio-vasculaire en amplifiant la formation de cholestérol et de la plaque d'athérome. Si l'on considère une pathologie comme le cancer, d'autres facteurs de risques clairement liés à la prévalence de certains cancers sont maintenant identifiés. L'alcool même à petite dose favorise certains cancers (bouche, pharynx, oesophage, rectum pour les buveurs de bière, cancer du sein pour les femmes). L'Institut National du Cancer a ainsi officiellement annoncé en 2009 que la consommation d'alcool même en faible quantité est dangereuse et recommande une abstinence totale en la matière. On arrive ici à une contradiction avec l'idée reçue selon laquelle la consommation d'un à 2 verres de vin quotidien est bonne pour la santé. Bonne sans doute pour les maladies cardiovasculaires et cérébrovasculaires mais dangereuse dans le cas du cancer ! Comment s'y retrouver et quel comportement adopter ?

Par ailleurs une consommation importante de viande rouge et surtout de charcuterie augmente les risques de cancer du côlon. Différentes théories sont avancées pour expliquer les effets de la viande rouge avant ou après cuisson (présence d'hème de l'hémoglobine favorisant la prolifération cellulaire et l'inflammation) ou formation de benzopyrènes cancérigènes lors de grillades au barbecue. Il s'agit cependant d'un problème de dose et d'attitude mesurée car la viande rouge est utile en apportant fer et vitamine B12 pour éviter l'anémie. Dans le cas de charcuterie, le sel et les nitrites sont les composants toxiques et les cancers favorisés sont ceux du côlon de façon plus significative que pour la viande rouge.

***II. Méthodes d'approche et résultats concernant l'identification d'aliments à effets favorables sur la santé et les conclusions qui en dérivent :***

Au-delà de corrélations déjà évoquées entre comportements alimentaires spécifiques et fréquence d'apparition de certaines pathologies, d'autres stratégies visent à approfondir et à confirmer ces corrélations ou à identifier des nutriments à effet protecteur ou curatif.

Les études peuvent se situer à différents niveaux de complexité allant de systèmes simplifiés à l'organisme humain. On peut ainsi envisager l'impact des constituants considérés sur les macromolécules : ADN, protéines,

enzymes ou sur des cultures cellulaires. On peut de façon plus proche des conditions réelles de l'alimentation expérimenter sur des rongeurs ou beaucoup plus rarement sur des primates. Cependant ce sont les études sur l'humain qui peuvent aboutir à des conclusions fiables. Il s'agit alors d'études épidémiologiques relevant de l'observation ou d'essais cliniques relevant de l'intervention qui examinent sur des cohortes d'individus (plus ou moins nombreuses) l'impact positif ou négatif de l'alimentation sur des marqueurs nutritionnels (indice de masse corporelle, glycémie, cholestérolémie ...) ou sur le plus long terme sur la survenue de maladies. Ceci implique des comparaisons entre sous populations pour lesquelles on introduit ou non un nutriment spécifique dans l'alimentation. Il s'agit ainsi d'évaluer les effets de ces nutriments (fibres, vitamines, anti-oxydants, acides gras de type oméga-3) ou plus largement de la consommation d'aliments spécifiques isolés ou en mélange (tomates, carottes..) ou de groupe d'aliments (légumes, fruits, poissons ...).

Ces études présentent toutes des limites conceptuelles ou méthodologiques :

- l'effet d'un nutriment ou d'un aliment peut être modulé par d'autres composantes du régime. Cela devrait conduire à des régimes strictement identiques à l'exception du composé ou des composés étudiés ;
- les effets spécifiques peuvent se révéler trop faibles pour être détectés ;
- les données sont obtenues à partir de la participation volontaire d'un échantillon de la population qui n'est pas toujours représentatif ;
- au-delà des variables nutritionnelles, des facteurs sociaux économiques, psychologiques peuvent brouiller l'interprétation des relations causales entre alimentation et santé ;
- les données les plus valides devraient être obtenues, de façon idéale (mais théorique), à partir de populations symétriques de jumeaux vrais soumis à des conditions d'environnement, y compris émotionnel, identiques.

Chez l'homme les essais cliniques randomisés en double aveugle contre placebo sont les seules vraies preuves qu'un aliment ou un nutriment a un effet sur une maladie. Ces essais coûtent, pour un seul nutriment ou aliment, entre 10 et 70 millions de dollars et prennent entre 3 et 10 ans. On comprend qu'il y en ait très peu. L'obtention de conclusions univoques se révèle donc extrêmement rare.

Dans ce contexte et devant l'attente du public, il suffit parfois d'une observation publiée dans un laboratoire montrant l'effet d'un nutriment sur la réduction de la prolifération de cultures cellulaires pour que certains médias concluent très hâtivement à la découverte d'un effet anti-cancéreux et recommandent implicitement la consommation de ce nutriment, l'effet bénéfique n'étant par la suite jamais confirmé.

Une convergence d'observation démontre cependant les effets positifs d'une consommation de fruits et légumes et de fibres. Des effets positifs ont été fortement suggérés pour le sélénium et les acides gras oméga-3 mais les résultats comme pour d'autres constituants sont parfois contradictoires.

Un cas emblématique est celui des acides gras insaturés à longue chaîne dits oméga-3, essentiels pour l'organisme qui ne peut les synthétiser en quantités suffisantes. Ils sont donc apportés par l'alimentation, huiles végétales et poissons gras ... On leur a prêté de nombreuses vertus : bienfaits cardiovasculaires, prévention du cancer, de la maladie d'Alzheimer, remède à la dépression ... La médiatisation de ces bénéfices a fait naître un marché florissant de compléments alimentaires et la recommandation de certains comportements alimentaires (consommation de poisson gras). Cependant une étude récente publiée en septembre 2012 dans le *Journal of the American Medical Association* (JAMA) ne montre pas de relation entre la prise de ces acides gras et une réduction de la mortalité d'origine cardiovasculaire en considérant l'analyse combinée de 20 études chez un total de 70 000 patients. Le recours aux oméga-3 pour prévenir la formation de la plaque d'athérome ou la survenue d'un infarctus du myocarde n'est pas efficace, concluent différents spécialistes. En revanche ils pourraient être efficaces chez des personnes présentant des troubles du rythme ou des antécédents familiaux de mort subite. Reste à savoir si leurs vertus proclamées dans d'autres domaines et notamment le cancer seront également infirmées. Au delà de ces apparentes contradictions le message est également brouillé pour certains aliments ou nutriments jouant un rôle dans la prévention d'un cancer spécifique et favorisant au contraire un autre type de cancer. Les recommandations du Fonds mondial de Recherche contre le Cancer sont extrêmement générales en soulignant l'intérêt de consommer principalement des aliments d'origine végétale et l'inutilité des compléments alimentaires.

Sur un plan général la science déçoit sans doute et ne fait que corroborer des observations empiriques sur les bienfaits de certains régimes (régime crétois) sans apporter, à quelques exceptions près, de certitudes nouvelles sur les effets de nutriments ou d'aliments spécifiques. Il faut d'ailleurs souligner que lorsqu'un effet bénéfique est constaté à la suite d'études longues et nombreuses sur des cohortes d'individus, les bénéfices observés tout en étant significatifs, demeurent faibles.

Au final on peut, par extension, rassembler sous le vocable aliments-santé une gamme de produits qui ne revendiquent pas la présence en leur sein de composants bénéfiques pour la santé mais pour lesquels on souligne l'absence ou les moindres proportions de nutriments à effets défavorables ou mal tolérés. C'est ainsi que se développent des produits moins riches en calories pour lutter contre l'obésité, appauvris en sel, en acides gras trans, en cholestérol ou encore ne contenant pas de gluten, de lactose ou

de substances allergéniques pour certaines classes de la population réagissant défavorablement à ces composés. Un exemple illustratif est représenté par le lait « Matin Léger » de Lactel contenant seulement 0.5 % de lactose, adapté aux consommateurs qui ne digèrent pas le lactose. Le bénéfice est significatif, seule la saveur naturellement sucrée de ce type de lait peut entraîner quelques réserves. Dans les cas évoqués ci-dessus l'argument marketing n'est pas trompeur mais il faudrait distinguer avec précision l'impact bénéfique attendu en regard du surcoût généralement observé pour ces produits. En effet les réductions de nutriments annoncés, si elles sont réelles, peuvent demeurer symboliques et en conséquence leurs effets négligeables.

Les réglementations Européennes et des associations de consommateurs s'appliquent à distinguer parmi les différentes offres les effets réels ou, seulement supposés.

### ***III. Des explications biochimiques et moléculaires des effets protecteurs ou favorables observés dans le cas des fruits et légumes et des fibres***

Toutes les études coïncident pour attribuer un rôle protecteur aux fruits et aux légumes vis-à-vis de diverses pathologies. Mais par quels mécanismes ces aliments exercent-ils leurs effets ? Tout d'abord il faut rappeler que les végétaux ont des capacités de biosynthèse extrêmement diversifiées et qu'ils renferment une large gamme de molécules appelées parfois métabolites secondaires ou substances naturelles qui sont souvent spécifiques d'une espèce ou d'une famille végétale ; ces composés appartiennent en particulier à 3 grandes familles majeures : les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes qui collectivement représentent plus de 15 000 structures chimiques différentes.

Ce sont ces composés qui seraient en partie responsables de ces effets protecteurs. Comme ils sont le plus souvent présents en petite quantité et seulement présents chez certains aliments végétaux il faut avoir une alimentation végétale suffisante et diversifiée pour améliorer la protection en combinant leurs effets individuels. Cette théorie est soutenue par des essais réalisés sur des rongeurs qui montrent par exemple le rôle protecteur de ces microconstituants issus de diverses productions végétales sur divers cancers.

Les mécanismes impliqués dans ces effets protecteurs sont potentiellement multiples (arrêt de la prolifération cellulaire, amélioration des systèmes de détoxification de la cellule ...) mais le plus vraisemblable et le mieux démontré concerne le rôle de certains d'entre eux en tant que pièges à forme activées d'oxygène.

#### **Les composés à effets antioxydant dans la lutte contre le stress oxydatif**

L'organisme produit naturellement à travers diverses réactions chimiques des espèces réactives de l'oxygène (ERO) qui dérivent de l'oxygène moléculaire mais présentent comme leur nom l'indique une forte réactivité

chimique. Il s'agit à titre non limitatif, du peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ou de radicaux libres comme :

- l'anion superoxyde (O<sub>2</sub>•-)
- l'hydroxyle (HO•)

Un radical est une espèce chimique possédant un ou plusieurs électrons célibataires (non appariés) et pouvant réagir avec d'autres molécules de différentes manières. Ainsi une quantité trop importante de radical hydroxyle peut endommager rapidement des biomolécules telles que l'ADN, les protéines, les lipides ; les conséquences sont multiples : accélération du vieillissement, induction de pathologies (cancer, maladies cardiovasculaires). Il faut donc combattre les ERO à travers plusieurs stratégies : prévenir leur formation, les neutraliser, réparer les dommages causés par les ERO.

*L'organisme produit ainsi naturellement des moyens de lutte contre les ERO à travers la production de vitamine E (antioxydante) ou d'enzymes de dégradation des ERO comme la catalase et la superoxyde dismutase qui agissent respectivement sur le peroxyde d'hydrogène et l'anion superoxyde. L'organisme peut aussi acquérir d'autres lignes de défense dans sa nourriture à travers l'absorption de vitamine C, de caroténoïdes ou de flavonoïdes.*

*Prenons le cas des flavonoïdes composés phénoliques dont nous pouvons consommer jusqu'à 800 mg par jour. Les flavonoïdes composés phénoliques en C15 sont responsables de la coloration (orange, rouge, blanc ..) de différents produits de notre alimentation (fruits, légumes, vin, thé ...).*

*Ils peuvent :*

- empêcher la production d'ERO en piègant des ions métalliques Fe, Cu qui favorisent la formation d'ERO.
- neutraliser des ERO en interagissant avec le radical hydroxyle avec formation d'un nouveau radical peu réactif dérivé du flavonoïde impliqué qui sera ensuite dégradé en produits non toxiques (figure).

*Les flavonoïdes de notre alimentation permettent ainsi de lutter contre le stress oxydant et présentent en outre d'autres activités biologiques supposées : activités vasculoprotectrices et anti-inflammatoires.*

#### L'action bénéfique des fibres à travers leur rôle sur le microbiote intestinal

Les fibres correspondent à un ballast alimentaire non digestible. Elles induisent une sensation de satiété et évitent les prises alimentaires trop répétées et facilitent le transit intestinal. Elles sont présentes chez tous les aliments végétaux et particulièrement abondantes dans certains compléments alimentaires comme le son d'avoine.

Si les fibres bénéficient d'un préjugé favorable en tant qu'apport alimentaire, des travaux récents éclairent leurs effets bénéfiques sur l'organisme à travers leur action sur le microbiote intestinal.

*Un microbiote correspond à l'ensemble des microorganismes d'un écosystème donné. On pourra ainsi parler de microbiote du sol, des profondeurs marines et chez l'homme du microbiote intestinal. Si la notion de flore intestinale est depuis longtemps admise, ce n'est que récemment que l'on a pris conscience de l'importance quantitative et qualitative sur la santé du microbiote intestinal.*

*On sait maintenant que le microbiote intestinal, constitué de 3 phyla bactériens majeurs : Bacteroidetes, Actinobacteria, Firmicutes, est représenté globalement par plus de 10 000 espèces dont seulement 30 % sont cultivables. Notre microbiote individuel est à la fois très spécifique et présente un « noyau » bactérien d'espèces qui est commun à l'ensemble des individus.*

*Des projets internationaux (metaHit) ont utilisé une approche métagénomique (séquençage en mélange de l'ADN du microbiote intestinal) pour connaître les gènes des espèces concernées et en déduire le nombre d'espèces constitutives du microbiote. Les résultats sont spectaculaires : le microbiote intestinal comprendrait 100 milliards de cellules bactériennes ce qui correspond à 10 fois le nombre de cellules de notre corps. Globalement il porte 3.3 millions de gène soit 150 fois le génome humain. Il est d'une grande stabilité avec une aptitude à retourner à l'état initial en cas de perturbation.*

*De façon plus intéressante on observe des relations étroites entre composition ou évolution du microbiote et certaines pathologies. Ainsi trouve-t-on, progressivement, au niveau du microbiote des explications potentielles de l'efficacité des défenses immunitaires de l'obésité, de maladies inflammatoires de l'intestin ou même de maladies neurologiques.*

Les mécanismes d'action du microbiote doivent encore être précisés mais sa composition pourrait être exploitée comme un outil de diagnostic fin du risque de développement de certaines pathologies. Par ailleurs l'intervention sur la composition du microbiote peut représenter une approche thérapeutique ou d'amélioration du bien être physiologique. Ceci est déjà envisagé par apport de bactéries à effets bénéfiques dénommés probiotiques, appartenant aux genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* qui stimulent le système immunitaire. Cependant toutes les souches n'ont pas cette propriété qui est souche dépendante et il faut donc avoir des preuves scientifiques solides pour affirmer une telle propriété. De plus seule une faible proportion des espèces microbiennes de notre intestin est cultivable donc administrable.

Une autre possibilité qui relève davantage de la thématique considérée dans cet article consiste à apporter dans l'alimentation des éléments : les prébiotiques favorisant la prolifération d'espèces bactériennes bénéfiques. Les prébiotiques assimilables à des compléments alimentaires sont définis comme des composants non digestibles qui stimulent dans le côlon la

prolifération ou l'activité de bactéries commensales spécifiques. Les oligosaccharides non digestibles ont fait l'objet d'un grand nombre de recherches et parmi eux et à titre d'exemple les isomalto-oligosaccharides particulièrement utilisés en Asie représentent un marché en croissance en Europe et aux USA. Ils stimulent la croissance des Bifidobactéries et des Lactobacilles qui ont des effets immunostimulants et anticaries.

De façon plus générale, il a été montré qu'une alimentation riche en fibres favoriserait la diversité microbienne du côlon, diversité qui est réduite dans diverses situations pathologiques. Les fibres qui sont chimiquement formées de polysaccharides seraient métabolisées dans la partie distale du côlon (sans avoir d'effets énergétiques significatifs) et donnerait naissance à des métabolites bactériens à rôle bénéfique par leurs effets oligodynamiques (anti-inflammatoires, antioxydants ...).

#### ***IV. Un survol des arguments marketing des firmes agro-alimentaires et des nouvelles réglementations concernant les allégations santé.***

L'attente des consommateurs, leur adhésion trop facile à des slogans sommaires et souvent racoleurs ont entraîné le développement d'une branche de l'industrie agroalimentaire axée sur la promotion et la vente d'aliments fonctionnels et de compléments alimentaires. Cette activité en forte croissance se révèle extrêmement rémunératrice. Selon le cabinet d'études «Packaged Facts» le marché mondial des ingrédients, des compléments alimentaires et des produits alimentaires et cosmétiques dits enrichis en oméga-3 serait évalué annuellement à 13 milliards de dollars, avec une croissance de 15 à 20 % par an. Le marché européen annuel des prébiotiques est estimé pour sa part à 767 millions d'euros avec une croissance d'environ 15 % par an.

Au-delà des arguments publicitaires traditionnels des allégations plus directement orientées vers le bénéfice santé de produits à composition spécifique se sont développées au cours des vingt dernières années souvent de façon anarchique.

Deux cas sont ici présentés à titre d'exemple :

- la margarine fruit d'or enrichie en phytostérols dont les effets sont reconnus pour réduire dans des proportions limitées mais significatives le taux de cholestérol. Sa présence dans les linéaires des grandes surfaces est cependant inadaptée car elle devrait être consommée après avis médical pour les personnes sous anticholestérolémiants.
- Les yaourts ou boissons lactées enrichis en probiotiques dont le message publicitaire trop affirmatif sur la stimulation des défenses naturelles a dû être modulé à la suite de la mise en place de procédés de contrôle et d'une réglementation européenne sur les allégations santé.

Pendant longtemps les arguments publicitaires des firmes cherchant

à associer leurs produits à un bénéfice santé n'ont pas été réellement contrôlés sans obligation de démonstration rigoureuse de leurs effets. La réglementation européenne étant sur ce sujet fragmentaire et parfois contradictoire entre le droit de l'alimentation et celui de la santé, une approche globale et harmonisée devait être apportée. Après d'assez longues concertations la commission européenne (Journal Officiel de l'Union Européenne) a établi en date du 16 mai 2012 une liste des allégations santé portant sur les denrées alimentaires. Cette liste exclut pour le moment les allégations faisant référence à la réduction du risque de maladie ainsi qu'au développement et à la santé infantiles qui feront l'objet de décisions ultérieures. La liste énumère les mentions et leurs conditions d'emploi pouvant être utilisées sur les étiquetages des denrées alimentaires pour en vanter les bénéfices pour la santé. Ces nouvelles réglementations devraient apporter, au bénéfice des consommateurs, plus de clarté et de rigueur au niveau de la relation ou du lien de cause à effet entre une denrée alimentaire ou l'un de ses composants et l'effet allégué.

A titre indicatif sont reportés ci-dessous les conditions d'exploitation de 2 allégations santé.

*Extrait du Journal officiel de l'Union Européenne – 16 mars 2012 -*

Acide linoléique	L'acide linoléique contribue au maintien d'une cholestérolémie normale	L'allégation ne peut être utilisée que pour une denrée alimentaire fournissant au moins 1,5 g d'acide linoléique pour 100 g et 100 kcal. Le consommateur doit être informé que l'effet bénéfique est obtenu par la consommation journalière de 10 g d'acide linoléique.
Polyphénols présents dans l'huile d'olive	Les polyphénols présents dans l'huile d'olive contribuent à protéger les lipides sanguins contre le stress oxydatif	L'allégation ne peut être utilisée que pour de l'huile d'olive contenant au moins 5 mg d'hydroxytyrosol et ses dérivés (comme le complexe oleuropéine et le tyrosol) pour 20 g d'huile d'olive. L'allégation peut être utilisée si le consommateur est informé que l'effet bénéfique est obtenu par la consommation journalière de 20 g d'huile d'olive.

On peut noter que les allégations sont conditionnées par les quantités de constituants ingérées et par la fréquence d'utilisation.

**Éléments de conclusion :**

L'homme a pendant longtemps cherché à se nourrir pour satisfaire ses besoins minimums et subsister. Actuellement dans les pays développés il cherche à travers l'alimentation à optimiser son « bon état physiologique » et même à prévenir ou à traiter des pathologies spécifiques. De l'aliment sain on passe au mythe de l'aliment miracle dans un domaine où l'attente et la crédulité de l'opinion se révèlent souvent sans limites. Or sur le sujet des aliments santé la science est extrêmement prudente et réservée. Les difficultés méthodologiques liées aux études épidémiologiques rigoureuses, les interactions complexes entre aliments et nutriments, les dimensions psychologiques liées à l'alimentation rendent les conclusions et les préconisations extrêmement aléatoires.

De ce point de vue les recommandations récentes des Académies nationales de Médecine et de Pharmacie (2011) sont marquées par la prudence :

*« Elles rappellent que, pour une très grande part de la population, le bon usage d'une alimentation variée et équilibrée, sans compléments d'aucune sorte, suffit à apporter tous les nutriments nécessaires à la santé, et que l'usage de produits porteurs d'allégations ou présentés comme des compléments n'est justifié que pour des groupes de la population générale ou des situations de déficience caractérisées.*

*Elles insistent sur le caractère anxiogène d'une recherche de profils nutritionnels spécifiques pour les individus qu'elle coupe de leur physiologie et de la perception de leurs propres besoins et rappellent avec force que l'alimentation doit rester un acte simple et spontané, affranchi de tout calcul, et de toute autosurveillance obsessionnelle (orthorexie). L'aliment doit rester, conformément à la définition formulée par le Professeur Trémolières « une denrée comestible, nourrissante, appétente, et coutumière. »*

Au final beaucoup de bon sens et de mesure et peu de ruptures. Les recherches continuent à se développer et les champs nouveaux du microbiote intestinal d'une part et de l'épigénétique d'autre part sont susceptibles d'apporter des informations nouvelles sur l'influence de nos bactéries commensales et l'impact de la régulation des gènes par l'alimentation sur notre santé.

Dans l'immédiat, sans négliger les avancées déjà acquises, nous devons considérer que notre alimentation est pour l'essentiel saine et que son équilibre dépend de nous. Son évolution qualitative a représenté une composante significative de l'augmentation de l'espérance de vie dans notre pays. Sur un plan plus général et pour calmer nos impatiences n'oublions pas que sur la planète terre 2 milliards d'individus souffrent de malnutrition avec maladies et décès associés. Près d'un milliard souffrent de sous-alimentation chronique (carence calorique) et 9 millions en meurent chaque année.

**Discussion de la communication de Monsieur Alain Boudet**

Interviennent : MM. Henri COUSSE, Jacques FONTAN, Guy FRANCO, Pierre LILE, Henri REME, Lucien REMPLON, Michel SICARD.



## **SOUS L'AUTORITÉ DE MGR SALIÈGE L'AIDE AUX JUIFS PERSÉCUTÉS**

Par M. l'Abbé Jean-Claude MEYER

*« Je ne saurais oublier que la tige de Jessé a fleuri en Israël et y a donné son fruit. La Vierge, le Christ, les premiers disciples étaient de race juive. Comment voulez-vous que je ne me sente pas lié à Israël comme la branche au tronc qui l'a portée ! Au surplus, je ne reconnais qu'une morale qui est universelle, et dans tout homme je vois, je respecte l'éminente dignité de la nature humaine [...] »*

*(Mgr Saliège, 12 avril 1933)<sup>1</sup>*

Par cette phrase prononcée le 15 avril 1933 au théâtre du Capitole au cours de la réunion de protestation contre l'antisémitisme organisée par les autorités toulousaines, l'archevêque de Toulouse, Mgr Jules Géraud Saliège, mettait en garde contre la politique nazie qui sévissait déjà en Allemagne. Sept ans plus tard, au lendemain du désastre, à Toulouse, années quarante, la Résistance spirituelle se fondait sur deux pôles. L'un était l'Institut catholique qui avait pour chancelier l'archevêque de Toulouse et pour recteur Mgr Bruno de Solages. Ce dernier, « philosophe et penseur, occupé de théologie et d'exégèse, si ami des solitudes contemplatives que tant d'excellence aurait fait croire à on ne sait quelle distance aristocratique si l'attention à tel détail n'avait montré à quel point était proche et humain cet homme si peu commun et faussement lointain<sup>2</sup> ». L'autre pôle, poursuit Étienne Borne, était l'archevêché avec les proches collaborateurs de Mgr Saliège, « infirme, mais refusant tout abandon de poste et résolu à assumer, en dépit du mauvais sort, le tout de son autorité épiscopale. »

### **La résistance spirituelle à l'Institut Catholique**

On peut dire qu'elle avait commencé depuis longtemps. L'abbé René de Naurois<sup>3</sup>, alors à Berlin, tint régulièrement au courant Mgr de Solages et Mgr Saliège de la situation allemande en leur montrant la mise au pas d'une

---

Conférence présentée dans le cadre des *Mardis de l'Hôtel d'Assézat* le 8 janvier 2013

<sup>1</sup> *Semaine Catholique de Toulouse*, 1933, p. 311-312, Discours de Mgr Saliège.

<sup>2</sup> Étienne BORNE, « Toulouse, années quarante », dans *La Croix*, 7 avril 1985.

<sup>3</sup> René de NAUROIS (avec Jean CHAUNU), *Aumônier de la France Libre. Mémoires*, éd. Perrin, 2004, p. 74.

nation entière : ainsi informés, Mgr de Solages, avec les billets de *Christianus* dans *Sept*, et Mgr Saliège, par la *Semaine Catholique de Toulouse*, avaient rappelé la primauté du spirituel.

Mgr de Solages patronnait l'aide aux étudiants étrangers bloqués à Toulouse. En liaison avec ses collaborateurs, en particulier avec l'abbé Martimort, il accueillait et reconfortait tous les proscrits. « Déjà, se souviendra Léo Hamon<sup>4</sup>, il avait fait de la bibliothèque de l'Institut Catholique un asile pour des républicains espagnols exilés (un ou deux y était employé) ; il allait y recevoir avec la deuxième vague des persécutions les Juifs dont certains étaient convertis et dont d'autres n'avaient pas besoin de l'être pour trouver abri auprès de lui », et parmi eux se trouvait Jankélévitch<sup>5</sup>. Léo Hamon fréquentait aussi ce cercle d'études et même son cours de théologie où il venait « le mardi après-midi entre deux tournées de responsable résistant » ; « c'est tout de même curieux qu'on vous voie tout le temps autour de l'université catholique et des militants catholiques, vous qui êtes Juif et réputé sans religion définie », lui dit le commissaire de police qui l'interrogeait. Ultérieurement, Léo Hamon aurait aimé le retrouver pour lui dire sa gratitude, « car, écrit-il, n'ayant pu avoir aucun doute sur mon affiliation aux mouvements de Résistance et mes liaisons, il ne m'arrêta pas<sup>6</sup>. » Mgr de Solages faisait à l'université catholique des conférences publiques « dont l'esprit et l'inspiration avaient fait le rendez-vous de toute l'intelligentsia résistante, souvent laïque, souvent juive, alors réunie à Toulouse<sup>7</sup>. » Pendant trois années, il prêcha à temps et à contretemps à Toulouse et dans d'autres villes de la région, devant des auditoires souvent nombreux. La censure interdit la publication de six discours importants, dont celui qu'il prononça à Montauban en octobre 1943 : « Je songe à d'autres peuples et à d'autres races, plus durement frappés encore que le nôtre par les séparations, les déportations, les camps de concentration<sup>8</sup>... » René de Naurois a rappelé l'activité résistante de Mgr de Solages : « En liaison avec ses collaborateurs, en particulier à la bibliothèque de l'Institut Catholique [l'abbé Martimort], en accord avec son chancelier l'archevêque de Toulouse, Mgr Saliège, avec l'évêque auxiliaire Mgr de Courrèges d'Ustou et avec

<sup>4</sup> Archives diocésaines de Toulouse [citées ensuite AdT], Document René de Naurois, « Souvenirs de la Résistance catholique à Toulouse par Léo Hamon », 6 pages dactylographiées [+ 2 pages manuscrites par René de Naurois], p. 4. Léo HAMON, *Vivre ses choix*, Préface de Jacques CHABAN-DELMAS, éd. Robert Laffont, Paris, 1991, p. 96-98, 143-145. [Démobilisé, Léo Goldenberg dit « Hamon » (1908-1993) s'installa à Toulouse à la fin de l'été 1940, où il fut responsable régional du réseau *Combat* ; il devint ensuite membre du Comité parisien de libération. Gaulliste de gauche, il entra en 1969 dans le gouvernement de J. Chaban-Delmas].

<sup>5</sup> Aimé Georges MARTIMORT, « Le Cardinal Saliège et Mgr Bruno de Solages sous l'occupation allemande » dans *Supplément au Bulletin de Littérature Ecclésiastique [B.L.E.]*, *Chronique*, 1986, n° 1, p. 27.

<sup>6</sup> AdT, Document René de Naurois, « Souvenirs... par Léo Hamon », p. 2.

<sup>7</sup> AdT, Document René de Naurois, « Souvenirs... par Léo Hamon », p. 4.

<sup>8</sup> Patrick CABANEL, « Résistance spirituelle à Toulouse : Bruno de Solages de 1927 à 1945 » dans *B.L.E.*, t. IC, 1998, ½, n° spécial *Monseigneur Bruno de Solages*, p. 52.

plusieurs prêtres, notamment le chanoine Garail – mais aussi avec le concours efficace d'amis courageux tels qu'Augustin Callebat et Thérèse Dauty – il s'emploie à accueillir, à procurer des cachettes, à faciliter des évasions. Dans ce but il entre en rapports directs ou indirects avec plusieurs militants de la Résistance, tels que le Dr Olive et son fils (morts en déportation) et Georges Papillon (mort en déportation). Mais son action se déploie souvent sans témoin [...] au service de tous ceux que l'on persécute. Et c'est lucidement qu'il prend ses propres risques<sup>9</sup>. »

Mgr de Solages permit à quelques professeurs d'obtenir des postes au pensionnat Saint-Joseph<sup>10</sup> qui accueillit quatre enseignants et sept élèves juifs<sup>11</sup>.

« On n'en finirait pas, écrit Jean Estèbe, de citer tous les établissements catholiques, les simples prêtres et religieuses qui ont porté secours aux Juifs en danger. Marguerite B. a passé les deux derniers mois de l'Occupation chez des Dominicaines. Une école professionnelle catholique de Toulouse comptait parmi ses élèves un groupe d'adolescents juifs qui passaient ainsi inaperçus<sup>12</sup>. » Des couvents accueillirent des Juifs ou des Juives au sein de leurs communautés et des maisons de vieillards – les Petites Sœurs des Pauvres, notamment – virent doubler leur effectif<sup>13</sup>; les Clarisses (un Ordre cloîtré), les Filles de la Charité, les Religieuses Réparatrices, surent se montrer accueillantes<sup>14</sup>. On sait que Jacques Natanson (qui deviendra professeur de philosophie) fut aidé par les Dominicains. À l'Abbaye cistercienne de Sainte-Marie-du-Désert, plusieurs réfugiés trouvèrent refuge, notamment Georges Hahn, juif autrichien, psychanalyste formé à l'école de Vienne, qui y fut ouvrier agricole et acheva la préparation de sa thèse.

### **La résistance spirituelle de la curie épiscopale**

Aux côtés de l'archevêque infirme, « se tenait cariatide ou atlante, l'aidant à rester debout et à communiquer sa lumière et sa flamme, l'abbé Gèze<sup>15</sup>. » L'abbé Garail était chargé de missions de confiance difficiles. L'évêque auxiliaire mettait en application les dispositions prises en accord avec l'archevêque.

<sup>9</sup> René de NAUROIS, « Face au despotisme et au national-socialisme » dans *Monseigneur Bruno de Solages* (1895-1984), *Supplément au B.L.E., Chronique*, 1985, n°1, p. 45.

<sup>10</sup> Jean ESTEBE (dir.), *Les Juifs à Toulouse et en Midi toulousain au temps de Vichy*, Presses Universitaires du Mirail, Toulouse, 1996, p. 60.

<sup>11</sup> Archives des Frères des Écoles Chrésiennes. District de Toulouse.

<sup>12</sup> Jean ESTEBE, *Toulouse 1940-1944*, éd. Perrin, Paris, 1996, p. 212.

<sup>13</sup> Joseph CHANSOU (Mgr), *Sous l'épiscopat du Cardinal Saliège* (1929-1956). *Contribution à l'histoire du diocèse de Toulouse*, (avec les notes rédigées par Mgr Jean ROCACHER), éd. Pélé Jeunes Région, imprimerie Ménard, Toulouse, 2006, p. 144.

<sup>14</sup> Sylvie BERNAY, *L'Église de France face à la persécution des Juifs* (1940-1944), CNRS Éditions, 2012, p. 354.

<sup>15</sup> Etienne BORNE, « Toulouse, années quarante ».

Au début de l'année 1942, l'Assemblée des cardinaux et archevêques de la zone française Sud créa une « Association catholique d'aide aux étrangers qui se trouvent dans des camps d'internement et de travail » dans la zone française libre<sup>16</sup>. Ces camps avaient été créés avant la guerre dans le Sud-Ouest de la France pour y recevoir les réfugiés espagnols ; dès le début des hostilités, le gouvernement y fit interner les étrangers et les apatrides, juifs ou non juifs, et leurs familles<sup>17</sup>. L'Assemblée des cardinaux et archevêques nomma l'abbé Lagarde comme aumônier général et lui adjoignit ultérieurement le père jésuite Braun ; elle confia à Mgr de Courrèges la charge de contrôler le travail de l'aumônerie dont le bureau fut installé au numéro 45 des allées des Demoiselles à Toulouse. L'assistante sociale de l'Association, Mademoiselle Thérèse Dauty, fut « autorisée à pénétrer [aux camps du] Récébédou, Noé, Le Vernet, Rivesaltes, grâce, expliquera-t-elle, aux demandes appuyées par Mgr Saliège et Mgr de Courrèges<sup>18</sup>. » Le but était de permettre « des visites aux Espagnols et aux Juifs résidant dans ces camps<sup>19</sup>. » Comme le pape Pie XII faisait parvenir, par l'intermédiaire de la nonciature, des subsides destinés aux œuvres qui s'occupaient de l'assistance aux étrangers, le nonce, Mgr Valerio Valéri, envoya une première somme de deux cent mille francs à l'évêque auxiliaire de Toulouse<sup>20</sup>. Celui-ci remit des fonds à Thérèse Dauty qui a laissé ce témoignage<sup>21</sup> : « Les Juifs encore en liberté savaient qu'ils pouvaient aller « Place Saintes-Scarbes », dans les bureaux dépendant de l'archevêché, demander conseil, aide, refuge. Toute une action de placement d'enfants juifs dans des familles ou des « colonies » fut de plus poursuivie. Mais tout cela fut interrompu avec « l'occupation » [de la zone Sud] en novembre 1942. » Déjà, Thérèse Dauty avait été le témoin impuissant, à Noé en particulier, assistant « aux scènes si pénibles de « départ » d'écrivains ou de journalistes antinazis ou juifs qui nous suppliaient de tout tenter pour éviter qu'ils soient livrés à Hitler. » Ces départs furent suivis de ceux de convois entiers : « Le premier

<sup>16</sup> Sylvie BERNAY, *op. cit.*, p. 210.

<sup>17</sup> Jean ESTEBE, *Toulouse 1940-1944*, éd. Perrin, Paris, 1996, p. 74-77. Éric Malo, « Les camps de la région toulousaine, 1940-1944 » et « 1942 : les camps, antichambres d'Auschwitz » dans Jean ESTEBE (dir.), *Les Juifs à Toulouse...*, *op. cit.*, p. 91-144.

<sup>18</sup> AdT., Fonds Demoiselle Thérèse Dauty, Récit dactylographié rédigé par Thérèse Dauty daté du 18 août 1957.

<sup>19</sup> AdT., Fonds Demoiselle Thérèse Dauty, Note manuscrite rédigée par Thérèse Dauty, datée du 17 mars 1967.

<sup>20</sup> AdT., Fonds Mgr de Courrèges, Lettre du nonce Valerio Valeri adressée à Mgr Saliège, le 8 mars 1942 : « Le Saint-Père, ainsi que vous le savez, pendant l'année dernière avait accordé des subsides pour soulager un peu les souffrances des internés de certains camps [...] Pour le moment, je vais envoyer au Comité Catholique de Toulouse 200.000, [...] je transmets ledit montant par ce même courrier à Mgr de Courrèges votre Évêque Auxiliaire, afin qu'il veuille bien se charger, d'accord avec le Père Arnou et l'Abbé Lagarde, de l'utilisation des sommes envoyées [...] »

<sup>21</sup> AdT., Fonds Demoiselle Thérèse Dauty, Note manuscrite rédigée par Thérèse Dauty, datée du 17 mars 1967.

eut lieu le 8 août 1942. Il s'agissait de femmes de tout âge. Sous un soleil brûlant, elles s'acheminaient à pied, du Camp du Récébédou, vers la gare, où les attendaient les wagons de marchandises. Les plus âgées s'efforçaient de ne pas marcher trop lentement et de dissimuler leurs larmes. D'autres, plus jeunes, disaient leur crainte de se voir séparées d'une mère, d'une parente, âgée ou malade. Et elles ajoutaient comme les malheureux « réfugiés » de Noé : « Qui donc prendra notre défense ? Qui parlera pour nous ? » C'est ce récit que je fis à Monseigneur Saliège<sup>22</sup>. Ce témoignage inspira à l'archevêque la lettre de protestation du 23 août 1942. Rappelons que cette lettre fut suivie des protestations publiques de neuf autres évêques<sup>23</sup>. Il s'ensuivit pour Mgr Vansteenberghe, évêque de Bayonne, en zone occupée, de voir son *Bulletin diocésain* interdit par les autorités d'occupation ; son vicaire général Daguzan fut ultérieurement déporté à Dachau. Rappelons aussi que Mgr Piguet, évêque de Clermont, connu pour son « maréchalisme », avait fait cacher des Juifs et protéger des prêtres recherchés : il fut arrêté en sa cathédrale le jour de Pentecôte 1944 et déporté à Dachau.

De son côté, l'abbé René de Naurois, démobilisé, aumônier à l'École de cadres d'Uriage, était revenu à Toulouse en juin 1941 comme aumônier du couvent Notre-Dame de la Compassion. Il fit l'objet d'une dénonciation publique dans un article de *Je suis partout*, ce qui eut la conséquence inattendue de lui attirer de nombreuses visites de résistants et de Juifs ; et, relate-t-il, Mère Chattignière, la supérieure, et sœur Marie Saint-Henry se firent un devoir d'accueillir des enfants et des familles juives<sup>24</sup>. Menacé d'arrestation, le 9 novembre 1942, il reçut la bénédiction de Mgr Saliège pour rejoindre Londres et s'engager comme aumônier dans les Forces Françaises Libres.

### **La résistance spirituelle après l'occupation de la zone libre**

En novembre 1942, Serge Perl comprit que les Juifs protégés par les Petites Sœurs des Pauvres à Toulouse ne seraient plus à l'abri : il les fit héberger dans le Gers avec l'aide d'Anny Latour et du père Braun<sup>25</sup>. Officiellement, on procéda à la dissolution de l'Association catholique d'aide aux étrangers, mais

<sup>22</sup> AdT., Fonds Demoiselle Thérèse Dauty, Récit dactylographié rédigé par Thérèse Dauty, daté du 18 août 1957.

<sup>23</sup> Sylvie BERNAY, *op. cit.*, p. 316 : Mgr Théas (Montauban), Mgr Gerlier (Lyon), Mgr Delay (Marseille), Mgr Moussaron (Albi), Mgr Vansteenberghe (Bayonne), Mgr Petit de Julleville (Rouen), Mgr Martin (Le Puy), Mgr Pic (Valence), Mgr Choquet ( Lourdes). D'autres évêques, tels Mgr Chassaingne (Tulle), Mgr Cesbron (Annecy) ordonnèrent l'ouverture des couvents aux Juifs recherchés (Sylvie BERNAY, *op. cit.*, p. 353). Mgr Rémond (Nice) apporta toute son aide à Moussa Abadie pour le réseau *Marcel* de sauvetage des enfants (Anny LATOUR, *La résistance juive en France*, éd. Stock, Paris, 1970, p. 69).

<sup>24</sup> René de NAUROIS (avec Jean CHAUNU), *op. cit.*, p. 119.

<sup>25</sup> Anny LATOUR, *op. cit.*, p. 82. Sylvie BERNAY, *op. cit.*, p. 458.

<sup>26</sup> G.R. « In Memoriam L'Abbé Alphonse Lagarde » dans *Rencontre*, 1982, p. 100-101.

ses services continuèrent de fonctionner. Après l'arrestation de l'abbé Lagarde le 8 mars 1944 et sa déportation en Allemagne<sup>26</sup>, le service de l'Association fut repris par la Direction des Œuvres diocésaines sous l'autorité de Mgr de Courrèges, notamment pour assurer le paiement des prix de journées qui incombait aux Œuvres en faveur des vieillards que l'abbé Lagarde avait pu faire sortir des camps et placer dans des hospices<sup>27</sup>. D'autre part, depuis le mois de septembre 1942, une visiteuse de la Direction des Œuvres portait régulièrement des denrées alimentaires aux étrangers malades appartenant aux Camps ou aux Compagnies de travailleurs qui avaient été envoyés en traitement dans les hôpitaux de Toulouse<sup>28</sup>.

Mgr de Courrèges avait introduit Garel, le directeur de l'O.S.E. [l'Œuvre de Secours aux Enfants] qui était une œuvre juive, auprès de Mademoiselle Thèbe, la directrice de la colonie Sainte-Germaine, dont le dévouement permit de placer des enfants juifs en divers lieux. Au 1<sup>er</sup> avril 1942, elle avait placé dans un centre d'accueil situé à Vendine (en Lauragais), encadré par un personnel étranger, un premier groupe d'une quarantaine d'enfants (espagnols, juifs hollandais ou belges) qui avaient été retirés des camps par les associations charitables<sup>29</sup>. Il fallut organiser un véritable réseau clandestin : « Pour les disperser en lieu sûr, Mgr de Courrèges et Mademoiselle Thèbe font appel aux correspondants de la Colonie Sainte-Germaine : c'est le début de ce qui va devenir «le réseau de sauvetage de Mgr Saliège»<sup>30</sup> ; on plaça ces enfants dans des maisons religieuses, notamment chez les Sœurs de Notre-Dame de Massip à Capdenac (Sœurs Denise Bergon et Marguerite Roques).

«Le pensionnat de Massip était rustique et équipé pour recevoir pendant l'été soixante protégées toulousaines de Mademoiselle Thèbe qui y venaient en colonies de vacances. En temps normal seul le dortoir de douze lits était ouvert dans l'année. Il n'y avait donc pas de chauffage mais aussi pas d'eau courante<sup>31</sup>.» «L'adresse, «1, place Saintes-Scarbes» va commencer à circuler sous le manteau. C'est de là que seront mis en lieu sûr, d'abord des enfants

<sup>27</sup> Louis de COURREGES (Mgr), «Le secours aux étrangers en France » dans *Ecclesia*, 1945, p. 335 : « Il y avait 77 catholiques, 13 protestants, 505 juifs » qui avaient été retirés des camps de Noé et de Gurs. La Direction des Œuvres du diocèse de Toulouse servait ainsi « d'intermédiaire entre le Ministère de l'Intérieur et les Œuvres protestantes et juives. »

<sup>28</sup> ID., *ibid.*, p. 335 : « depuis le mois de septembre 1942 [...] cinquante ou soixante malades en moyenne en ont bénéficié constamment. »

<sup>29</sup> Aimé Georges MARTIMORT (Mgr), « L'Église toulousaine au temps de la guerre – souvenirs d'un témoin » dans *Chronique-Institut Catholique de Toulouse*, n° 2/1993-n° spécial, *Qui est mon prochain ? Juifs – Chrétiens – Musulmans*, p. 45.

<sup>30</sup> Archives du Département des Justes, Yad Vashem, Jérusalem, dossier 1807.C [cité ensuite ADJ/1807.C] / pièces 14-18, Témoignage de Denise Hervichon du 15 septembre 1979, [pièces n° 17-18 rédigées à partir des archives de l'école de Massip].

<sup>31</sup> Témoignage de Denise Hervichon du 15 septembre 1979, pièce n° 15.

sortis des camps, puis des enfants de réfugiés traqués et plus tard des enfants de la communauté de Toulouse. Décembre 1942 : les premiers enfants juifs arrivent à Massip, trois fillettes et trois petits garçons. Il y a alors en classe à Massip neuf pensionnaires des environs et quarante-deux externes. Progressivement vingt autres enfants juifs seront accueillis avant les vacances d'été. Pendant ces vacances, des enfants quittent Massip pour rejoindre leurs parents mis en sécurité, et de nouveaux enfants arrivent. À la rentrée, en octobre 1943, leur nombre n'a guère varié mais, pour faire face à de nouveaux «arrivages», Madame Bergon ne prend plus d'internes locaux dont le nombre reste limité à cinq. Modérées jusqu'à la fin de l'année, les arrivées d'enfants vont s'accélérer au début de 1944 avec l'intensification des rafles à Toulouse et dans le Sud-Ouest. D'anciens protégés reviennent et quelquefois même on héberge leurs mères. Aujourd'hui on peut authentifier soixante-cinq enfants et onze adultes juifs ayant séjourné à Massip, séjours variables : de quelques mois à plus de deux ans pour les enfants et de quelques jours à plusieurs mois pour les adultes<sup>32</sup>.»

Connaître l'adresse du «1, place Saintes-Scarbes» n'était pas aisé. À la fin de l'année 1942, arrivèrent Nati Michel Frejer et son petit frère René : «Nous faisons partie d'un groupe d'une quinzaine d'enfants juifs, et étions parmi les premiers arrivés dans l'institution. Mais je ne sais comment mes parents - réfugiés à Toulouse, puis à Venerque (Haute-Garonne) à cette époque - avaient réussi à découvrir l'adresse de cette institution<sup>33</sup>.» Pour les enfants on pouvait redouter le dépaysement, la rupture brutale du lien familial : «Nous avions des cours de piano [...] En dehors de l'école, il y avait des jeux et des sorties [...] Nous n'étions guère malheureux, car il s'agissait d'une grande famille, on aurait dit presque une colonie de vacances, tellement les sœurs étaient gentilles avec nous, remplaçant du mieux qu'elles pouvaient nos mères absentes», écrit le Docteur Seifer<sup>34</sup> qui avait huit ans en 1943 (et dont le père, arrêté pour appartenance à la Résistance, était déporté). «Nous étions et nous sentions comme des enfants normaux à cet âge – simplement pensionnaires – mais sans savoir exactement pourquoi. Madame Bergon représentait la force calme au milieu de ces nombreux enfants puisque leur nombre augmentait régulièrement, se souviendra le Docteur Frejer. Dans sa tâche elle était secondée par Madame Roques – qui exerçait le rôle d'infirmière et soignait nos blessures tant physiques que morales [...] Madame Bergon assurait l'intermède [l'intermédiaire] indispensable dans la rupture entre parents et enfants. Ainsi à la fin de l'année scolaire, et au début des vacances, c'est elle qui nous a ramenés, mon frère et moi, à la maison où se cachaient nos parents – en juin 43 c'était à Venerque, à

<sup>32</sup> Témoignage de Denise Hervichon du 15 septembre 1979, pièce n° 18.

<sup>33</sup> ADJ/1807.C / pièces 31-35, Témoignage du Dr Nati Michel Frejer du 7 novembre 1979.

<sup>34</sup> ADJ/1807.C / pièce 8, Témoignage du Docteur Albert Seifer du 30 août 1979.

<sup>35</sup> ADJ/1807.C / pièce 33, Témoignage du Docteur Nati Michel Frejer du 7 novembre 1979.

Pâques 44 c'était à Laguépie (département du Tarn)<sup>35</sup>.»

Hélène Oberman évoque son arrivée : «Février 1943, nous arrivions Anna Goldberg et moi-même dans la maison de Massip. Accueillies par une toute jeune religieuse de 31 ans – Anna et moi avons 12 ans. L'accueil de Madame Bergon – c'était elle – fut très affectueux. D'instinct, nous n'étions ni tristes ni dépaysées. Arrivées en hiver dans un grand pensionnat, en pleine campagne, parmi des religieuses vêtues de longues robes noires et coiffées [d'un] voile que nous appelions «cornette», nous comprenions que nous étions dans une maison amie. Nous avons su, dès le premier jour de notre arrivée, qu'il fallait nous intégrer aux autres personnes catholiques du pensionnat, et les pensionnaires et les externes. Seules quatre religieuses [dont la supérieure, et aussi l'aumônier] sur les quinze sœurs, étaient dans le secret de notre confession israélite<sup>36</sup>.» À l'évidence, à Massip on ne pratiqua pas de prosélytisme, mais la prudence exigeait de suivre les prières à l'église de Saint-Julien d'Empare, située en face de l'école : «Je me souviens des longues prières agenouillés sur les durs prie-Dieu dans le froid glacial de l'hiver 1943-44, dit le docteur Seifer ; des vitraux de l'église représentant des stations du chemin de croix qui m'avaient alors beaucoup impressionné ; j'avais même servi une messe et balancé magnifiquement l'encensoir<sup>37</sup>.»

«Ce qui fut accomplie par Madame Bergon restera extraordinaire. Dès lors elle voyagea sans cesse vers Toulouse, Rodez, Figeac, Villefranche, etc. Chercher encore quelque enfant ou diriger elle-même quelque grande personne vers des maisons amies et sûres. Les Allemands étaient partout. Madame Bergon restait toujours animée par cette foi : sauver. Elle allait jusqu'à héberger [une] famille entière : la mère aide en cuisine, les enfants [sont] pensionnaires. Nous poursuivions normalement nos études scolaires : certificat d'études, brevet d'éducation physique. Nous étions jeunes et innocentes pour comprendre les dangers qui entouraient nos parents restés dans les villes. Madame Bergon prenait le risque de nous accompagner les voir. Que de sacrifices de sa part ! Nous avons appris qu'elle transportait sous sa grande robe, des cartes d'identité, des cartes d'alimentation<sup>38</sup>.» Pour permettre à Berthe Seifer de passer l'examen du certificat d'études sous le nom d'Élisabeth Sefert, «il avait fallu tricher avec les dates de naissance ; les noms avaient été francisés<sup>39</sup>.»

«Tout reposait sur Madame Bergon», témoigne Annie Beck (née Bach) : «Elle seule savait prendre avec sang-froid les décisions qui s'imposaient, aux moments les plus dangereux. Lorsque les Allemands menacèrent d'envahir le couvent, elle eut l'idée d'habiller en religieuse une dame juive âgée qui n'aurait

<sup>36</sup> ADJ/1807.C / pièces 20-24, Témoignage d'Hélène Oberman du 31 octobre 1979.

<sup>37</sup> ADJ/1807.C / pièce 8, Témoignage du Docteur Albert Seifer du 30 août 1979.

<sup>38</sup> Témoignage d'Hélène Oberman du 31 octobre 1979.

<sup>39</sup> Témoignage du Docteur Albert Seifer du 30 août 1979.

su où aller, si elle avait dû fuir. Les plus grandes, comme moi, restèrent cachées dans le souterrain qui se trouvait sous la chapelle. Les petites, elles, dormirent habillées, prêtes à s'éparpiller dans les champs, accompagnées de Madame Roques, à la moindre alerte. Le miracle eut pourtant lieu, puisque les Allemands passèrent devant le couvent et n'y pénétrèrent pas<sup>40</sup>. » Le risque demeurait permanent : « Un voisin complice, le docteur Fages, transmettait les messages dont plus d'un devait nous mettre en état d'alerte<sup>41</sup>. » Hélène Oberman se souvient : « Maintes fois nous fûmes prévenues de nous tenir prêtes éventuellement à partir la nuit et nous diriger vers les bois au cas où... Au fond du grand jardin du pensionnat, il y avait une trappe et... de nouveau MIRACLE<sup>42</sup>! »

Jusqu'à la libération, il fallut agir avec prudence. « La fin de la guerre approchait sans qu'on le sache, relate Andrée Bassal, nièce de Mademoiselle Thèbe. C'était un samedi. Ma tante, immédiatement : « Alors, tu es libre demain matin ! Deux enfants juifs de 10-12 ans qu'il faudrait emmener par le train au-delà de Salies-du-Salat... Donc, il faudrait aller à la gare Matabiau. Tu prendras ton billet, puis tu iras au kiosque de journaux. Tu t'approcheras des cartes postales où sera Madame Paireau (une collaboratrice discrète de la place Saintes-Scarbes) avec les deux garçonnetts prêts à te suivre. Ainsi tu les amèneras discrètement sur le quai, jusqu'au train de Boussens et plus loin. Puis vous ferez la dernière étape en marchant jusqu'à tel village où le curé t'indiquera la ferme qui veut bien recevoir les deux enfants<sup>43</sup>. »

L'activité déployée n'était pas exempte de risques. Recherché par la Gestapo, l'abbé Martimort, avait quitté Toulouse début juillet 1943 et gagné le grand séminaire de Valence sous le pseudonyme de l'abbé Georges Martin<sup>44</sup>. Thérèse Dauty, qui appartenait au réseau *Combat*, fut arrêtée par la Gestapo et internée à Fresnes. L'abbé Gèze fit l'objet d'un internement administratif en juillet 1943. Lorsque les agents de la Gestapo vinrent à l'archevêché, le 9 juin 1944, devant l'état physique de Mgr Saliège, qu'ils étaient venus arrêter, ils le laissèrent ; ils cherchèrent l'évêque auxiliaire, mais celui-ci se trouvait alors à la préfecture où, averti, il put éviter l'interpellation<sup>45</sup>. L'activité résistante de Mgr de Solages lui valut l'arrestation ce 9 juin 1944 avec trois de ses professeurs, les abbés Carrière, Decahors et Salvat, qui furent déportés

<sup>40</sup> ADJ/1807.C / pièces 25-27, Témoignage d'Annie Beck née Bach du 1<sup>er</sup> octobre 1979.

<sup>41</sup> Témoignage de Denise Hervichon du 15 septembre 1979, pièce n° 16.

<sup>42</sup> Témoignage d'Hélène Oberman, du 31 octobre 1979.

<sup>43</sup> Jean ROCACHER, « Louise Thèbe (1902-1983), juste parmi les Nations » dans *L'Auta*, n° 76, octobre 2006, n° spécial « *Le Cardinal Saliège* », p. - 243.

<sup>44</sup> *Chronique-Institut Catholique de Toulouse*, 1944, p. LXXXIV et LXXXIX.

<sup>45</sup> Roger BRAUN, « In memoriam. Monseigneur Louis de Courrèges d'Ustou » dans *Rencontre*, 1979, n° 61, p. 169.

au camp de concentration de Neuengamme ainsi que d'autres personnalités toulousaines arrêtées le même jour<sup>46</sup>. Mgr de Solages et ses trois professeurs revinrent à la fin du mois de mai 1945. Revinrent aussi l'abbé Lagarde et l'abbé Naudin, curé de la paroisse Saint-Jean-Baptiste des Sept-Deniers, qui avait passé seize mois au camp de Dachau ; celui-ci avait refusé de célébrer les obsèques d'un milicien exécuté par des résistants, mais il avait chanté une messe de Requiem pour un étudiant de sa paroisse fusillé par les Allemands<sup>47</sup>.

\*

\* \*

« Les gens de toute croyance ont lutté à leur façon contre l'entreprise d'extermination nazie. Cependant, indique Jean Estèbe, une mention spéciale doit être faite pour le clergé catholique<sup>48</sup>. » Hélas, ils ne purent empêcher la déportation, depuis Toulouse, de deux mille treize Juifs, dont cent sept enfants, qui périrent dans les camps d'extermination<sup>49</sup>. Les efforts accomplis par Mgr de Courrèges dans le sauvetage des enfants juifs devaient lui valoir la reconnaissance de Garel : « Ce n'est que grâce au concours précieux de la colonie de Sainte-Germaine et au dévouement de Mlle Thèbe que nous devons la réussite de notre activité à Toulouse et dans la Haute-Garonne [...] Je ne suis pas prêt d'oublier, en effet, que c'est dans le diocèse de la Haute-Garonne, sous votre impulsion, que notre action clandestine put prendre naissance<sup>50</sup>. » De même, le rabbin Léon Neugewurtz, ancien aumônier israélite des Camps de concentration du Sud-Ouest, lui exprimera « l'amitié reconnaissante des Israélites pour lesquels vous n'avez pas craint de lutter en des temps de terreur<sup>51</sup>. » L'Institut Yad Vashem a décerné la Médaille des Justes parmi les Nations au cardinal Saliège, à l'abbé Lagarde, à l'abbé René de Naurois et aux principaux acteurs du « réseau Saliège » d'aide aux enfants : Sœur Denise Bergon, Sœur Marguerite Roques, Louise Thèbe et Mgr Louis de Courrèges d'Ustou.

---

<sup>46</sup> Élie DECAHORS et Félix BUFFIERE, *Pèlerins de Bagne*, Institut Catholique de Toulouse, 1946.

<sup>47</sup> Joseph CHANSOU (Mgr), *op. cit.*, p. 154.

<sup>48</sup> Jean ESTEBE, *Toulouse...*, *op. cit.*, p. 212.

<sup>49</sup> Jean ESTEBE, *Toulouse...*, *op. cit.*, p. 206.

<sup>50</sup> AdT., Fonds Mgr de Courrèges, carton 1, Lettres de G. Garel, directeur de l'O.S.E., à Mgr de Courrèges, du 8 février 1945 et du 17 septembre 1946.

<sup>51</sup> AdT., Fonds Mgr de Courrèges, Lettre du rabbin Léon Neugewurtz écrite de Strasbourg le 22 décembre 1946 à Mgr de Courrèges.

# COMETES ET ASTEROÏDES MYTHES, NATURE ET IMPORTANCE

Par M. Henri RÈME

Les «petits corps» du système solaire comprennent les comètes, parfois très spectaculaires lors de leur passage près du Soleil, et les astéroïdes.

## 1. Les comètes «astres chevelus»

Dans le passé les comètes, imprévisibles et spectaculaires, étaient observables sans aucune pollution lumineuse et ont eu une influence certaine sur l'humanité.

Qu'est-ce qu'une comète ? Une comète est une grosse boule de neige sale, pouvant avoir un «diamètre» (ces petits corps ne sont jamais sphériques) de l'ordre d'une dizaine de kilomètres, composée de gaz gelés mélangés avec des particules de poussière. En approchant du soleil, les comètes glacées commencent à fondre. Les glaces passent directement de l'état solide à l'état gazeux (elles se subliment) et une longue queue de gaz et de poussières se déployant sur plusieurs millions de kilomètres est libérée ainsi qu'une queue ionisée. Les comètes sont connues depuis la nuit des temps et une des plus anciennes représentations est celle d'un livre de soie chinois du 4<sup>ème</sup> siècle avant JC (Figure 1).

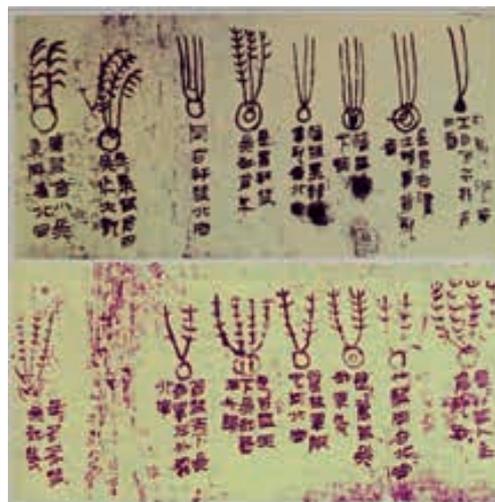


Figure 1

Comètes dans le livre de soie chinois du IV<sup>e</sup> siècle avant JC

Ces comètes si spectaculaires au temps où les nuits étaient si peu polluées par des lumières artificielles ont été jugées comme amenant de bons ou de mauvais présages. Parmi les présages mortuaires citons la mort de César en 44 avant JC, celle d'Attila en 453, celle de Valentinien en 455, celle de Mérovée en 457, celle de Mahomet en 632 et parmi les bons présages les victoires (à Hastings pour les Normands qui tuent le roi Harold 2 en 1066, Figure 2), les bonnes récoltes, les grands vins (comme ceux de 1811). Le cas le plus célèbre est le cas de César divinisé après sa mort en 44 avant J.C lors du passage d'une très belle comète. Cette comète a été visible en pleine journée pendant 7 jours et on l'apercevait encore à l'œil nu quand elle est passée à la distance de Jupiter.

L'iconographie sur les comètes est très riche. En voici quelques exemples dans les figures 2 à 5.



Figure 2

La comète passe dans le ciel lors de la bataille d'Hastings en 1066 à 15 millions de km de la Terre. C'est la comète de Halley qui ne sera identifiée qu'au 18<sup>e</sup> siècle.



Figure 3

La peinture «L'adoration des mages» de Giotto di Bondone faite vers 1305. L'étoile de la nativité représente une comète qui est en fait celle vue par Giotto en 1301.



La grande comète de 1577  
vue de Prague

Figure 4



La comète de Chéseaux en 1744.  
Passée à 33 millions de kilomètres  
du Soleil, elle a dû se fragmenter.

Figure 5

Beaucoup de comètes sont restées dans les mémoires et quelques-unes ont été particulièrement impressionnantes:

- La comète de Gottfried Kirch découverte au moyen d'une lunette astronomique le 14 novembre 1680. Sa magnitude (voir note en fin de la communication) aurait dépassé celle de la lune lors de son passage à moins d'un million de kilomètres du Soleil.
- La comète Lexell qui passe à 2,2 millions de kilomètres de la Terre le 14 juin 1770 et dont l'éclat est supérieur à celui des étoiles.
- La grande comète de 1811, année de la comète ou du vin de la comète, côté français, et présage de l'invasion de la Russie par Napoléon et de son échec pour les Russes. Visible pendant 260 jours à l'œil nu, sa magnitude a atteint la valeur zéro.
- La grande comète de mars 1843 qui a été visible à l'œil nu en plein jour. Elle est passée à moins d'un million de kilomètres du Soleil. Elle a déployé deux queues sur 50°.

- La comète de Tebbutt de 1861. Elle a déployé une queue sur la moitié de la voûte céleste car elle est passée à seulement 20 millions de kilomètres de la Terre. Sa magnitude a atteint la valeur 0.
- La grande comète de 1881 qui a permis de réaliser les premières belles photos de comète.
- Le XX<sup>e</sup> siècle a été riche en comètes avec la grande comète de janvier 1910 (magnitude 1 à 2), la comète de Halley en 1910 (magnitude 0 à 1), la comète Skjellerup- Maristany en 1927 (magnitude 1), la comète Ikeya-Seki en 1965 (magnitude 2), la comète Bennett en 1970 (magnitude 0 à 1), la comète West en 1976 (magnitude 0), la comète Hyakutake en 1996 (magnitude 0), la comète Hale-Bopp en 1997.
- La comète Ikeya-Seki, qui est passée le 21 octobre 1965 à 450.000 kilomètres du Soleil, s'est alors brisée en 3 morceaux et a eu une queue très lumineuse.
- La comète Hale-Bopp de 1997 qui a été visible à l'oeil nu pendant 18 mois avec un très gros noyau, 5 fois plus gros que la comète de Halley, mais qui est restée éloignée de la Terre.
- La comète McNaught de 2007 qui a été observable en plein jour et a été la plus brillante depuis 1965.
- La comète Lovejoy, très belle depuis l'hémisphère sud, en 2011 (Figure 6).



Figure 6

La comète Lovejoy le 22 décembre 2011 au-dessus de Santiago du Chili

### **Les premières explications scientifiques sur les comètes**

Une première approche scientifique a été faite par Tycho Brahé avec la comète de 1577. Il a débuté ses observations de la comète le 13 novembre 1577 au Danemark. Elle était aussi brillante que Vénus avec une queue très longue, diffuse du côté du levant et dirigée à l'opposé du Soleil. Ses observations ont duré 2 mois et demi. La tête de la comète avait un diamètre de 7 minutes d'arc et la queue une longueur de  $22^\circ$ . Il a fait des comparaisons avec des mesures faites à Prague. Ceci a débouché sur une découverte considérable : la comète était au moins 6 fois plus loin que la Lune de la Terre. Jusque-là, conformément au vieux système du monde d'Aristote et de Ptolémée les comètes n'étaient que des émanations atmosphériques.

Un énorme pas fut fait en 1705 par une prédiction d'Edmund Halley qui publia un livre avançant que les comètes qui étaient apparues dans le ciel en 1531, 1607 et 1682 étaient en fait une seule et même comète. Expliquant que la comète voyageant sur une orbite elliptique prend 76 ans pour faire une révolution complète autour du Soleil, Halley prédit qu'elle reviendrait en 1758. Et elle est revenue le soir de Noël 1758, 16 ans après sa mort !!!

Depuis on a pu trouver les premières mentions de la comète de Halley dans des textes chinois en - 611, en - 467 et en - 240 et dans des textes babyloniens en - 164 et en -87. Des observations ont pu être identifiées aussi en - 12, 66, 141, 218, 295, 374, 451 (défaite d'Attila), 530, 684, 760, 837 (passage le plus spectaculaire de la comète durant les temps historiques, à environ 3 millions de kilomètres seulement de la Terre. En France, L'Astronome, auteur d'une chronique sur la vie de Louis le Pieux, indique ce passage et précise qu'à sa suite le roi et sa cour se livrèrent à un jeûne), en 912, 989, 1066, 1145, 1222, 1301-1302, 1378, 1454, 1531, 1607, 1682, 1758, 1835, 1910, 1986. La comète est attendue pour un prochain passage au périhélie en 2061.

La prévision de Halley a permis de montrer que cette comète périodique avait une trajectoire elliptique autour du Soleil. La comète de Halley (Figure 7) a un aphélie de 35,3 unités astronomiques (voir note en fin de la communication) et un périhélie de 0,59 unité astronomique, une orbite rétrograde autour du Soleil inclinée de  $18^\circ$  par rapport au plan de l'écliptique, une période de 76 ans, une vitesse au périhélie de 54,5 km/s et une vitesse à l'aphélie de 810 m/s. La comète n'est active que lorsqu'elle est réchauffée par le Soleil.

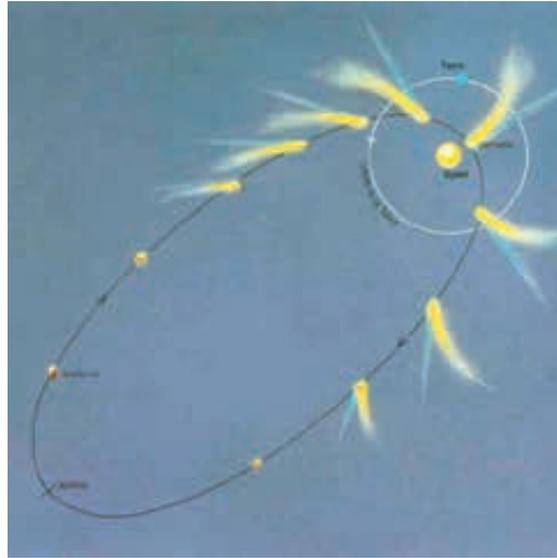


Figure 7

La trajectoire de la comète de Halley autour du Soleil

## 2. Les astéroïdes

Ce sont des morceaux de roches et de métal de toutes formes et tailles (d'un grain de sable à 950 km de diamètre dans le cas de Cérés). Au total, en regroupant tous les astéroïdes de la ceinture d'astéroïdes en un seul objet, celui-ci aurait moins de 1500 km de grandeur. Le premier astéroïde, découvert en 1801, est Cérés, le plus gros. Mais les autres astéroïdes sont plus petits et pas du tout sphériques comme le montre la photo de l'astéroïde Gaspra (Figure 8).



L'astéroïde Gaspra (19 km x 12 km x 11 km)

Figure 8

La très grande majorité des astéroïdes se trouve dans une ceinture (Figure 9) située entre les planètes Mars et Jupiter. On estime que ces astéroïdes sont les restes d'une planète avortée due aux effets gravitationnels de Jupiter et qu'elle contient plus de 30 millions d'astéroïdes de plus de 100 mètres.

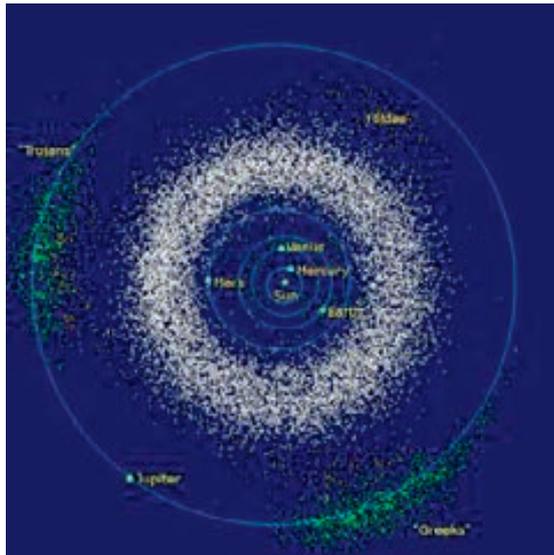


Figure 9

#### La ceinture des astéroïdes

Il y a plusieurs types d'astéroïdes. 75% sont des astéroïdes de type C (carbonnés). Ces astéroïdes sont très sombres (coefficient d'albédo autour de 0,03) et similaires aux météorites de chondrites carbonées. Leur composition chimique est proche de celle du système solaire primitif, sans les éléments légers et volatils comme les glaces. Leur spectre est plutôt bleu et plat. 17 % des astéroïdes sont de type S, le S correspondant à la silice. Ils sont assez brillants (albédo 0,10-0,22) et riches en métal (fer, nickel et magnésium principalement). Leur spectre se situe vers le rouge, similaire à celui des météorites sidérolithes. Il y a aussi les astéroïdes de type M. Cette classe inclut la plupart du reste des astéroïdes. M signifie métallique. Ils sont faits d'alliage fer-nickel et brillants (albédo 0,10-0,18).

En 1992 a été trouvé le premier corps d'une nouvelle ceinture d'astéroïdes, la ceinture de Kuiper. Située beaucoup plus loin du Soleil, au-delà de l'orbite de Neptune, elle est 20 fois plus étendue que la 1<sup>o</sup> ceinture. On estime que l'effet gravitationnel des planètes géantes a balayé ces corps au-delà de Neptune. Cette ceinture comprend des corps relativement gros tels que Pluton (diamètre de 2306 km) et son satellite Charon.

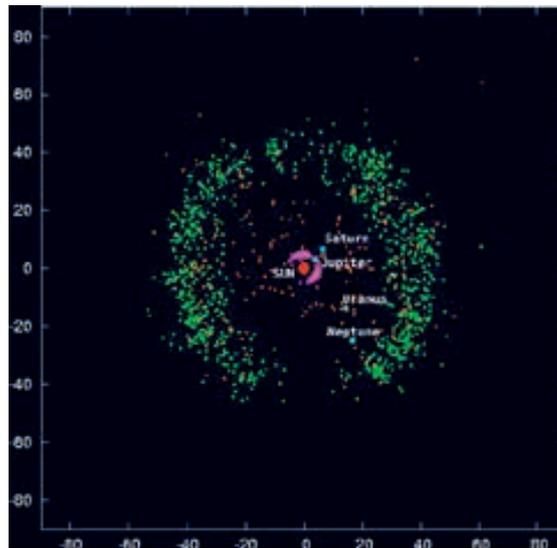


Figure 10

## La ceinture de Kuiper

Cette ceinture est principalement localisée entre 30 et 60 unités astronomiques. Elle contiendrait des milliards de corps glacés dont 70.000 de plus de 100 km et 100 millions de plus de 10 km. Plus de 1000 objets ont été identifiés à ce jour. C'est la 2<sup>e</sup> ceinture d'astéroïdes mais avec des composés volatils gelés comme le méthane, l'ammoniac, l'eau.

### 3. Origine des Comètes

Les comètes ont deux origines: la ceinture de Kuiper pour les comètes de courtes périodes et le nuage d'Oort. Le nuage d'Oort est sphérique et comprend des petits corps formés vers 15 unités astronomiques et éjectés par les planètes géantes ; la température y est de l'ordre de  $-269^{\circ}\text{C}$ , les orbites sont situées entre 15 unités astronomiques et 50 à 100.000 unités astronomiques. Leur période orbitale est de l'ordre de 10 millions d'années. Le nombre de comètes estimé est de l'ordre de 6.000 milliards bien qu'elles soient séparées de dizaines de millions de km. C'est l'origine des comètes de périodes supérieures à 200 ans. 50% de ces comètes sont rétrogrades montrant qu'elles entrent dans la zone des planètes de façon isotrope. La figure 11 présente le système solaire avec les 2 ceintures d'astéroïdes et le nuage d'Oort (à une échelle différente, en bas à droite).



Figure 11

Le système solaire

#### 4. Pourquoi étudier les comètes ?

Les comètes sont particulièrement intéressantes car ce sont les vestiges («archives») de la nébuleuse primitive du système solaire qui sont restées congelées depuis la formation de ce système. Elles gardent donc les traces des conditions physiques et chimiques dans lesquelles les planètes se sont formées il y a 4,5 milliards d'années. Ont-elles pu apporter une fraction importante de l'eau terrestre et de la matière organique et contribuer au développement de la vie sur la Terre ?

Plusieurs missions spatiales ont étudié des comètes. Des missions marquantes ont été Giotto qui a survolé la comète de Halley en 1986, Deep Space One en 2001 (comète Borelly), Stardust en 2004 (comète Wild 2), Deep Impact en 2005 (comète Tempel 1), Deep Impact en 2010 (comète Hartley-2).

La sonde Giotto, qui est passée à 600 km de la comète de Halley, a pu mettre en évidence le très faible albédo de la comète particulièrement sombre, a permis de prendre des photos de ce corps en activité (Figure 12) et a mis en évidence la présence de nombreux composés organiques dans et autour de la comète (Figure 13).



Figure 12

Photographie en 1986 de la comète de Halley par la sonde Giotto de l'Agence Spatiale Européenne

Main ions detected in the P/Halley comet environment and composition of organic residues at the origin of high mass ions.

$C^+, CH^+, O^+, OH^+, H_2O^+, C_2^+, CN^+, HCN^+, CO^+, S^+, CO_2^+, CS^+, S_2^+, H_3S^+, HCS^+, H_3CS^+, SO^+$

Linear chain of polymerized formaldehyde (...CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>-O...)  
(H<sub>2</sub>CO)<sub>n</sub>: polyoxymethylene

Aromatic ions C<sub>3</sub>H<sub>3</sub><sup>+</sup> (Cyclopropenyl) and C<sub>3</sub>H<sup>+</sup> ions

Ionic Species	Mass	Ionic Species	Mass
HN-CHNH <sub>2</sub>	44	H <sub>2</sub> NCOCNH <sub>2</sub>	88
		H <sub>2</sub> NCOCOOH	
H <sub>2</sub> NCONH <sub>2</sub>	60	HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	90
H <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	61	HOCH <sub>2</sub> CHOHCH <sub>2</sub> OH	92
H <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> COOH	75	H <sub>2</sub> NCONHCONH <sub>2</sub>	103
HOCH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub>	75	HOCH <sub>2</sub> CHOHCONH <sub>2</sub>	105
HOCH <sub>2</sub> COOH	76	HOCH <sub>2</sub> CHOHCOOH	106
		C <sub>6</sub> H <sub>17</sub> N <sub>4</sub>	140

Figure 13

Les composés chimiques et les ions trouvés dans l'environnement de la comète de Halley en 1986

### La mission Rosetta

La mission Rosetta, lancée en 2004, va atteindre la comète Churyumov-Gerasimenko en 2014. Elle a pour but d'effectuer la caractérisation globale du noyau, de déterminer ses propriétés dynamiques et physiques, de déterminer la composition chimique, minéralogique et isotopique des volatils et du matériau réfractaire du noyau, d'étudier l'interaction volatils réfractaires, de rechercher l'origine des comètes en étudiant la relation entre les matériaux cométaires et interstellaires, de caractériser globalement des astéroïdes, de déterminer leurs propriétés dynamiques et leur composition. Elle a effectué deux survols d'astéroïdes : le survol de l'astéroïde 2867 STEINS (5 km, découvert en 1969) le 5 septembre 2008 à 9 km/s, à 800 km de distance et à 2,13 ua du Soleil et le survol de l'astéroïde 21 LUTETIA (120 km, découvert en 1852 à Paris) qui est un astéroïde de la classe M. Le survol a eu lieu le 10 juillet 2010 à 15 km/s, à une distance de 3.100 km et à 2,72 ua du Soleil.

La comète Churyumov-Gerasimenko a un noyau de 3 x 5 kilomètres, un albédo de 4%, une période de révolution autour du Soleil de 6,57 ans, une distance minimale au Soleil de 1,29 ua, une distance maximale de 5,74 ua et une gravité estimée à  $1/10.000^{\text{ème}}$  de la gravité terrestre. En 2014 la sonde Rosetta se placera en orbite autour de la comète puis déposera un atterrisseur à sa surface. La durée de la mission est de deux ans. Rosetta est équipée de 11 instruments sur l'orbiteur et de 10 instruments sur l'atterrisseur. Rosetta fera le suivi du développement de l'activité de la comète lorsqu'elle se rapproche du Soleil, la cartographie complète de la comète, l'étude précise et détaillée des glaces et des composés organiques, des mesures intensives à la surface de la comète après la pose de l'atterrisseur, l'étude des matériaux de surface dans des conditions très délicates (températures très froides).

### 5. Comètes et astéroïdes sont-ils dangereux ?

Il y a des risques majeurs liés aux comètes et aux astéroïdes. La Terre est parfois en danger. Comment y remédier ?

Figure 14

Le Meteor  
Crater



L'exemple le plus spectaculaire sur Terre d'un impact d'un corps extérieur est le «Meteor Crater» situé près de Flagstaff en Arizona (Figure 14). D'un diamètre de 1300 m, d'une profondeur de 190 m, datant de 50.000 ans environ, il est dû à l'impact d'une météorite de 45 m pesant 300.000 tonnes avec du fer et du nickel qui se serait fragmentée vers 5.000 m d'altitude.

Deux exemples récents nous montrent l'actualité des dangers possibles de ces corps percutant la Terre :

Le cas de La Toungouska s'est produit le 30 juin 1908 en Sibérie. Tous les arbres dans un cercle de 100 km ont été soufflés et des milliers de rennes décimés. Heureusement c'était une région quasi-inhabitée. L'énergie de l'impact a été équivalent à 15 millions de tonnes de TNT soit l'équivalent de 1.000 fois la bombe atomique d'Hiroshima. Ce n'est qu'en 2010 qu'une expédition a enfin trouvé des fragments des restes d'une comète de 50 mètres de diamètre, qui a pénétré l'atmosphère terrestre à 80.000 km/h, qui s'est désintégrée à 8.000 m d'altitude et a créé une onde de choc qui a détruit la taïga sur 2.000 km<sup>2</sup>.

Le cas du météore de Tcheliabinsk s'est produit le 15 février 2013 en Russie. D'un diamètre de 15 mètres environ il s'est en partie désintégré à 20 km d'altitude. Le phénomène a libéré l'équivalent de 440.000 tonnes de TNT soit 30 fois la puissance de la bombe d'Hiroshima. L'onde de choc a fait tomber un mur et un toit d'usine détruisant des milliers de vitres et de fenêtres et blessant près d'un millier de personnes.

On estime que les plus gros impacts du passé ont entraîné des extinctions massives d'espèces vivantes notamment il y a 245 millions d'années (95% des espèces), 216 millions d'années (62% des espèces), 65 millions d'années (67% des espèces dont les dinosaures), 36 millions d'années (26% des espèces) jouant un très grand rôle dans l'évolution de la vie animale sur la Terre. Environ 150 cratères ont été identifiés sur Terre mais sont difficiles à trouver à cause de leur disparition progressive sur de longues échelles de temps (vent, tectonique des plaques, érosions diverses).

Les risques d'impacts avec la Terre varient selon la taille des corps. Pour une taille inférieure à 10 mètres, la fréquence d'impact est de 200 fois par an avec pour conséquence d'une chute sur la Terre une désintégration dans l'atmosphère. Pour une taille de 10 à 100 m la fréquence d'impact est d'une fois par siècle avec pour conséquence possible la destruction d'une ville ou un raz-de-marée. Pour une taille de 100 m à 1 km la fréquence d'impact est d'une fois tous les 5 000 à 30 000 ans avec pour conséquence d'une chute sur la Terre environ cinq millions à cent millions de morts. Pour une taille de 10 km la fréquence d'impact est d'une fois tous les 100 millions d'années avec pour conséquence d'une chute sur la Terre l'hiver nucléaire, la disparition de l'humanité, soit une catastrophe globale. Pour une taille du corps de 100 à 200 km la fréquence d'impact est très rare avec pour conséquences la vaporisation des océans et la disparition de la vie sur Terre.

En plus des gros météorites la Terre balaye 100 à 1000 tonnes/jour de matière interplanétaire, essentiellement de toutes petites particules de poussière. On dénombre 2 à 3.000 météorites de plus d'un kg et une centaine de plus de 100 kg par an. 75 % de la matière de ces météorites est perdue lors de la traversée de l'atmosphère terrestre.

### **La Pierre noire de la Kaaba à la Mecque**

Cette pierre «envoyée par le ciel» aurait été apportée par l'archange Gabriel à Abraham. Actuellement brisée en 15 fragments, elle est considérée comme une météorite pouvant provenir du cratère de Wabar, en Arabie Saoudite, situé à 1.000 km de la Mecque.

### **Les géocroiseurs**

Les objets passant près de la Terre sont appelés NEA (Near Earth Objects). Les objets gravitant près de la Terre comprennent des comètes et surtout des astéroïdes. Les géocroiseurs sont des objets se rapprochant à moins de 45 millions de km de la Terre. Plus de 9.000 sont répertoriés. Certains astéroïdes géocroiseurs sont potentiellement dangereux. Il s'agit d'objets se rapprochant à moins de 7,5 millions de km de la Terre et dont le diamètre dépasse 130 mètres. 1200 sont répertoriés dont le plus gros est de 32 km. Plusieurs milliers de géocroiseurs de plus de 1 km dont 1331 présentant un certain risque ont aussi été recensés.

### **Apophis 2036**

La menace se précise-t-elle ? Apophis, nommé d'après le dieu égyptien Apep, le Destructeur, est un astéroïde de 325 mètres et de 25 millions de tonnes découvert en décembre 2004. En avril 2029, Apophis passera à 36.000 km de la Terre, au niveau des orbites des satellites géostationnaires et sa trajectoire sera un peu modifiée. Le dimanche de Pâques, le 13 avril 2036, Apophis repassera près de la Terre mais la probabilité de collision n'est que au plus de 1/250.000 et probablement moins. En cas de collision l'énergie dégagée serait de 510 mégatonnes soit l'équivalent de 34.000 bombes type Hiroshima. Un pays comme la France serait anéanti avec un hiver de plusieurs mois dans l'hémisphère touché. En cas de chute en mer un tsunami de 170 m arrivant à 100 km/h ferait autant de victimes.

Les observations du satellite Herchell publiées début 2013 ont montré que l'astéroïde a un albédo est de 23%, trop grand pour que Apophis soit primitif.

### **Comment se protéger en cas de risque majeur ?**

- Plusieurs moyens sont possibles pour se protéger d'un impact :
- La pulvérisation : Pour un gros géocroiseur la charge nucléaire semble inévitable mais comment se répartiront les débris ? Il faut donc une charge suffisante pour pulvériser.

- La déviation : bombe à neutrons déclenchée un peu au-dessus de l'objet.
- L'écorchage : concentration des rayons du Soleil par un miroir gonflable de 800 m pour échauffer à plus de 1.000°C la surface qui fondrait avec de la vapeur fournissant une poussée pour dévier ou utilisation d'un laser ultra puissant ou creuser la surface de l'astéroïde par 1 tonne de TNT ou utiliser un « canon à étincelles ». Il est pour ceci nécessaire de bien connaître la composition de l'objet.
- L'effet Yarkovsky : les propriétés physiques de la surface d'un astéroïde affectent la réflexion de la lumière solaire et peuvent donc modifier son orbite. En peignant ou en déposant une couche colorée sur l'astéroïde on pourrait ainsi dévier l'objet mais lentement.
- Mise en place d'un écran solaire devant l'objet.
- Arrimer une voile solaire à l'objet.
- Remorquage gravitationnel (mise en orbite près de l'objet d'un vaisseau spatial de 1 tonne maintenu en position avec des moteurs ioniques fonctionnant à l'énergie solaire).

L'attraction entre les 2 corps permet de dévier l'objet.

## **6. Rôle majeur des petits corps du système solaire pour la Terre**

### **Contribution à la formation des océans de notre planète:**

Les astéroïdes primitifs, dont les météorites chondrites carbonées, qui contiennent de l'eau, sont des fragments et les comètes ont eu un rôle majeur. Des mesures en 2011 avec le satellite Herschel dans l'infrarouge dans les chevelures des comètes Garrald (comète du nuage de Oort) et Hartley 2 (comète de la ceinture de Kuiper) ont montré que le rapport des molécules H<sub>2</sub>O (eau) et HDO (eau semi-lourde où un atome d'hydrogène est remplacé par un atome de deutérium) y est proche de celui des océans terrestres (1 molécule semi-lourde pour 3.000 molécules d'eau) et très différent du rapport que l'on mesure ailleurs dans le système solaire. Les comètes ont donc pu contribuer à remplir nos océans.

Pourquoi l'eau de la Terre vient-elle d'ailleurs ? Il y a 4,55 milliards d'années, la Terre, relativement proche du Soleil, est née dans un nuage de gaz et de poussières très chaud où l'eau se trouvait à l'état de vapeur. Sous cette forme elle n'a pas pu être intégrée aux roches qui ont formé la planète. Ce n'est seulement que 30 millions d'années plus tard que la Terre a reçu sous forme de glace l'eau qu'elle possède encore aujourd'hui. Cette glace provenait des régions lointaines et froides du système solaire où elle avait pu demeurer à l'état solide. Ce sont les comètes et les astéroïdes situés à l'origine entre 4 et 12 ua qui l'ont apportée. Depuis ces objets ont migré vers la ceinture de Kuiper.

### **Contribution à la chimie du vivant**

Les comètes par les poussières qu'elles envoient dans le milieu interplanétaire ont pu apporter sur Terre des molécules organiques complexes qui ont favorisé une chimie du vivant.

### **Contribution à l'évolution des espèces par collisions avec la Terre**

Les extinctions d'espèces au fil des collisions avec la Terre ont totalement modifié l'évolution des espèces vivantes. Sans l'impact d'il y a 65 millions d'années entraînant la disparition des dinosaures, l'Homme ne se serait probablement pas développé sur la Terre.

Enfin on peut dire aujourd'hui que la distinction astéroïdes-comètes n'a plus vraiment sa raison d'être. Les comètes en fin de dégazage deviennent des astéroïdes.

Remarquons pour terminer que 2013 doit être «Un grand cru cométaire» grâce à la comète PANSTARRS au printemps 2013 et surtout à la comète ISON qui devrait être très spectaculaire en novembre et décembre 2013.

### **Notes**

Magnitude (apparente): Mesure de l'irradiance d'un objet céleste vu de la Terre avec une échelle logarithmique inverse dans laquelle la magnitude augmente d'une unité lorsque l'irradiance est divisée par 2,51. Le Soleil a une magnitude de - 26,7, la pleine lune de - 12,6, Sirius, l'étoile la plus brillante, - 1,5, l'étoile la plus faible à l'œil nu + 6,5.

Unité astronomique (ua): distance moyenne de la Terre au Soleil soit 150.000.000 km.

### **Discussion**

Dans la discussion qui a suivi sont intervenus Mme. Anne-Catherine WELTÉ, MM. Alain BOUDET, Jean-Baptiste HIRIART-URRUTY, Armand LATTES, Jacques TOURNET.



# **POLLUTION DES SOLS : MÉCANISMES PHYSICOCHIMIQUES ET SCÉNARIOS DE POLLUTION**

Par M. Michel QUINTARD, DR CNRS

## **Résumé**

Les mécanismes déterminant la dynamique d'évolution d'une pollution dans un sol sont complexes et dépendent de la nature du polluant, de la structure du sol et de la nappe aquifère considérées, ainsi que de nombreux aspects liés à la mise en place du corps de pollution. Dans ce texte on utilisera comme fil directeur, pour comprendre les mécanismes et scénarios de pollution, le cas d'une pollution par un fluide partiellement miscible : hydrocarbures, solvants chlorés, etc... Outre le fait que la majorité des sites pollués en France correspond à ce type de pollution, les mécanismes mis en jeu (multiphasiques, multiconstituants) sont très génériques. Ainsi, de nombreuses autres pollutions font appel à des mécanismes qui sont inclus dans ceux évoqués pour les pollutions par fluides partiellement miscibles. Après une présentation très schématique et simplifiée des éléments de physique des milieux poreux nécessaires à la compréhension, les scénarios classiques de pollution et les enjeux environnementaux associés sont discutés: mise en place de la zone source, dissolution de cette zone source, développement du panache, atténuation naturelle.

## **Introduction**

La pollution des sols et des nappes aquifères constitue un enjeu environnemental considérable, d'importance planétaire, en raison du rôle de ces nappes comme ressource en eau. L'origine des pollutions est multiple: pollutions agricoles, industrielles, etc... Les pollutions diffuses par épandage agricole de pesticides ou engrais (sans oublier l'origine domestique éventuelle), les pollutions industrielles, chroniques ou accidentelles, font l'objet de reportages journalistiques malheureusement fréquents, et dont, le plus souvent, la « vulgate » scientifique associée souffre de raccourcis préjudiciables à la compréhension publique. Une des raisons essentielles de cette difficulté est, sans doute, la part très faible dans l'enseignement générique de l'apprentissage des notions spécifiques à ce domaine « mystérieux » qu'est le monde souterrain. En conséquence, les enjeux environnementaux sont le plus souvent mal perçus. Ce texte se veut une modeste contribution, si possible ouverte à un lecteur non-spécialiste, à la compréhension de cette problématique environnementale.

Le monde souterrain est un système complexe, par essence hétérogène. On ne considère dans cette introduction que le cas des sols et nappes aquifères classiques<sup>1</sup> dont le matériau constitutif est fait de grains (consolidés ou non, centimétriques à micrométriques). Les grains délimitent un espace poral, les interstices, où circulent les fluides qui nous intéressent. L'ensemble constitue ce que l'on appelle un milieu poreux. La configuration classique d'une nappe aquifère est schématisée Figure 1. Cette figure représente un milieu poreux, de la surface du sol à une couche imperméable. Les «loupes» sur cette figure décrivent le milieu poreux à l'échelle du pore ou microscopique, souvent de dimension micrométrique. Cette figure illustre l'aspect multi-échelle typique qui caractérise la description des milieux poreux. L'échelle d'intérêt pratique (pour les problèmes d'analyse de risques par exemple) est celle décimétrique à kilométrique entre le site d'intérêt, et, par exemple, un pompage d'alimentation en eau potable. Cette échelle est appelée macroscopique. Le passage d'une description microscopique à une description macroscopique est l'un des problèmes fondamentaux de la recherche sur les milieux poreux, qui ne sera pas évoqué ici. Il faut cependant retenir que les modèles *macroscopiques* nécessaires pour décrire l'ensemble des mécanismes intervenant dans les scénarios de pollution font toujours l'objet de recherches très actives à ce jour. En d'autres termes, les modèles mathématiques dont on aurait besoin pour l'analyse de risques n'existent pas forcément.

Dans la situation *normale*, i.e., hors pollution, les écoulements peuvent être décrits de la manière suivante :

- infiltration des eaux de pluies dans le sol, existence d'une zone dite non-saturée où l'eau coexiste avec une phase gaz (air) au sein de l'espace poral,
- existence d'une zone saturée (l'espace poral ne contient que de l'eau) dans laquelle l'eau s'écoule.

Cet ensemble sol/aquifère peut être pollué par diverses sources, comme cela a été évoqué ci-dessus. Si on ne prend en compte que les pollutions industrielles, on s'aperçoit que la majorité des sites (voir par exemple la base de données sols pollués : <http://basol.environnement.gouv.fr/>) font intervenir des pollutions par fluides partiellement miscibles avec l'eau : hydrocarbures, solvants chlorés, etc... C'est ce type de pollution que l'on prendra comme fil directeur dans ce texte introductif.

---

<sup>1</sup> Il faut dire un mot des types d'aquifères que l'on élimine donc de cette courte introduction. En premier lieu, on ne considère pas les milieux fracturés (massif rocheux parcourus d'un réseau de fissures ou fractures). Ceux-ci peuvent être traités parfois comme des milieux poreux classiques, notamment si la densité de fracture est élevée. Mais cela devient plus problématique lorsque la zone source est de dimension métrique, proche de la taille des blocs. On ne considère également pas les zones karstiques bien qu'elles représentent dans de nombreuses régions de 10 à 20 % des ressources en eau. Les karsts sont en effet l'objet d'écoulements dans de nombreuses « singularités » (puits, conduits, galeries) qui nécessitent des descriptions spécifiques, d'ailleurs peu maîtrisées aujourd'hui

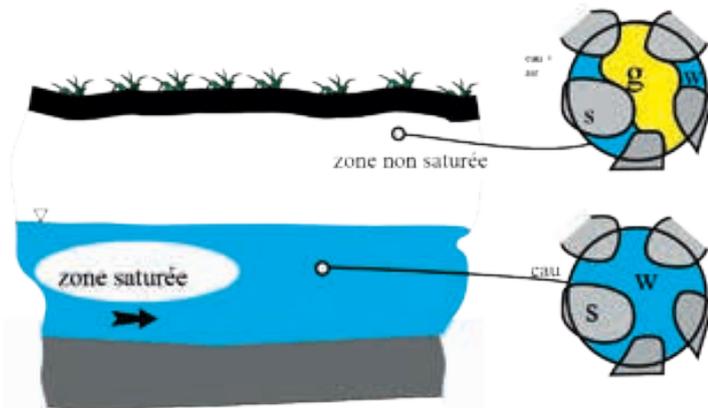


Figure 1. Schéma d'une nappe aquifère typique : phase gaz notée g, phase eau w et phase solide s.

La miscibilité partielle de deux fluides initialement purs est illustrée Figure 2. A l'instant initial deux phases distinctes (séparées par une interface visible) sont mises en présence. Pour ce qui concerne les problèmes de pollution, il s'agit de l'eau et la phase polluante. Instantanément, des molécules d'eau diffusent à travers l'interface vers la phase polluante, notée « o », et des molécules de polluant vers la phase eau, notée « w ». On ne s'intéressera, pour notre problématique environnementale, qu'à la concentration de polluant dans la phase w, soit l'espèce chimique notée A. Au bout d'un temps plus ou moins long, cette concentration atteint une valeur limite, appelée solubilité ou concentration à l'équilibre, et que nous noterons  $C_{wA,eq}$ . Cette notion de solubilité est cruciale pour comprendre toute la problématique de pollution par fluides partiellement miscibles.

Le Tableau 1 présente quelques propriétés de polluants typiques, partiellement miscibles avec l'eau. On verra ultérieurement que la densité joue un rôle primordial dans le développement des scénarios de pollution. Pour l'instant, on se concentrera sur la question de la solubilité. Les concentrations, de l'ordre du mg/l, pourraient sembler faibles. Il faut comparer aux concentrations généralement considérées comme toxiques pour se rendre compte de la dangerosité environnementale de ce type de pollution ! Un exemple de concentrations toxiques généralement admises est donné dans le Tableau 2<sup>2</sup>. La variabilité des seuils admis en fonction des institutions est là pour rappeler que l'estimation de la toxicité de polluants à très faibles doses est un problème délicat, qui ne sera pas discuté dans ce texte. Dans tous les cas, on voit, et c'est là la source principale des difficultés liées à ce type de pollution, que la concentration toxique est, en général, 3 ordres de grandeur plus faible que la solubilité !

<sup>2</sup> sources : fiches toxicologiques INERIS, décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001, relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et paru dans le journal officiel du 22 décembre 2001. Pour PCE+TCE, concerne la somme des concentrations.

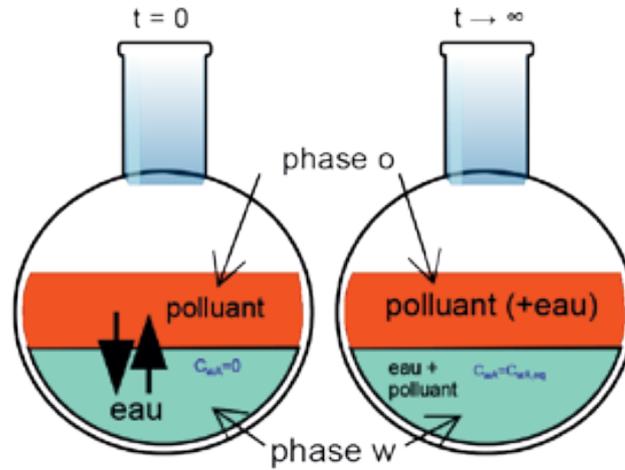


Figure 2. Miscibilité partielle

Tableau 1. Exemples de polluants partiellement miscibles

Polluant	Usage	Densité (kg·m <sup>-3</sup> à 15 °C)	Solubilité dans eau (mg·l <sup>-1</sup> ) C <sub>eq</sub>
Essence	moteur	680 à 790	100 à 250
Toluène	solvant	867	516
Benzène	solvant, synthèse	879	1780
Chlorure de Vinyle (VC)	polymérisation	900	1100
Eau		1000	
Tetrachloroéthène (PCE)	solvant	1622	150
Trichloroéthène (TCE)	solvant	1462	1270

Tableau 2. Valeurs de concentrations toxiques pour quelques polluants partiellement miscibles avec l'eau et pour diverses institutions

Nom	France	UE	OMS
VINYL CHLORIDE	3 µg/L	0.5 µg/L	5 µg/L
1,2-DICHLOROETHANE	100 µg/L	100 µg/L	200 µg/L
CHLOROFORME	10 µg/L	10 µg/L	70 µg/L
TRICHLOROETHENE (TCE)	10 µg/L	10 µg/L	NC
TETRACHLOROETHENE (PCE)	10 µg/L	10 µg/L	NC

Pour illustrer le propos, considérons une source de pollution de chlorure de vinyle de  $1 \text{ m}^3$ , sa dilution à la solubilité produit un volume d'eau pollué d'environ  $1000 \text{ m}^3$ . Il faut encore diluer 1000 fois, soit un volume d'eau polluée de  $1000000 \text{ m}^3$ , pour atteindre une concentration de l'ordre de  $1 \text{ } \mu\text{g/l}$ , proche de la concentration minimale toxique. Ces éléments quantitatifs sont essentiels pour comprendre les problèmes posés par ce type de pollution : l'analyse de risque aura comme cible des concentrations bien plus faibles que la solubilité<sup>3</sup>.

On peut maintenant considérer la situation type d'une nappe aquifère polluée. Un schéma est proposé Figure 3. Comme précédemment, la figure reprend la vision multi-échelle : vue microscopique qui matérialise les phases en présence dans l'espace poral, et vue macroscopique. A partir de la zone d'alimentation de la nappe (fuite, accident, etc...), le polluant en phase rentre dans le milieu poreux. A cause de la miscibilité partielle, la phase eau se charge en polluant et génère un panache à partir de la zone source (la zone source est la zone où le polluant existe à l'état de phase différenciée). Il y a aussi un mécanisme d'échange avec la phase gaz (volatilisation) qui produit un panache gazeux pollué dans la zone non-saturée, non-représenté sur la figure.

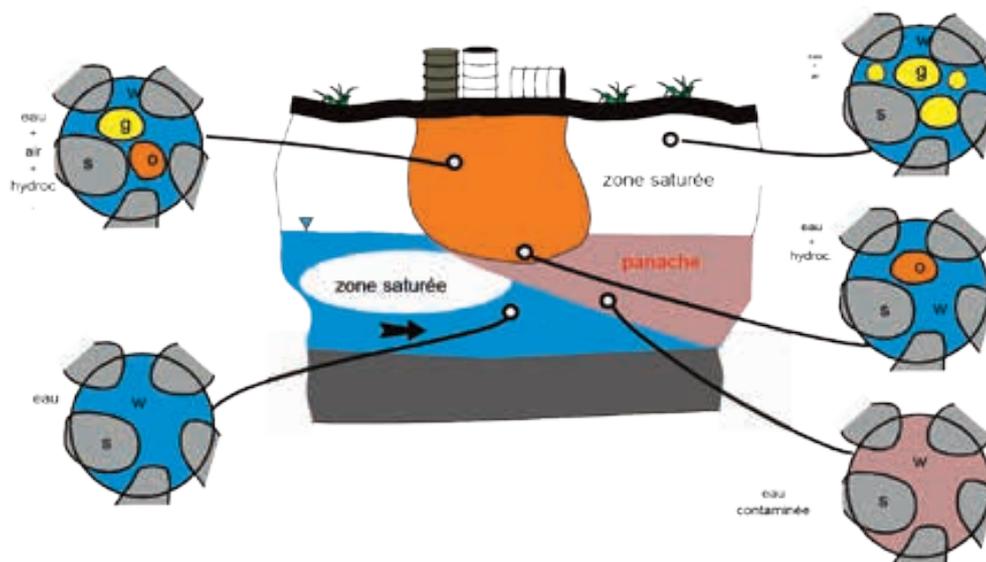


Figure 3. Schéma d'une nappe aquifère polluée

<sup>3</sup> Ces faibles concentrations cibles sont parfois de l'ordre de grandeur du seuil de quantification par les instruments de mesure habituels, ce qui complique encore plus la tâche de l'environnementaliste.

Quels sont les objectifs de l'analyse environnementale? Le risque essentiel est celui, moins localisé que la zone source, lié au développement du panache dans la nappe aquifère (et celui éventuel lié au panache gazeux). Pour évaluer ce risque, il faut donc comprendre la séquence :

1. *mise en place de la zone source*. Il s'agit d'un écoulement multiphasique impliquant la phase polluante, la phase gaz et la phase «eau». Quelle peut-être son ampleur, sa durée si la source de pollution est stoppée, etc... ?
2. *création du panache dissous* (ou du panache gazeux). L'eau au contact de la phase polluante se charge en polluant, dans le même temps, ce mécanisme de dissolution diminue le volume de phase polluante, et, à terme, peut faire disparaître la zone source. Quel sont les niveaux de concentration à la sortie de la zone source dans le panache ? Quelle est la durée du mécanisme de dissolution ?
3. *évolution du panache*. En particulier : quelle est la longueur du panache ? Quels niveaux de concentration sont atteints lorsque l'on se rapproche de pompages d'eau potable ? etc...

Comme évoqué dans l'introduction, ces mécanismes peuvent être décrits quantitativement en s'appuyant sur la physique des milieux poreux. Quelques notions élémentaires sont présentées dans la section suivante.

### **Quelques éléments de physique des milieux poreux**

Avant tout développement, il faut rappeler que les modèles d'écoulements en milieux poreux qui seront utilisés pour l'analyse de risque sont des modèles macroscopiques qui représentent une vision «moyenne» des propriétés à l'échelle du pore. Ce changement d'échelles micro-macro est schématisé Figure 4. A une propriété microscopique, on associe une propriété moyenne, par exemple à la géométrie complexe de l'espace poral on associe une variable porosité correspondant à la définition suivante

$$\varepsilon = \frac{\text{Volume de pore}}{\text{Volume de milieu poreux}} = \frac{V_p}{V} \quad (1)$$

Cette notion de porosité est importante. Si on reprend l'exemple précédent de volume d'eau pollué par la dissolution d'un volume de chlorure de vinyle de 1 m<sup>3</sup>, soit 1000000 m<sup>3</sup> à la concentration toxique, on obtient un volume de milieu poreux (i.e., un volume de nappe aquifère) touché par la pollution de 3000000 m<sup>3</sup> si la porosité est de 0,333.

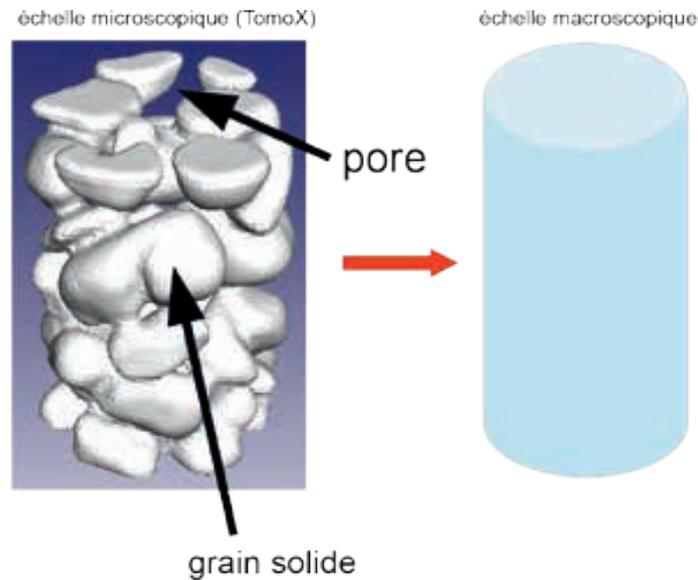


Figure 4. Changement d'échelle en milieu poreux

Dans ce texte très court, on ne développe pas toutes les notions mathématiques nécessaires à la compréhension des écoulements en milieux poreux ni de manière générale, ni dans le contexte pollution des nappes. De nombreuses méthodes de changement d'échelles, non abordées dans cette courte introduction, ont été développées. On trouvera ci-dessous quelques références essentielles (il ne s'agit pas là d'une analyse historique) pour diverses techniques :

- utilisation de moyennes spatiales : on peut consulter l'ouvrage de Whitaker (1999) pour une introduction,
- méthode d'homogénéisation asymptotique : Papanicolau et al. (1978),
- méthodes stochastiques : Dagan and Neuman (1997).

L'ouvrage de Fetter (1999) offre une introduction relativement complète à la problématique pollution des nappes. La problématique de l'atténuation naturelle, avec notamment un aperçu de la vision « française », est décrite dans les guides méthodologiques ADEME (Côme et al., 2006), pour le cas des solvants chlorés.

La seconde notion très importante pour décrire les écoulements en milieux poreux est la notion de perméabilité. Elle fut découverte par Darcy (1856) et nous présentons la loi de Darcy ici sous sa forme mathématique la plus simple

$$V_f = \frac{Q}{A} = \frac{1}{\mu} K \frac{\delta P}{H} \quad (2)$$

où  $Q$  est le débit de fluide traversant une colonne poreuse de section  $A$  et de hauteur  $H$ ,  $\mu$  est la viscosité dynamique du fluide,  $V_f$  la vitesse de filtration ou de Darcy, et, enfin,  $K$  est la perméabilité intrinsèque du milieu poreux, dont l'unité est le  $m^2$ . Plus  $K$  est élevé, plus le milieu est dit perméable et plus faible sera la perte de pression à travers le milieu pour une vitesse de filtration donnée. Pour fixer les idées (dans ce domaine peu connu par l'expérience phénoménologique courante), les vitesses de nappe sont de l'ordre du m/jour et les perméabilités varient fortement en fonction du milieu considéré. La Figure 5 présente quelques exemples de perméabilité de milieux naturels. Les valeurs pour les sables et graviers sont considérées comme très élevées : le polluant dans un tel milieu pourra se déplacer facilement. A contrario, les roches comme les argilites (connues pour la problématique stockage de déchets nucléaires ou exploitation des huiles ou gaz de schiste) offrent une résistance à l'écoulement considérable.

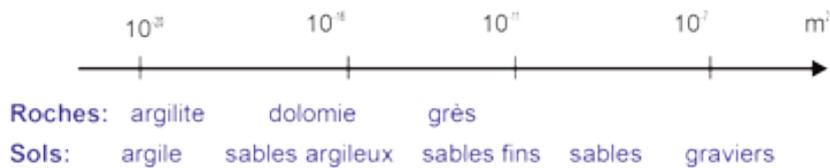


Figure 5. Exemples de perméabilité de milieux naturels

Une autre notion très importante pour la problématique environnementale est celle de dispersion, qui permet de déterminer l'évolution d'un panache dans la nappe. La Figure 6 illustre ce mécanisme. A l'instant initial, un panache de polluant de concentration uniforme est relâché dans une nappe soumise à un écoulement uniforme de vitesse de filtration  $V_f$ . A un instant ultérieur, le panache s'est déplacé et étalé de manière anisotrope, avec un étalement plus important dans la direction de l'écoulement déterminé par un coefficient de dispersion  $D_L$ . En règle générale, l'étalement dans la direction transversale à l'écoulement est plus faible, avec un coefficient de dispersion  $D_T$  environ 10 fois plus petit que  $D_L$  ( $m^2/s$ ). La vitesse de déplacement du panache n'est pas  $V_f$ , qui n'est qu'une vitesse débitante à travers le milieu poreux. Elle est donnée en fait par une vitesse « intrinsèque » de la phase en écoulement, ici l'eau, et notée  $U_f$ , telle que

$$U_f = \frac{V_f}{\varepsilon} \quad (3)$$

Une conséquence très importante de ce mécanisme de transport et dispersion est que la concentration maximale dans le panache diminue avec le temps, ce qui est évidemment très important pour l'analyse de risque ! On notera que

ce mécanisme d'étalement est conservatif, c'est à dire que la masse totale de polluant n'est pas affectée : elle est seulement répartie sur un volume de nappe plus grand. On verra plus tard que des mécanismes non-conservatifs, comme la dégradation chimique, conduisent à une diminution de la quantité totale de polluant, ce qui est évidemment plus intéressant d'un point de vue environnemental.

Enfin, la mise en place de la zone source correspond à un écoulement au sein du milieu poreux de plusieurs phases. La description mathématique de ces écoulements est complexe et ne sera pas décrite ici. Il est cependant impératif de comprendre quelques notions essentielles. La première notion est celle de saturation en fluide. Soit  $V_f$  le volume de pore dans un volume de milieu poreux donné occupé par la phase fluide  $f$  : la saturation en fluide  $f$ , notée  $S_f$ , est définie par :

$$S_f = \frac{V_f}{V_p} \quad (4)$$

Si le milieu est complètement saturé par le fluide  $f$ , alors la saturation vaut 1. A contrario, la saturation sera nulle si le fluide n'est pas présent dans l'espace poral. Lorsque le polluant  $o$  pénètre dans la zone saturée de la nappe, il déplace potentiellement l'eau en place,  $w$ , et la saturation  $S_w$  diminue. Il est une propriété remarquable de ces écoulements que la saturation  $S_w$ , par ce mécanisme de déplacement, n'atteint pas en général la valeur 0, mais une valeur finie, appelée *irréductible* (et due à des mécanismes de piégeage capillaire complexes) et notée  $S_{wir}$ . L'eau de la nappe est en mouvement et a donc également le potentiel pour déplacer la phase polluante. La saturation de la phase polluante,  $S_o$ , diminue donc dans ce cas. A cause de mécanismes capillaires, différents mais tout aussi complexes, cette saturation n'atteint pas généralement la valeur 0 mais une saturation non-nulle, appelée *résiduelle* et notée  $S_{or}$ . Ces éléments sont très connus de l'industrie pétrolière, et jouent également dans notre problématique environnementale un rôle crucial. comme on le verra par la suite

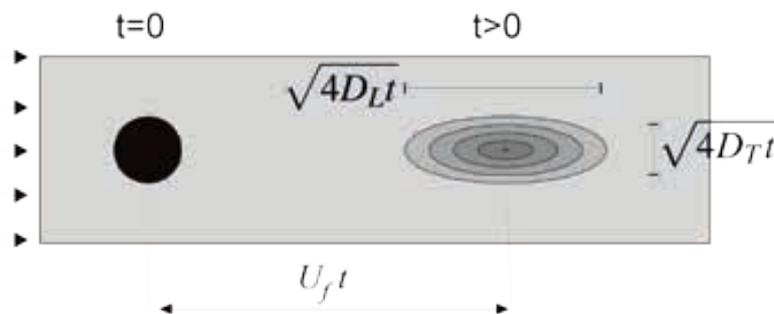


Figure 6. Illustration de la dispersion d'un panache de polluant

Les notions très élémentaires présentées dans cette section nous permettent de comprendre qualitativement les scénarios de pollution par fluides partiellement miscibles. On décrit ci-dessous les étapes essentielles :

1. mise en place de la zone source,
2. dissolution de la zone source et création du panache,
3. évolution du panache.

### Mise en place de la zone source

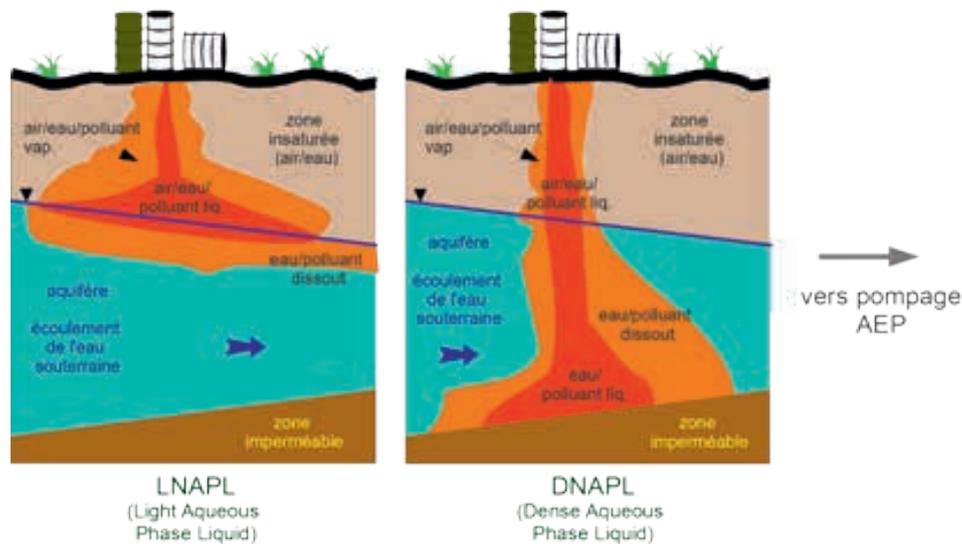


Figure 7. Scénarios de pollution pour des fluides moins dense (LNAPL) ou plus dense (DNAPL) que l'eau

La zone source est la zone où le polluant existe en phase. Elle se met en place par un écoulement multiphasique, à partir de l'origine de pollution. Au tout début, le polluant pénètre par gravité dans la zone non-saturée. Arrivé au contact de la zone saturée, on distinguera deux évolutions différentes en fonction de la densité du polluant par rapport à l'eau. Ces deux scénarios sont schématisés sur la Figure 7.

Dans le cas d'un fluide moins dense que l'eau<sup>4</sup>, par exemple des carburants, la poussée d'Archimède a tendance à stopper le polluant dans la zone supérieure de la nappe aquifère. Ce confinement naturel par la nappe est intéressant, sachant que les nappes dans nos régions sont en général peu profondes, et peut être mis à profit pour mettre en place des méthodes de réhabilitation de site efficaces. Dans le cas d'un fluide plus dense que l'eau,

<sup>4</sup> On trouve dans la littérature, y compris francophone, les acronymes anglo-saxons: LNAPL pour Light Non Aqueous Phase Liquid (i.e., moins dense que l'eau), et DNAPL pour Dense Non Aqueous Phase Liquid (i.e., plus dense que l'eau).

par exemple un solvant chloré usuel, la poussée d'Archimède n'est plus favorable et le polluant a tendance à pénétrer profondément dans la nappe. Les conséquences environnementales peuvent être dramatiques, rendant la pollution en phase peu accessible à des méthodes de réhabilitation de site. Ceci explique le fait que de nombreux sites sont finalement utilisés alors que la pollution n'a pas été complètement éradiquée !

Deux éléments quantitatifs essentiels peuvent être déduits des modèles physiques brièvement présentés dans ce texte. En premier lieu, si la source de pollution est stoppée, on observe une tendance *naturelle* de la zone source à se retrouver à la saturation résiduelle,  $S_{or}$ . Pour un volume  $V^0$  de polluant infiltré dans le sol, le volume maximum occupé, celui à la saturation résiduelle, est

$$V_{max} = \frac{V^0}{\varepsilon S_{or}} \quad (3)$$

Par exemple, avec des valeurs courantes des paramètres  $\varepsilon = 0.38$ ,  $S_{or} = 0.08$ , on a  $V_{max} \simeq 32.9V^0$ , soit un volume de milieu poreux touché par la pollution bien plus important que le volume de polluant injecté dans le sol. En outre, ce volume commence spatialement à la *fuite* de polluant. Par conséquent, si le volume  $V^0$  est limité, la pollution restera confinée près de la *fuite* de polluant. Ainsi, par exemple, une faible quantité de solvant chloré DNAPL ne pourra descendre profondément dans la nappe, et peut même rester confinée à la zone non saturée.

Un autre élément quantitatif important est un aspect historique : pour des milieux suffisamment perméables (beaucoup des sols usuels), la mise en place de la zone source se fait en général en quelques jours, quelques mois, à partir de l'arrêt de la pollution. Ces temps caractéristiques seront à comparer à ceux correspondant à la dissolution complète de la zone source, le plus souvent bien plus longs (voir section suivante).

### **Dissolution de la zone source**

Comme on l'a vu dans l'introduction, le composé chimique polluant à tendance à diffuser dans les autres phases : par dissolution dans la phase eau et par volatilisation dans la phase gaz. On a donc création d'un panache de vapeur et de phase dissoute, comme cela est schématisé sur la Figure 7. Ces deux panaches sont le danger le plus évident :

- le panache de vapeur va avoir tendance à diffuser vers l'atmosphère et, par exemple, polluer des bâtiments situés au dessus<sup>5</sup>,

<sup>5</sup>C'est une problématique très importante aujourd'hui, car la réserve foncière des grandes agglomérations est essentiellement due à l'utilisation d'anciennes zones industrielles, généralement multipolluées

- le panache dissous va évoluer par le mécanisme de dispersion décrit dans un paragraphe précédent et polluer un grand volume de la nappe, menaçant éventuellement, par exemple, un pompage d'eau potable.

Dans cette section, on se bornera à donner quelques indications sur la création du panache dissous, dans le cas d'un polluant ne contenant qu'un composé chimique unique. Pour illustrer le propos, Figure 8, on considère un écoulement unidirectionnel d'eau pure à travers une zone source rectangulaire, initialement à la saturation résiduelle (couleur orange). Si l'écoulement est suffisamment lent, l'eau se charge immédiatement à la solubilité et perd son pouvoir de dissolution, après avoir enlevé une mince tranche de phase polluante (les spécialistes appellent cela une dissolution «équilibre local»). Il en résulte une zone complètement dissoute (saturation  $S_w=1$ , couleur bleue), à l'amont d'un volume restant à la saturation résiduelle. L'eau sortant de la zone source a une concentration égale à la solubilité  $C_{wo}^e$



Figure 8. Dissolution d'une zone source

Il est aisé dans ce cas «équilibre local» de calculer la vitesse du front de dissolution,  $V_F$ , elle est donnée approximativement par :

$$V_F = V_w \frac{\rho_w C_{wo}^{eq}}{\rho_o \varepsilon S_{or}} \quad (1)$$

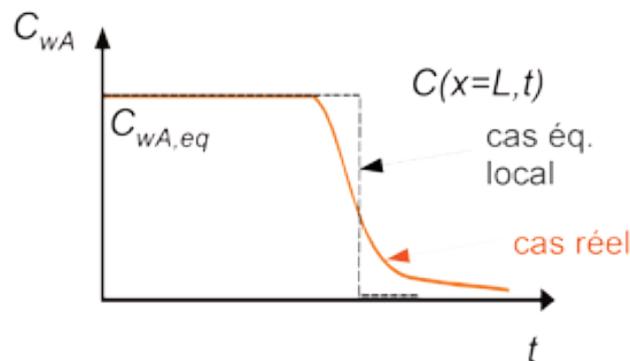
où  $V_w$  est la vitesse de Darcy de la phase « eau »,  $\rho_w$  et  $\rho_o$  les masses volumiques des phases w et o. On voit que la vitesse du front sera plus élevée pour un polluant très soluble, et d'autant plus faible que le volume de polluant dans l'espace poral sera élevé, i.e.,  $\varepsilon S_{or}$  grand. On peut aisément calculer la durée de vie de la zone source, et quelques exemples sont donnés dans le Tableau 3 pour une zone source de longueur 10 m, des données typiques de sites pollués et plusieurs types de polluant. On est tout de suite frappé par les durées obtenues, qui dépassent facilement plusieurs années, voire siècles, notamment pour les constituants peu solubles. Ce mécanisme de dissolution «équilibre local» est le plus rapide possible et, en réalité, la disparition complète de la zone source apparaît pour des temps bien plus longs.

Tableau 3. Exemple de durée de dissolution d'une zone source, avec les données suivantes :

$$\varepsilon = 0.38 ; S_{or} = 0.1 ; V_{iv} = 0.1mfj ; L = 10m$$

contaminant	$C_m$ (mg/l)	$\rho_s$ (kg/l)	$V_p/V_m$	Durée de la zone source (an)
Benzene	1780	0.88	0.0533	5.14
Toluene	515	0.87	0.0156	17.56
Gazoline	100	0.73	0.0036	76.10
PCE	151	1.44	0.0028	97.84
TCE	1198	1.27	0.0247	11.09
Chlorure de vinyle	2790	0.67	0.1098	2.49
Naphtalene	31	1.14	0.0007	391.39

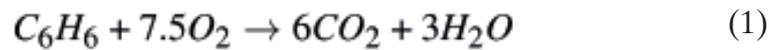
La concentration à la sortie de la zone source dans le cas «équilibre local» est simple : elle est égale à la concentration d'équilibre tant qu'il existe une saturation non nulle puis devient très rapidement nulle lorsque la zone source a disparu. Ceci est illustré sur la Figure 9. En réalité, comme indiqué plus haut, le mécanisme de dissolution observé est un peu différent, notamment lorsque la saturation en polluant devient petite, et la dissolution de la zone source est bien plus lente. La concentration à la sortie de la zone source commence à diminuer en dessous de la solubilité puis, très lentement, devient nulle à la disparition complète de la zone source (Figure 9).


 Figure 9. Concentration à la sortie de la zone source (position  $L$ ) en fonction du temps

### Panache et atténuation naturelle

Le développement du panache, à l'aval de la zone source, dépend de nombreux facteurs. Comme on l'a vu dans la partie sur les mécanismes fondamentaux de transport en milieu poreux, le champ de concentration est en premier lieu dépendant du transport avec l'écoulement d'eau, et d'un mécanisme d'étalement : la dispersion. Comme la zone source n'occupe pas la totalité de l'aquifère, il se crée un mécanisme de dilution (de l'eau contournant la zone source vient se «diluer» avec l'eau chargée en polluant). D'autres mécanismes interviennent, comme, par exemple, l'adsorption du polluant sur les particules

solides. Ce mécanisme d'adsorption a comme effet essentiel de «retarder» l'arrivée du champ de concentration. Tous ces mécanismes sont conservatifs, c'est à dire que la masse totale de polluant injectée dans la nappe est inchangée. Il existe des mécanismes non-conservatifs qui sont très importants, parmi eux des mécanismes de dégradation biochimique<sup>6</sup> : tout au long de son parcours, le polluant dissous est dégradé et sa concentration peut atteindre zéro. Un exemple typique est la dégradation aérobie du benzène, obéissant au schéma réactionnel suivant



qui produit donc deux espèces chimiques non toxiques, ce qui est intéressant du point de vue risques. La longueur du panache créé à l'aval de la zone source, et donc le potentiel de risque, dépendra des mécanismes mis en jeu. En règle générale (voir illustration sur la Figure 10 obtenue à partir de modélisations numériques), le panache se développe dans le temps sans restriction dans le cas conservatif, même si la concentration a tendance à diminuer vers l'aval. A contrario, on observe dans le cas avec (bio)dégradation, au bout d'un certain temps, un panache de dimension finie. Évidemment, la deuxième situation est plus intéressante d'un point de vue impact environnemental, puisque le périmètre touché par la pollution est plus petit.

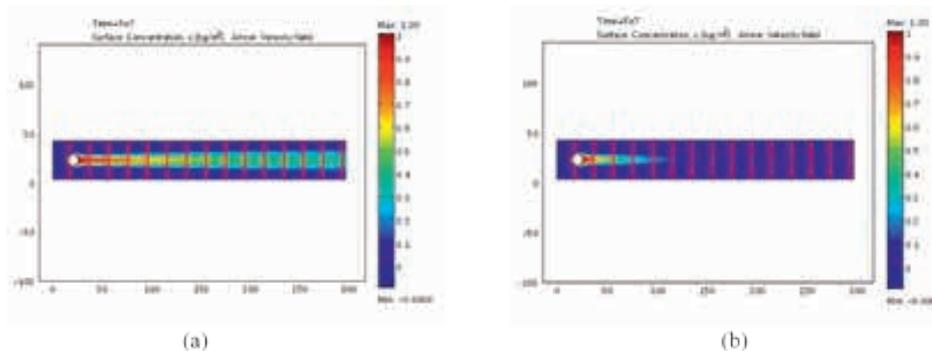


Figure 10. Panache de polluant développé derrière une zone source (cercle blanc sur la figure) : (a) transport, dilution et dispersion, (b) mêmes mécanismes avec en outre de la biodégradation

Si de nombreux hydrocarbures peuvent être «oxydés» et produire des espèces chimiques non nocives, il faut que l'oxygène dissous dans l'eau soit présent pour que ce mécanisme soit effectif. Ce n'est pas toujours le cas, puisque la consommation d'oxygène va justement diminuer la concentration de cette espèce chimique, et produire, par exemple plus en profondeur dans la nappe, une zone anaérobie. En outre, les schémas de biodégradation

<sup>6</sup> En général, cette biodégradation est due à la présence de bactéries au sein de l'espace poral, généralement regroupées sous la forme de colonies appelées biofilms.

ne sont pas toujours aussi simples. Ainsi, par exemple, les solvants chlorés comme le PCE/TCE peuvent se dégrader d'une manière séquentielle en suivant le schéma présenté Figure 11. Le PCE se dégrade en TCE, qui est aussi un polluant, puis en DCE, puis en chlorure de vinyle (VC), qui est d'ailleurs un polluant « fils » considéré comme plus dangereux que les polluants initiaux (cf. Tableau 2). Il y a plus grave : le chlorure de vinyle se dégrade en général très mal dans des zones anaérobies. On peut donc, potentiellement, observer dans la pratique un panache plus long d'un produit plus toxique

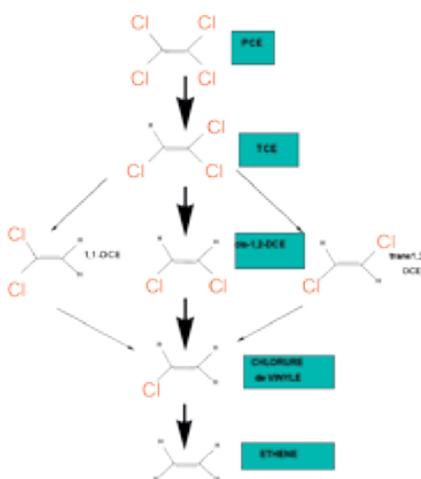


Figure 11. Schéma de dégradation séquentielle des solvants chlorés TCE/PCE

que le polluant initial !

Ces exemples montrent que l'atténuation naturelle n'est donc pas nécessairement positive, et l'on doit évaluer les mécanismes réels intervenant pour émettre un jugement sur l'acceptabilité de cette voie « naturelle » de réhabilitation de site. Si les mécanismes de (bio)dégradation sont « bénéfiques » du point de vue de l'analyse de risque et conduisent, à terme, à la disparition du polluant, ils peuvent éviter de s'engager dans des méthodes de protection de site, ou de réhabilitation, très coûteuses voire hasardeuses sur le plan technique et économique. Pour décider sur ce point, les agences environnementales sont confrontées au problème suivant : est-ce qu'un mécanisme d'atténuation naturelle est à l'œuvre sur le site considéré, et, si oui, peut-il permettre de contenir voire d'éliminer le risque de développement d'un panache de polluant inacceptable ? Outre l'utilisation de méthodes de caractérisation de site très poussées, il faut aussi développer la modélisation, notamment numérique, du site pour évaluer le devenir de la pollution sur des échelles de temps qui peuvent être longues (années, siècles), comme on l'a vu ci-dessus<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> On peut consulter le guide méthodologique Côme et al. (2006) pour une discussion sur l'atténuation naturelle des solvants chlorés.

### Réhabilitation et protection des sites

A cause de l'irréversibilité intrinsèque des mécanismes de transport, il est extrêmement coûteux sur le plan physique, et donc économique, d'arriver à une réhabilitation complète d'un site, ce qui serait pourtant a priori vertueux sur le plan écologique et politique. C'est pourquoi la possibilité d'une limitation de l'étendue de la pollution par les mécanismes d'atténuation naturelle évoqués ci-dessus est envisagée par les agences environnementales. Dans le cas où l'atténuation naturelle n'est pas suffisante, des actions de confinement ou réhabilitation de sites (disparition de la pollution) doivent être engagées. De nombreuses méthodes sont utilisées ou font l'objet de recherches ou d'études de faisabilité. Sans être exhaustif, on mentionnera :

- les méthodes ex-situ : excavation et traitement ex-situ des sols, méthodes limitées à la couche superficielle du sol,
- des méthodes de pompage du polluant, s'il est mobile (donc pas à la saturation résiduelle), ou d'autres méthodes de récupération assistée inspirées parfois de méthodes de récupération utilisées en génie pétrolier. Ces méthodes sont réservées aux zones sources à saturation non-résiduelle et avec des volumes de polluant importants,
- les méthodes dynamiques de confinement de la pollution, notamment par la mise en place de puits de pompage qui interceptent le panache de polluant. L'eau doit être traitée avant d'être rejetée dans la nappe. On peut également tenter d'intercepter par aspiration le panache de vapeur. Ces méthodes sont très coûteuses si les débits envisagés doivent être importants et sur des durées très longues,
- les méthodes statiques de confinement de la pollution, « murs », membranes, etc.... En général, ces méthodes sont réservées à des pollutions peu profondes,
- les méthodes statiques de confinement doublées d'une action destructrice de la pollution : « murs réactifs »,
- des méthodes d'injection d'air (« venting » et « air sparging ») visant à accélérer la volatilisation du polluant,
- des méthodes thermiques, qui ont pour effet bénéfique de diminuer la viscosité du polluant, en cas de méthodes de récupération, et d'augmenter la volatilisation même dans des zones peu perméables non-touchées par l'écoulement (à cause de la conduction de la chaleur),
- des méthodes de destructions chimiques ou biochimiques,
- la phytoremédiation en effectuant des plantations de certaines plantes qui fixent ou « métabolisent » le polluant dans la couche superficielle du sol.

Les difficultés pour choisir telle ou telle méthode et estimer son efficacité sur le site pollué considéré peuvent se comprendre compte tenu de ce qui a été dit plus haut sur la complexité des mécanismes mis en jeu. Les aspects économiques et technologiques sont également très importants.

### Conclusion

La pollution des sols et des nappes aquifères met en jeu des mécanismes physiques très complexes. De nombreux scénarios sont possibles, parfois très différents, comme par exemple dans le cas des fluides plus ou moins denses que l'eau. L'analyse de risque doit s'appuyer sur des éléments quantitatifs : niveaux de concentration, extension spatiale et évolution dans le temps. La prédiction dans ce domaine fait largement appel à la modélisation. Celle-ci est difficile pour les raisons fondamentales suivantes :

- comme on l'a vu dans cette courte introduction à la pollution des nappes, la physique mise en jeu est complexe, multi-échelles. Les modèles macroscopiques existants sont approchés et peuvent ne pas rendre compte correctement de la réalité,
- l'objet d'étude lui-même est complexe et peu facile d'accès : variabilité naturelle des couches géologiques, métrologie difficile. Le coût d'une caractérisation précise de la zone source et de la nappe touchée par le panache est trop élevé et on doit se contenter d'approximations, basées sur un petit nombre de mesures, qui rendent le diagnostic moins sûr.

### Références bibliographiques

Papanicolau, G.; Bensoussan, A. & Lions, J. *Asymptotic Analysis for Periodic Structures*, Elsevier Science, New York, 1978

Côme, J.-M.; Kaskassian, S.; Ropars, M.; Quintard, M.; Vogel, T. M.; Razakarisoa, O.; Nex, F.; Schafer, G. & Haeseler, F., *Atténuation naturelle des composés organo-chlorés aliphatiques dans les aquifères - Guide méthodologique*, Guides ADEME, 2006 (<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=0011B6D0CC65696C10BB39FF8264221E1240566289796.pdf>)

Côme, J.-M.; Quintard, M.; Schafer, G.; Mosé, R.; Delaplace, P. & Haeseler, F., *Modélisation du devenir des composés organo-chlorés aliphatiques dans les aquifères - Guide méthodologique*, Guides ADEME, 2006 (<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=91375DBF7A06A5CCF071CFAF3A6C0F7A1242122229965.pdf>)

Dagan, G. & Neuman, S. P. *Subsurface Flow and Transport: A Stochastic Approach*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997

Darcy, H., *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*, Victor Dalmont, Paris, 1856

Fetter, C. W., *Contaminant Hydrogeology*, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999

Whitaker, S., *The Method of Volume Averaging*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999.



## ELOGE DE M. PIERRE TRAINAR

Par M. Germain SICARD

L'usage académique de l'éloge des confrères récemment disparus, nous permet d'évoquer la personne et les travaux de ceux qui viennent de nous quitter, et par conséquent de retarder le temps de l'oubli. Pierre Trainar fut accueilli dans notre académie en 1997, après rapport du doyen Lazorte. Ma propre présentation correspond aux fonctions de Directeur et de Président de l'Académie exercées autrefois et aussi à plusieurs rencontres au cours de nos destinées.

Pierre Trainar membre de notre compagnie à partir de 1997, appartenait à un lignage dauphinois, mais il était né à Alger le 1<sup>er</sup> avril 1923, où son père exerçait la médecine. Comme tant d'autres avant et après lui et notamment comme son presque contemporain Albert Camus, il fut séduit par l'harmonie de ces paysages de mer, de collines et soleil, qui constituaient dira-t-il une sorte d'Arcadie, de paradis terrestre bucolique. Né dans une famille ouverte à toutes les formes de la culture, il y rencontre divers écrivains et artistes. Après les études secondaires qui lui permettent de se familiariser avec tous les aspects de la culture classique, il s'engage dans des études supérieures qui le conduiront à s'initier à la littérature allemande et à la philosophie du pays. Ses études sont suspendues par les événements. Dès le début de 1943, les autorités qui gouvernent l'Algérie décident la mobilisation d'une vingtaine de classes pour compléter les effectifs de l'armée d'Afrique car nul à l'époque ne sépare l'Algérie de la France. Pierre Trainar est de ceux qui devançant l'appel en s'engageant dans l'école des officiers de réserve de Cherchell. Il accomplira ces années de guerre dans un régiment d'artillerie et recevra la croix de guerre avec une citation pour son comportement courageux.

Il a participé aux combats pendant plusieurs années en Tunisie, en Italie puis dans la métropole jusqu'au Lac de Constance.

Revenu à la vie civile il décide de s'engager dans la carrière de bibliothécaire qui convenait si bien à ses goûts raffinés et à son appétit de culture. Reçu au concours de recrutement des bibliothécaires, il assura la responsabilité de directeur de la bibliothèque de Mulhouse puis de la bibliothèque universitaire de Grenoble. Après Grenoble, il sera chargé de la direction de la bibliothèque universitaire de Toulouse avec le titre de conservateur

en chef et il la dirigera jusqu'à sa retraite. La confiance de ses collègues en fera le président de l'association nationale des bibliothécaires. Il se trouve confronté comme gestionnaire aux transformations qui agitent le monde de la culture. La création à Toulouse de trois universités détermine la création de deux nouvelles bibliothèques universitaires et une répartition rationnelle des fonds entre les trois collectivités. Le dévouement de Pierre Trainar à l'intérêt public et sa parfaite courtoisie ont contribué à ce que cette opération de division se passe pour le mieux. Pierre Trainar participe comme conservateur de la bibliothèque aux conseils de l'université, où chacun apprécie sa parfaite connaissance des dossiers et son urbanité. Le temps de direction de Pierre Trainar est marqué aussi par la modernisation des formes de communication, le recours à l'informatique pour la conservation des documents et leur classement. Il présidera ainsi aux transformations des conditions de gestion des bibliothèques, qui passent en quelques années des fiches manuscrites à la mémorisation numérique. Pierre Trainar et son épouse ont pris une place distinguée dans le monde Toulousain de l'art et de la littérature, il devient mainteneur des Jeux Floraux puis membre de notre compagnie. Se conformant à l'antique usage selon lequel les membres correspondants doivent présenter à leurs confrères une communication, il prononce le 27 mai 1998, une conférence sur «l'héritage des Lagides» qui sera imprimée dans le recueil des mémoires de cette académie.

Ce fut là pour l'auditeur, et de nos jours pour le lecteur la découverte d'un véritable chef d'œuvre d'érudition dans une langue parfaitement maîtrisée. L'auteur part de l'évocation de ses promenades de jeunesse sur les rivages de la Méditerranée sur les sites de Tipaza et Cherchell célèbres pour leurs richesses archéologiques. Cherchell (Julia Césarea) fut la résidence du roi de Mauritanie Juba, descendant d'une dynastie de princes locaux, mais formé à la culture grecque et latine. Il était l'époux de Cléopâtre Séléne seule survivante des enfants de la grande Cléopâtre, les autres ayant été mis à mort par les soldats d'Octave vainqueur. Cette rencontre des cultures invitait Pierre Trainar à présenter une ample méditation sur les espoirs et les désillusions de cette dynastie des Lagides. A l'origine, se trouve l'épopée d'Alexandre, le dynaste grec qui se voulut conquérant du monde et unificateur des conditions humaines. Il a fondé notamment dans le delta du Nil la ville d'Alexandrie promise à un essor commercial et culturel qui en fait un temps la capitale de l'Orient. L'un des lieutenants d'Alexandre, Ptolémée, règne en Egypte comme successeur des Pharaons, associant traditions séculaires d'Egypte et nouvelle culture grecque. Ses successeurs, les Lagides, gouverneront l'Egypte jusqu'à ce que l'ombre de Rome ne vienne les menacer. L'épopée tragique des Lagides est celle de la rencontre entre l'Occident et l'Orient conclue par la bataille d'Actium (31 av JC) et ensuite le suicide des vaincus, l'impérator Marc Antoine et la dernière Reine d'Egypte Cléopâtre, celle qui fit rêver tant d'hommes. L'affrontement des puissances s'accompagne de la rencontre et

de l'opposition de deux sensibilités religieuses distinguées par Nietzsche : le monde apollinien qui est lumière du jour mesure, logique, raison et rigueur et le monde de Bacchus Dionysos, monde de la nuit, de la démesure, des dérèglements de l'esprit et des sens. Octave utilise les valeurs apolliniennes conformes à la tradition de Rome.

Et Marc Antoine l'époux de Cléopâtre se convertit aux mystères dionysiaques et à toutes les divagations orientales que les Romains ne manqueront pas de lui reprocher. Que reste-t-il, s'interroge Pierre Trainar, de cette geste démesurée des Lagides, une fois l'Égypte devenue province romaine, les vieilles croyances romaines restaurées. Reste à la bibliothèque d'Alexandrie, conçue pour recevoir un exemplaire de toutes les oeuvres de l'humanité mais finalement détruite ; restent les aspirations des philosophes vers la recherche de la vérité à travers les expressions néoplatoniciennes dont certaines survivront chez les pères de l'Église grecque.

Après avoir évoqué cette conférence si riche comment ne pas regretter que Pierre Trainar n'ait pu nous faire bénéficier d'autres fois de ces réflexions et de sa science. J'ai bien conscience que le présent hommage limité aux activités professionnelles et académiques de Pierre Trainar laisse de côté un pan lumineux de sa personnalité, riche de son immense culture, de ses dons de poète, de sa familiarité avec les aspirations humaines au beau et au vrai.

En saluant pour finir ses enfants installés au loin et son épouse en maison de soin, je puis affirmer que tous ceux qui ont connu Pierre Trainar conserveront le souvenir d'un véritable humaniste, dont la courtoisie traduisait le respect qu'il portait à toutes personnes et d'un artiste sensible à toutes les beautés du monde.



Withe

## **RUSES ET ARTIFICES DES HOMMES PREHISTORIQUES**

Par Mme. Anne-Catherine WELTE

La ruse (*la méti*s des Grecs) est une réponse adaptative à une difficulté, à un obstacle : elle désigne un aspect du comportement humain qui mêle tactique et esprit de finesse, analyse d'une situation et réactivité réfléchie. Le dictionnaire Littré (éd. de 1863, puis de 1872-1877) y ajoute les détours ou expédients utilisés par les animaux de vénerie (cerf, lièvre, renard...) quand ils sont pourchassés, ainsi que les moyens utilisés pour tromper. L'artifice (du latin *artifex, artificis*) se réfère surtout à l'habileté dans la fabrication, à la maîtrise dans l'exercice du métier. Le dictionnaire Littré (*op.cit.*) y reconnaît une combinaison habile de moyens, le déguisement, des moyens ingénieux d'agir... Le « Cheval de Troie » est une des illustrations les plus éclatantes de l'une et l'autre démarche. Qu'en est-il chez les hommes des temps préhistoriques, et plus précisément au Paléolithique ?

### **A- LES RUSES**

Les ruses s'élaborent à partir d'une réflexion dont le but est d'optimiser l'état d'un individu ou d'un groupe, de permettre l'évolution d'une situation dans un sens qui paraît favorable à leur initiateur. Couronnées de succès, elles sont réutilisées dans les situations analogues ou semblables et deviennent des procédés. Elles accompagnent le devenir des hommes dans toutes leurs activités. Dans la vie collective surviennent et survenaient sûrement, pour des raisons très variées, des alternances d'équilibre et de tension dans les comportements à l'intérieur du groupe comme entre les groupes. Mais aucun écrit, aucun récit ne relate ces périodes de rivalités ou de troubles ; les stratégies sociales (sympathies, empathies), économiques (partages...) ou politiques (alliances) restent inconnues... En leur absence, il faut se contenter de rassembler quelques données matérielles de la vie quotidienne qui ont traversé les millénaires et qui paraissent pouvoir livrer des indices permettant de proposer quelques hypothèses.

Depuis leur apparition, et jusque vers 11 500 ans quand ils commencent à domestiquer la nature, les hommes sont des chasseurs/cueilleurs/pêcheurs nomades, exploitant les ressources naturelles disponibles, dans une économie de prédation. C'est donc les stratégies cynégétiques et halieutiques qui fournissent les éléments les plus accessibles : les accumulations osseuses non naturelles dans le même site en représentent le résultat.

## 1- Stratégies cynégétiques

### 1-1- L'ACQUISITION DE LA VIANDE ET SES METHODES

Dès l'origine (avec *Australopithecus gracilis* et *robustus* d'Afrique du Sud entre autres, Balter, 2013), le régime alimentaire des hominins est omnivore comme l'attestent le striage des dents (Puech 1976) ou les analyses biochimiques révélant la présence d'éléments-traces (rapport Sr/Ca, taux de zinc). Mais dépourvus d'armes naturelles (crocs, griffes...), peu rapides, avec des forces limitées, les hominins ont vite pris conscience du rang inférieur qu'ils occupaient dans la hiérarchie animale. Vraisemblablement ils ont été « charognards », récupérant les carcasses d'animaux morts naturellement (maladie, vieillesse, noyade, chute...) ou faisant fuir les prédateurs. Attesté dès 2/3 Ma au moins, le charognage peut être « passif, simple exploitation des restes abandonnés par les carnivores », ou « actif », quand l'animal est achevé ou récupéré aux dépens du prédateur. La présence d'outils lithiques atteste l'intervention des Australopithèques et des premiers représentants du genre *Homo*. A la grotte du Vallonet (Alpes-Maritimes, 910 Ka), la fréquence des os accidentellement incisés par des couteaux à viande, leur écrasement ou leur découpe laissent supposer la première alternative (Lumley 2007). Mais dans les sites de Lehringen et de Gröbern (Allemagne, 130-115 Ka BP), des squelettes d'*Elephas antiquus* ont été retrouvés au bord d'un ancien lac, associés à des éclats de silex auxquels s'ajoute un épieu de bois (brisé en 5 fragments, soit L : 2,50m) fiché dans l'omoplate de l'animal (fig. 1) : cette situation est-elle le fait d'un charognage « actif » ou une stratégie de chasse exploitant des zones marécageuses où les animaux pouvaient s'enliser ? (Patou-Mathis 2009).

Parallèlement au charognage qui semble avoir coexisté avec elle dans certains sites (ainsi les sites moustériens des Plumettes et des Rochers de Villeneuve (Vienne) en Charente), la chasse s'impose peu à peu à partir de 500 Ka et devient le mode privilégié d'acquisition de la viande avec Néandertal et l'Homme moderne. Or « du point de vue psychologique, l'acte de chasse est resté le même des origines à nos jours ». Toute manœuvre procède d'un algorithme qui implique 4 phases : l'affrontement, la ruse, la piste et la capture : [en effet] « en Préhistoire, le chasseur largement plus faible et moins rapide que le gros gibier qu'il poursuit doit nécessairement l'affronter... Très souvent aussi le chasseur doit suivre son gibier à la piste pour l'attraper ou retrouver la piste lorsque le gibier blessé a disparu. ... il a besoin de ruse pour capturer la proie » (Von der Mühl, 2007).

La chasse implique la mise en œuvre de connaissances très variées : topographie de la région et son exploitation, écologie du territoire de chasse, anatomie et éthologie du gibier, rythmes saisonniers, ruses abouties, soit tout un ensemble de savoirs réunis et transmis comme le suggère la succession des épisodes d'accumulations osseuses non naturelles dans le même site. Mais en Préhistoire les preuves directes des techniques et méthodes de chasse sont rares, et il faut avoir recours aux études archéozoologiques (analyses

quantitative et qualitative des ossements) pour les appréhender. Les technologies modernes appliquées à l'étude de la composition de ces accumulations permettent alors d'approcher la démarche des chasseurs : le choix de ou des espèces abattues (chasse monospécifique, ou focalisée sur 2 ou 3 espèces exploitées de manière complémentaire), celui des individus tués selon les besoins du groupe (viande, os, bois, ivoire, dents, griffes, peau, fourrure, tendons, plumes...), celui de la saison, le rôle de l'environnement et celui du rythme des hardes et des troupeaux. L'étude des restes osseux révèle si les carcasses ont été ramenées en totalité ou en partie, dont on peut inférer la proximité plus ou moins grande du lieu de l'abattage par rapport à l'habitat, la taille et le nombre des proies, l'effectif des chasseurs. Le type de fracturation des os peut mettre en évidence le but nutritif recherché (viande, graisse, moelle), donc une sélection éventuelle des quartiers, ainsi également qu'une éventuelle démarche de stockage en vue d'une consommation différée (anticipation des besoins). L'usure des dents et la cémento-chronologie permettent d'établir l'âge des animaux abattus, donc le profil de mortalité et la saison de la chasse. Le sexe peut être précisé par la morphologie de certains os et l'étude biométrique des articulations et des appendices céphaliques. Ainsi peut se dessiner le profil de proie recherché, parfois aussi son rendement nutritif selon la saisonnalité.

Les stratégies sont variées et peuvent être associées. Des récits détaillés de chasses réalisées par les derniers peuples chasseurs (amérindiens, sibériens, asiatiques, africains et océaniques) ont été recueillis par les ethnologues. Les pratiques traditionnelles fort anciennes subsistantes peuvent permettre d'en appréhender le déroulement matériel :

- Affût : attendre le passage d'un animal en se dissimulant.
- Leurre : attirer l'animal par imitation du cri avec un appeau, se dissimuler sous un masque ou une dépouille. A cet objectif correspondent sans doute les frontaux de cerfs perforés découverts aux XI<sup>e</sup> et X<sup>e</sup> millénaire BP à Bedburg-Königshoven (Street 1996) ainsi qu'à Hohen Viecheln et Berlin-Biesdorf (Allemagne), ainsi que ceux de Starr Carr au X<sup>e</sup> millénaire BP en Angleterre (Clark 1954). Ces frontaux de cervidé sont utilisés encore au siècle dernier en Laponie pour des chasses au renne (fig. 2-1 et 2). Les êtres « hybrides » ou « composites », présents sur les parois des grottes comme sur les objets mobiliers pourraient avoir ce but : ces images associent éléments anatomiques humains et animaux. Ils portent très souvent une sorte de peau animale, ou sont conservées la tête et ses attributs céphaliques, l'appendice caudal, et parfois d'autres segments animaux.
- Approche : recherche de l'animal face au vent pour dissimuler ses traces olfactives et attaque à courte distance ; utilisation parfois de phalanges de renne perforées d'un trou circulaire (Dauvois 1994, Dauvois et Fabre 1999 ; (fig. 2-3).

- Enfumage de tanières /de terriers.
- Poursuite : pister un animal jusqu'à son épuisement.
- Rabattage/ encerclement de groupes parfois importants (battue au moyen de gestes, de cris, de feux), et fuite dirigée vers une zone de pièges naturels (aven, défilé, vallon fermé, marécage, gué...) ou artificiels, d'où les animaux ne peuvent s'échapper.
- Construction de pièges dans les zones stratégiques : lieu de passage, près d'un point d'eau, vallée étroite. Il s'agit alors des pièges à glu (pour les oiseaux), à poids (assommoirs), des lacets et collets, des filets, des fosses (connues dès cette période assez tôt au Japon)...

### 1-2- QUELQUES ETUDES DE CAS

Depuis plusieurs décennies, les gisements préhistoriques dont les matériels ont été soumis aux moyens modernes d'investigation et d'études livrent des informations sur ces stratégies.

*1-2-1- Au Paléolithique inférieur*, les occupations humaines de la Caune de l'Arago à Tautavel (Pyrénées-Orientales) sont fréquentes entre 690 Ka et 100 Ka et variées : campements plus ou moins longs, haltes de chasse, ateliers de dépeçage, bivouacs ont pu être distingués... En effet, s'ouvrant dans une falaise calcaire, la cavité domine d'une centaine de mètres la rivière du Verdoube dans la plaine de Tautavel et se trouve à un carrefour de niches écologiques : plaine, plateaux, falaises/ corniches, berges et gué du Verdoube, gorges de Gouleyrous... Sa situation permet l'observation des troupeaux dans les diverses zones. Plusieurs modes de chasse, collective principalement, sont envisageables : affût, traque, battue, poursuite, rabattage vers des défilés... Dans le sol F (440 Ka, stade isotopique 12), lieu d'un campement saisonnier de quelques mois (avril-juillet), les restes d'*Ovis ammon antiqua* (mouflon) ont été retrouvés en abondance : NMI= 206, soit 75% des individus présents dans ce niveau. D'après l'étude archéozoologique ce sont surtout des femelles (88%, dont 64% adultes) et des jeunes (entre 0 et 48 mois, Rivals et *alii* 2002) : compte tenu de l'éthologie de cette espèce, il y a eu sélection de la proie lors de chasses qui se déroulaient dans les falaises environnantes. L'étude du sol G (80 cm de puissance, 450 Ka BP, stade isotopique 12) qui a livré de nombreux restes humains (dont Arago XXI) révèle des séjours prolongés où les hommes ont exploité tous les biotopes. Dans les dépôts de cet ensemble prédominent les restes des grands herbivores (*Bison priscus*, *Equus ferus mosbachensis*, *Praeovibos priscus*), de *Rangifer tarandus* (jeunes âgés de 6-9 mois, ou 18-21 mois) abattus en automne dans la plaine, *Ovis ammon antiqua* (toutes classes d'âge) et *Hemitragus bonali* (toutes classes d'âge) (Lumley 1998 et 2007), sauf en G supérieur où prédominent les individus de plus de 3 ans (adultes et vieux) qui ont donc fait l'objet d'une chasse sélective (Rivals et *alii* 2002) dans les lieux plus élevés.

1-2-2- Pendant le Paléolithique moyen, les hommes sont devenus plus efficaces, davantage capables de sélectionner le gibier à abattre, et de s'adapter aux contraintes du contexte topographique ou de les exploiter. Le gisement de Biache-Saint Vaast (Pas-de-Calais), situé au bord de la Scarpe en contexte marécageux, a pu fonctionner comme un lieu où les animaux s'abreuvaient, et où des espèces assez redoutables en terrain sec (aurochs mâles, rhinocéros) devenaient plus vulnérables en milieu mou (et donc plus faciles à approcher quand ils s'enlisaient). Plus de 220 000 restes osseux et dentaires y ont été retrouvés, en association dans tous les niveaux avec les documents lithiques (Auguste, 1995). Vingt espèces ont été identifiées. *Bos primigenius* /aurochs prédomine (NMI = 38,5%) : les individus pré-adultes et adultes mâles, aux os à forte valeur nutritive, sont les mieux représentés. Vient ensuite *Ursus arctos* /ours brun (NMI = 17,1%) : ce sont des individus sub-adultes et adultes un peu plus âgés que les aurochs, avec une *sex Ratio* assez équilibrée ; outre les marques de boucherie pour la récupération de la viande, ils montrent de nombreuses autres marques aux extrémités des pattes et sur la tête, ce qui permet d'envisager la récupération de la peau. Pour *Dicerorhinus hemitoechus/rhinocéros* de prairie (NMI = 15,3%) il s'agit surtout d'individus très jeunes (dont un fœtus) et jeunes, ce qui suppose la présence de femelles suitées ; leurs os à forte valeur nutritive ont été aussi les plus recherchés. Dix-sept autres espèces (NMI = 29%) sont présentes, dont des cervidés (NMI = 8,4%) et des équidés (NMI = 5,7%). Ainsi dans ce gisement la récurrence des occupations, la standardisation du traitement des trois principales espèces amènent à envisager une stratégie de subsistance alimentaire liée en particulier aux aurochs et aux rhinocéros à certains moments, tandis que l'ours fait l'objet d'une stratégie de récupération de matières premières (fourrure).

Sur la cause de Gramat, l'aven de Laborde à Livernon (Lot), de 4m de profondeur, a livré environ 400 restes osseux accompagnés d'un outillage lithique : cette accumulation est constituée à 93,2% de *Bos primigenius* /aurochs, auxquels s'ajoutent quelques chevaux, cervidés et loups. Un outillage lithique est présent dans les niveaux. Ce sont essentiellement des jeunes et des femelles, dirigés vers ce gouffre par des battues. Structure populationnelle et dominance des parties à intérêt alimentaire nul (transport sélectif des morceaux à forte valeur nutritive au campement) traduisent une chasse sélective adaptée au contexte (Jaubert et alii, 1990).

Mauran (Hte-Garonne) est également un site d'abattage et de première boucherie, à faune monospécifique. En effet, entre 48 et 31 Ka BP, et dans une stratigraphie de 18m de puissance, ce site de plein air adossé à une barre calcaire démantelée des Petites Pyrénées a été exploité pour la chasse au Bison : rabattage et piégeage ont été les techniques utilisées par des groupes humains d'au moins une vingtaine d'individus. La zone fouillée (25 m<sup>2</sup> sur 1 ha) a livré plus de 9000 vestiges osseux avec un outillage lithique en matières premières surtout locales ou très proches : ces vestiges sont constitués à 98,97% de

bison (*Bison priscus*) (Farizy et alii, 1994), quelques chevaux (0,88%), cerfs (0,12%) et ours (0,02%). Les bisons représentent un NMI de 137 individus, répartis autour de 80% de femelles et de jeunes pour 20% de mâles. Les jeunes abondent, et la taille des dents de lait oriente vers une occupation du site de la fin de l'été à l'automne. A Starocelié (Crimée), les néandertaliens chassaient de petits chevaux (*Equus hydruntinus*) en les rabattant dans une gorge de Kanly-Dere qui finit en cul de sac (Patou-Mathis 2006 et 2009)...

*1-2-3- Au Paléolithique supérieur*, la grande connaissance du terrain et du comportement des animaux permet aux hommes d'adopter des comportements de subsistance élaborés, en diversifiant leurs activités prédatrices et en anticipant leurs besoins en viande. Les proies sont plus variées. A côté des herbivores de taille grande ou moyenne toujours privilégiés (rennes et chevaux en plaine, bouquetins/chamois en montagne), le petit gibier (oiseaux, lièvres lapins, petits rongeurs) occupe une place plus importante.

\* Les troupeaux de *Rangifer tarandus*/rennes effectuent des migrations régulières, dont les moments, les axes (vallées) et les lieux (gués et défilés) sont connus et prévisibles, d'où l'existence de campements de chasse installés au printemps et en automne aux endroits propices à leur abattage en masse. Tels sont, entre autres, dans le Bassin Parisien durant le XIII<sup>e</sup> millénaire certains niveaux (IV-20) des sites de Pincevent (Seine-et Marne, où au moins 3,5 t. de produits alimentaires provenant de rennes tués lors de la migration d'automne ont été retrouvés) et de Verberie le Buisson Campin (Oise). D'après les parties de squelettes retrouvées, les rennes de Pincevent (98% de la faune) ont sans doute été tués un peu plus loin du camp qu'à Verberie, où les segments de colonne vertébrale témoignent de la proximité du lieu d'abattage. Si une partie des viandes a dû être consommée sans délai, les vestiges d'activités de boucherie (démembrement, découpe) suggèrent des préparations pour le séchage et le fumage, et il faut admettre le stockage et le transport au camp de base occupé pendant une grande partie de l'année. De même l'outillage lithique diversifié témoigne des activités liées au traitement des produits « dérivés » (peaux, tendons...). Toutefois, lors de séjours de plus longue durée, la chasse peut ne plus être spécialisée sur une seule espèce. Ainsi dans le niveau IV.0 de Pincevent occupé durant la fin de l'automne et tout l'hiver, la chasse au cheval domine, complétée par une chasse au renne (Audouze 2007). A la Madeleine (Dordogne) le renne (92-94% de la faune) a été chassé en hiver et au début du printemps, les chevaux en été : il s'agit vraisemblablement de l'exploitation complémentaire d'espèces, selon la saison.

\* A Solutré, site célèbre pour l'abattage des chevaux/*Equus caballus* (magma osseux sur plus d'1,5m d'épaisseur à certains endroits), il n'y a jamais eu de « chasse à l'abîme » : les préhistoriques n'ont jamais pourchassé les chevaux pour les pousser à se précipiter depuis le sommet de la Roche. Mais le passage obligé, accidenté de blocs d'effondrement de la falaise, que consti-

tue le pied de la Roche pour éviter les zones basses marécageuses facilitait les poursuites et l'abattage en masse des troupeaux pendant toute la période depuis l'Aurignacien jusqu'au Magdalénien (Combiere et Montet-White 2002).

\* *Capra ibex*/bouquetin a fait lui aussi l'objet de chasses presque exclusives dans des sites de montagne. Ainsi, à la fin du Magdalénien, la grotte des Eglises en Ariège (Clottes 1983) a été occupée à la fin de l'automne et au début de l'hiver, lors des regroupements des bouquetins à l'époque du rut. Elle a livré plus de 11100 restes osseux, constitués à 81% de bouquetin, soit un NMI de 57 individus. Mâles et femelles étaient abattus indifféremment, non loin de la grotte, puisque les éléments à bas potentiel de viande ont été retrouvés. Le dépeçage des carcasses était suivi de leur décarnisation, puis de l'extraction de la moelle, dans le cadre de la préparation des quartiers à ramener au camp de base, accompagnés de la peau et des massacres.

\* Les grands herbivores étaient vraisemblablement moins chassés en raison de leur dangerosité. *Bos primigenius*/aurochs était très redoutable par son agressivité. *Bos priscus*/Bison était parfois très attendu pour sa viande, mais reste une cible difficile : femelles et petits vivaient en groupe avec quelques mâles ; et les mâles âgés étaient solitaires et ne retrouvaient le troupeau qu'au moment du rut. Mais seuls ou en groupe, cet animal a été chassé comme l'atteste la partie distale d'une sagaie en bois de renne, flanquée d'une microlamelle de silex, restée fichée dans l'omoplate gauche d'un bison à Kokorevo I-c3 (Sibérie) (Abramova 1995) : l'animal a été blessé en plein air, sans doute au cours d'une poursuite. La sagaie a traversé la peau, les muscles et s'est brisée au niveau de la face externe de l'omoplate. Les organes vitaux n'étaient pas atteints, d'après la longueur. Mais aucune trace de guérison n'a été observée : l'animal a dû être achevé sur place, ou mourir dans les quelques jours qui ont suivi.

*Elephas primigenius* /mammouth offre toutes sortes de ressources : l'ensemble alimentaire viande/graisse/moelle, mais aussi les ossements et défenses pour la construction d'habitats, les os pour le foyer ou l'art mobilier, les poils et les jarres...Compte tenu de ses dimensions, la chasse au mammouth n'a pas dû être beaucoup pratiquée. L'un d'entre eux a été retrouvé avec une pointe en silex fichée dans une côte retrouvée dans une habitation de Kostienki I (Praslov 1990) : l'animal a-t-il été réellement chassé ? Ou bien prisonnier d'un piège (fosse, crevasse, marais ?) a-t-il été achevé avant d'être découpé ?

En ce qui concerne *Ursus arctos*/ ours brun, le seul « témoignage reconnu de chasse » provient de la grotte du Bichon (La-Chaux-de-Fonds, Suisse), où ont été retrouvés les squelettes d'une ourse (5 ans) et d'un adulte masculin (20-23 ans) entremêlés à la suite d'un accident de chasse (Morel 1998). Cette interprétation est fondée sur la présence d'un impact de projectile (flèche ou sagaie) à pointe de pierre dans la 3<sup>ème</sup> vertèbre cervicale de l'ours, blessure qui n'a été suivie d'aucune régénération de tissu et donc a été fatale. L'ourse aurait été blessée à l'extérieur et se serait réfugiée dans la grotte. Pour en

finir, le chasseur aurait procédé à un enfumage (comme le suggèrent les très nombreux charbons de bois retrouvés), et serait ensuite entré dans la grotte. Ayant rejoint l'animal, celui-ci lui aurait porté des coups de griffes mortels, avant de succomber.

\* Le petit gibier (lapins, animaux à fourrure, oiseaux) a été chassé de manière plus ou moins intensive, comme dans la salle Monique (Magdalénien supérieur) de la grotte de La Vache (Ariège), l'essentiel du matériel osseux est « dans sa quasi-totalité le produit de la chasse » (Pailhaugue, 2003). *Lepus timidus*/ lièvre variable est bien présent (NMI : 42). Les petits carnivores le sont également, chassés pour leur viande, leur fourrure et leurs dents (surtout les canines) ... : les restes de *Vulpex*/renard sont abondants (NMI : 92 au moins, dont le renard isatis). Le grand nombre des oiseaux est remarquable : près de 55000 restes, soit près de 5000 individus, parmi lesquels dominent *Lagopus*/ lagopède (52677 restes, NMI : 4566), *Pyrrhoxorax graculus*/ chocard à bec jaune (1137 restes, NMI : 147), *Perdix perdix*/ perdrix grise (540 restes, NMI : 147). Lièvre variable, lagopède, renard isatis témoignent d'occupations en saison froide.

### 1-3 – L'EQUIPEMENT

*1-3-1-La panoplie des armements* s'est perfectionnée au cours des millénaires. Après les massues et les épieux aux pointes parfois durcies au feu (comme l'exemplaire de Clacton-on-sea) lancés à la main s'affirment les armes de jet comme la lance, et la sagaie, toutes deux composées de hampes en bois munies d'armatures de natures variées. Certaines sagaies portent des rainures latérales dans lesquelles sont insérées des lamelles de silex — fixées par des résines — pour servir de tranchants et améliorer la pénétration de la pointe. D'autres projectiles sont munis à leur extrémité de pointe perforante. Plus tardifs (au Magdalénien), apparaissent les armes de jet munies de barbelures (foënes, harpons, (fig.3-1).

Au cours du Paléolithique supérieur, l'invention du propulseur intègre sagaies et harpons et augmente leur puissance de manière remarquable. L'arc simple, droit ou à une seule courbure, émergerait vers 12 000 ans, puisque les plus anciens exemplaires en bois ont été retrouvés dans les tourbières en Europe du Nord. La similitude de pièces lithiques comme les pointes à cran, à pédoncule ou à ailerons avec les armatures de flèche suggérerait une invention plus ancienne, entre 26 000 et 20 000, ce qui reste controversé. Par ailleurs, le site polonais d'Oblazova (29 000-22 000 BP ; fig. 3-2) livré un objet incurvé et plano-convexe, en ivoire de mammoth, de 71cm de long et pesant 800 g, parfois interprété comme un boomerang mais dont la morphologie est très proche des killing-sticks australiens (bâton à lancer qui ne revient pas vers le tireur). Enfin ont été retrouvées dans certains habitats des boules de pierre arrondies, qui ont pu être utilisées comme des balles de fronde (pour assommer les oiseaux), ou — si elles sont reliées entre elles — à la manière des bolas dans les pattes des animaux (Bellier et

Cattelain, 1990). Cette évolution de l'équipement semble se réaliser dans le sens de la diversification, de la recherche d'une grande maniabilité, d'une facilité de réparation (outil composite), et de l'adéquation la meilleure pour saisir l'animal dans son milieu.

*1-3-2- Parmi les auxiliaires de chasse, un des plus utiles, le chien a été domestiqué à plusieurs reprises au cours du Paléolithique supérieur et à des endroits différents : vers 33 000 à Rasboinichya (Sibérie ; fig. 3-3) autour de 31 700 BP à Goyet (Belgique) (Germonpré et alii 2012, Jouventin 2013)).*

*1-3-3- Le Paléolithique supérieur est la période où, en Europe, apparaît et se développe l'art figuratif. Existe-t-il des images en relation avec les ruses de chasse ? Certaines figures ont pu être interprétées comme des pièges, ou des fosses tel le quadrillage devant la « Vache qui saute » ou entre les bouquets « affrontés » de Lascaux de part et d'autre d'un motif qui peut être considéré comme une barrière (Aujoulat, 2004)). Les figures dites « tectiformes » ont également été interprétées comme des pièges (Capitan et Breuil, 1902) à Bernifal ou à Rouffignac, mais à Font-de-Gaume ils sont antérieurs aux gravures ; de plus ces tectiformes ne sont pas présents dans toutes les grottes. Et les scènes dites « de chasse » sont rares. Dans l'art mobilier, on reconnaît l'approche d'un préhistorique derrière un bison sur un bâton en bois de renne de Laugerie-Basse ; un ours paraissant dominer un anthropomorphe, tandis qu'un autre humain arrive derrière lui à Péchialet ; une autre scène gravée sur un bâton perforé provient de La Vache est dite « Chasse à l'aurochs » (en réalité un cervidé ?) Sur cet objet sont associés 3 personnages : 1 femme, et 2 autres humains dont l'un semble être muni d'armes de type sagaie (fig. 4-1). Dans l'art pariétal, à Lascaux, la scène dite « du Puits » associe un bison aux entrailles traversées par ce qui peut être une « arme » et un homme dont l'attitude dépend de la position de l'observateur ; au Roc de Sers, c'est un humain qui est poursuivi par un bison...*

*1-3-4- Peut-on envisager un rôle pour la magie dans la chasse ? La théorie dite de « la magie de la chasse » est très ancienne (Reinach 1903, Bégouën 1924 et 1939). Elle a longtemps été utilisée pour « assurer le succès de la chasse ou de la pêche, non moins que les harpons barbelés et les sagaies ». Ces pratiques magiques ont « pour unique objet la conquête de la nourriture quotidienne ». H. Bégouën (1924, 1939), H. Breuil (1928), L.R. Nougier (1963) considèrent cette magie comme un acte d'envoûtement, qui exige une image réelle des animaux processus de l'Image-Réalité)... Le préhistorique créait l'animal en le dessinant, mais en même temps assurait une chasse fructueuse en le tuant par des flèches. Cette théorie permettait aussi d'expliquer certaines lacunes de la représentation, comme l'absence de cornes, d'yeux, de sabots ou même de tête ou de pattes, ce qui rendait l'animal plus facile à approcher et à tuer ; mais si nombreux sont les animaux figurés incomplets, la tête est le plus souvent présente, comme dans les gravures sur support*

mobilier de Fontalès (Tarn-et-Garonne) et du Courbet (Tarn). Elle permettait encore de donner une explication aux figures d'animaux dits « blessés », qui présentaient sur leur flanc des motifs en V renversé, parfois avec un tracé central, motifs qui ont été considérés comme des flèches. La principale critique réside ici dans le fait que les animaux blessés ne sont qu'une très petite minorité (tels le « cerf s'effondrant » à Lascaux, ou certains bisons de Niaux, fig. 4-2), et ne sont pas présents dans toutes les grottes ornées. En outre la faune figurée dans un site (pariétal ou mobilier) ne correspond pas forcément à la faune consommée. C'est le cas à l'abri de Fontalès, où la faune consommée est dominée par le renne, tandis que le cheval occupe le premier rang dans le bestiaire (Welté 2001).

Exceptionnelle est la grotte de Montespan où ont été retrouvés une statue d'ours en argile, portant les stigmates de près de 70 coups de sagaies, ainsi qu'une scène dite de « chasse » dans la galerie Casteret. Scène qui débute par un protomé de cheval tombant, suivi de 3 grands chevaux (Longueur supérieure à 1 m) avec de véritables perforations sur leur flanc (une vingtaine) réalisées avec des pieux à extrémité conique, et recouverts de tracés verticaux compris comme une palissade (Rivenq 1984, fig. 4-3). De même, dans la grotte des Trois-Frères (Ariège), deux gravures d'ours soufflant/crachant portent sur tout le corps une centaine de motifs circulaires souvent interprétés comme des blessures (Bégouën et Breuil 1928)...

## **2- Stratégies Halieutiques**

### **2-1- DANS LE DOMAINE DULÇAQUICOLE**

*2-1-1- L'acquisition du poisson et ses méthodes* « Dès les origines les hommes n'ont nullement regardé les lacs et les rivières, les ruisseaux et les étangs comme un milieu hostile et tabou différent du terrestre » (Cleyet-Merle 1990). Le domaine aquatique apparaît même comme un milieu plus facile à exploiter, les proies (en eau douce) y étant en général sans danger... Très tôt, les hominiens ont consommé du poisson : le site kenyan FwJj20 (1, 95 Mya), à l'est du lac Turkana, a livré un amoncellement d'os animaux d'origine anthropique, dépourvu de traces de dents de carnivore. Sur les 500 fragments d'os sur lesquels des observations sont possibles, trois animaux aquatiques ont été identifiés portant des traces de découpe : un crocodile, un poisson-chat et un poisson non identifié. Au Paléolithique inférieur des restes de poisson ont été retrouvés au Mas des Caves à LunelViel (Hérault), à Orgnac-l'Aven (Ardèche), sur le littoral méditerranéen à Terra Amata et au Lazaret (Alpes maritimes), à Isernia-laPileta (Italie) entre autres, mais ce n'est pas systématique : il s'agit « d'une sorte de collecte, d'un ramassage fortuit d'un complément de nourriture » (Cleyet-Merle 1990). Au Paléolithique moyen les restes retrouvés de poissons sont toujours en quantité très inférieure par rapport à ceux des animaux terrestres et la pêche reste « une activité d'appoint ». C'est le cas à la grotte Vaufrey (Dordogne) qui a livré des restes de saumon, truite, chevesne

et anguille : poissons de toute taille, dont la capture s'étale sur toute l'année... La situation est similaire pour les restes de truite et d'anguille de la grotte du Salpêtre de Pompignan (Gard), pour ceux de truite et de brochet de la grotte de la Baume de Gigny-(Doubs). Et il faut s'assurer qu'il s'agit bien de débris d'alimentation humaine : pour cela, il est nécessaire de retrouver à proximité des outils et des os d'animaux portant les traces d'une intervention humaine, puisque des vertèbres peuvent être présentes dans les pelotes de réjection des rapaces pêcheurs. Ou bien, comme à Tito Bustillo (Espagne), déceler dans la quasi-exclusivité des restes de la truite fario une pêche préférentielle ? Pendant le Paléolithique supérieur, aux pêches encore individuelles du début de la période dans les abris de Pataud ou du Flageolet (Dordogne) entre autres, succède un changement radical (Le Gall et Raynal 1998), puisque cette activité devient parfois primordiale : ainsi à la fin du Magdalénien, dans l'abri Faustin (Gironde), les cyprinidés ont fourni entre 40 et 80% de l'alimentation humaine (davantage que les salmonidés) comme l'attestent les analyses des isotopes (C13-N15). A l'Azilien, cette activité continue à s'intensifier comme à Rhodes II (Ariège), BoisRagot (Vienne), Rochedane (Doubs), à Pégourié (Lot), à La Cruzade (Aude)...

Les vestiges de poisson sont fragiles (arêtes, vertèbres, crânes, otolithes) : ils sont donc rares et leur repérage à la fouille demande beaucoup d'attention et de minutie. Les vertèbres permettent de déterminer les espèces consommées, leur taille, ainsi que la hauteur des eaux et la vitesse du courant au moment de la capture. Les anneaux de croissance des vertèbres alternativement clairs et sombres, larges et étroits, permettent de préciser la saisonnalité de la prise. Cependant le NMI est difficile à établir puisque d'un individu à l'autre le nombre de vertèbres varie selon la température de l'eau lors de l'évolution des œufs.

Les stratégies d'acquisition sont variées : pêche active « qui nécessite la présence de l'homme et son action auprès de l'instrument pêchant », pêche passive « qui regroupe les procédés de piégeage » (Cleyet-Merle 1990), ou combinaison des deux activités.

La plus ancienne technique consiste à attraper à la main, parfois munie d'un bâton à four, les poissons dissimulés sous les pierres des cours d'eau, ou piégés dans les trous après la décrue des hautes eaux. La pêche à la ligne était sûrement connue. La découverte à Lascaux (Dordogne) de fragments de corde torsadée démontre la connaissance des techniques du travail des fibres végétales, ce qui permet d'envisager l'existence de lignes (l'efficacité technique des fibres végétales dans l'eau paraît supérieure à celle de filaments organiques (Cleyet-Merle 1990). La ligne pouvait être tenue à la main, ou au bout d'une perche en bois ou d'une hampe rigide. De nombreux objets bipointes en os, avec ou sans aménagement central (incision, étranglement) sont considérées comme des hameçons droits qui pouvaient équiper une ligne unique, ou être

placés sur une longue ligne de fond lestée. Les armatures barbelées en os et bois de renne (harpons, foënes) peuvent avoir été utilisées dans cette activité. Les hameçons courbes se développent à l'Azilien.

Parmi les pièges utilisés dans la pêche passive, la réalisation de filets et de nasses peut être envisagée puisque le cordage est connu. Pour les poids de filets, les galets encochés ou non suffisent. Les nasses sont mises au point sans doute dès la fin du Magdalénien, comme le suggèrent des prises de Cyprinidés pêchés à Pont d'Ambon (Dordogne) en fin de belle saison près des fonds où ils cherchent leur nourriture (Le Gall 1983). A Zamostjé (Russie, fig. 5-1) ont été retrouvés deux grands pièges en bois (des sortes de paniers tressés avec de la paille et du pin.... avec encore quelques cordages de maintien fabriqué à partir de fibres végétales) datant de 7500ans av. J.-C. A Noyen s/ Seine (Seine-et-Marne), site mésolithique qui a livré plus de 2000 vestiges de poissons, ont été retrouvés six éléments d'une nasse en vannerie cordée datant de 7 à 8000 ans av. J.-C. (fig. 5-2) ; Les Magdaléniens ont aussi « inventé » les pêches de groupe qui permettent d'utiliser les pièges à plusieurs. Les prises deviennent massives, et les poissons conservés : y a-t-il des pratiques de stockage ? ou d'échanges ? puisque du saumon de l'Atlantique (dépourvu de tête et d'arête centrale) a été retrouvé dans des sites du littoral méditerranéen). Pièges et trappes (fig. 5-3) donc ont sûrement été utilisés pour capturer les bancs de poissons migrateurs : les Indiens de Colombie britannique piégeaient ainsi les saumons qui remontaient vers les frayères en rehaussant de pierres les hauts fonds et en réalisant en amont une trappe fermée de troncs d'arbres où les poissons pouvaient être récupérés.

A l'instar de la chasse, la pêche implique la mise en œuvre de connaissances très variées sur les rivières et leurs biozones, sur l'anatomie et les rythmes saisonniers des poissons, connaissances qui étaient transmises dans les groupes ...

### *2-1-2- Quelques études de sites magdaléniens*

\* Les abris de la falaise du Pastou (Landes).

Les fouilles très minutieuses réalisées à l'abri Dufaure n'ont livré que 3 vestiges de poisson : une vertèbre de saumon dans la couche Magdalénien moyen, les 2 autres (truite et brochet) de la couche Magdalénien supérieur. Cet abri a été occupé à la mauvaise saison, quand les saumons ont regagné les frayères : c'est ce qui peut expliquer la faiblesse de l'effectif qui contraste avec les 252 vestiges découverts à l'abri Duruthy dans la couche du Magdalénien supérieur. Ce dépôt, composé à 81 % de salmonidés (dont 61% de saumon de l'Atlantique), et 18 % de truite, amène à penser qu'il s'est formé en aval des zones de reproduction des saumons, c'est à dire en fin de belle saison. La rareté des vertèbres précaudales par rapport à l'effectif important des vertèbres thoraciques, suggère que ces poissons ont subi une transformation pour être stockés (Le Gall 1992).

\* A la grotte des Eglises, dans les Pyrénées ariégeoises, les magdaléniens ont consommé — outre bouquetin et lagopède — des truites et de grands saumons (Clottes 1983). Tous sauf 3, ont été pris au début de l'hiver dans les zones de reproduction ; étêtés au bord de l'eau, les corps sont ramenés au campement ; la partie caudale a été fumée un foyer noirci par le feu ou séchée à l'air libre pour être stockée...

\* Dans le Lot à la grotte de la gare de Conduché, située à la convergence Lot/ Célé, les Magdaléniens ont pêché truites, saumons, chevesnes et van-doises. Les prises de grande taille (telles les truites d'environ 500 g) ont été privilégiées. La régularité de taille des prises laisse à penser que des filets étaient utilisés. Les poissons étaient grillés ensuite sur des galets de pavage. L'étude des anneaux de croissance des vertèbres a montré qu'ils avaient été capturés tout au long de l'année. (fouilles M. Lorblanchet, O. Le Gall cité par J. Lartigaut 1993). Dans la grotte de Ste Eulalie, les magdaléniens ont aussi pêché des truites de grande taille (supérieures à 1m ; Lorblanchet 2013).

\* Dans l'Hérault, l'abri du Bois des Brousses a livré essentiellement en grande quantité des restes de truites, ombre, anguille et lotte. Capturés en été, les poissons ont été étêtés et équeutés sur la rive, puis ramenés à l'abri où ils ont été fumés sur des pierres : il semble bien que dans cet abri, la pêche a été une ressource principale (Lorblanchet 2013).

2-1-3. *L'art paléolithique* comprend un nombre non négligeable de figurations de poissons dans les grottes comme sur les objets (Breuil et Saint-Périer 1927). Toutefois, aucune image ne représente une scène de pêche, à l'exception d'une gravure sur os de Laugerie-Basse, dite « scène miraculeuse », où un humain schématisé tend un bras immense vers un salmonidé.

## 2-2- DANS LE DOMAINE MARIN

Pendant des millénaires les ressources littorales ne semblent pas avoir été exploitées, à l'exception du ramassage occasionnel d'un individu échoué, ou de collecte d'herbes marines échouées pour aménager des litières ou alimenter un feu. Au Paléolithique supérieur, l'utilisation des animaux échoués se poursuit comme le montre la dent de cachalot du Mas d'Azil, sculptée de bouquetins et transformée en pendeloque (Poplin 1974). Mais quelques poissons de mer apparaissent parmi les vestiges des repas : daurade et pagre dans la grotte de la Riera (Asturies), truite de mer et limande/sole à Tito Bustillo (Cantabres). La pêche en estuaire et côtière se développe peu à peu avec l'existence des embarcations (connues très tôt pour atteindre des zones isolées comme l'Australie). Lignes et filets sont utilisés, ainsi que des pièges à marée descendante. Des barrages de pierres permettent d'emprisonner les poissons à marée basse et de les diriger vers des filets ou des nasses : plus de 600 exemplaires ont été recensés à ce jour pour 1700 km de côtes bretonnes, dont certains (plusieurs dizaines) remontent au mésolithique (pêcherie d'estran) (Miserey 2010, Le Gall et Raynal 1998).

Les poissons marins sont représentés dans l'art mobilier comme dans l'art pariétal paléolithique. Certaines figurations sont fort réalistes et démontrent la connaissance qu'en avaient les artistes, tel le poisson plat («sole») de la grotte des Bœufs à Lespugue (Hte-Garonne).

A la fin des temps glaciaires, toutes les techniques de chasse des animaux terrestres et de capture en eau douce sont connues et maîtrisées. La rivière est un lieu de chasse, où les animaux viennent s'abreuver et en même temps un lieu de pêche : l'équipement technique (sagaies, harpons, foënes) peut s'appliquer aux deux sortes de faune. L'exploitation du domaine marin s'avère un peu plus tardive, même si les hommes préhistoriques n'ont pas ignoré ces animaux, comme l'attestent leurs représentations.

## **B- LES ARTIFICES**

Une opinion très répandue consiste à opposer les civilisations urbaines et leurs artefacts à la Nature considérée comme un Eden originel. «A la recherche du paradis perdu » est le sous-titre de l'ouvrage de G. Camps (1982) intitulé « La Préhistoire », révélant la nostalgie d'un « Âge d'or de l'innocence primitive » ancrée dans l'inconscient collectif. Cependant, cette conception de l'« Etat de nature » originel des hommes préhistoriques, où tout — dans l'homme comme dans ses démarches et ses œuvres — est à la fois brut, authentique et vrai, paraît erronée : ces derniers ont su réaliser des imitations/contrefaçons qui relèvent d'artifices dans des domaines très divers. Les vestiges matériels retrouvés dans les gisements ou découverts par l'observation témoignent de cette démarche à la fois intellectuelle et psychologique ;

### **1-Les artifices pour les instruments et les armes**

A partir du IV<sup>e</sup> millénaire, la métallurgie du cuivre et du bronze entraîne la création d'outils et d'armes de métal. Parallèlement, les haches, poignards et épées en pierre deviennent très nombreuses en Europe occidentale : ces pièces ont pour but d'évoquer l'objet plutôt que de reproduire sa fonction initiale. D'autant plus que les imitations reproduisent des morphologies du modèle en métal sans que cela apporte un avantage ; parfois la pièce en devient inutilisable !

#### **1-1 LES HACHES PERFOREES**

Les premières haches métalliques sont des objets coulés dans un moule bivalve qui présentent sur toute la longueur de l'arête médiane une arête de soudure. Ce sont des objets de prestige très convoités. Or pendant cette période, de très nombreuses haches sont réalisées dans une roche dure à grain fin (serpentine, jadéite) ou cristalline (dolérite), très polies. Massives et trapues, elles montrent une nervure en relief sur la longueur de l'arête médiane, qui reprend cette arête de soudure qui ne peut exister sur pierre.

De plus elles sont souvent perforées, ce qui les affaiblit si elles sont utilisées comme haches... « De peu d'usage pour le travail du bois elles étaient probablement emmanchées sur de longues tiges souples, permettant de faire tourner l'objet et remplissant en quelque sorte le rôle de casse-têtes » (Honegger, 2012).

### 1-2- LES ARMES

Au néolithique final et au début de l'âge du Bronze, au nord de l'Europe centrale et au sud de la Scandinavie, poignards et épées en silex sont très nombreux, et certains d'entre eux montrent retouches parallèles et nervures ornementales qui révèlent des techniques de taille sophistiquées. Les prototypes métalliques les plus anciens de ces pièces exceptionnelles viennent d'Europe centrale et orientale. Ainsi les poignards en silex scandinaves (Danemark surtout) sont retouchés sur les deux faces, et parfois la couture servant à fixer le manche en cuir sur une lame de bronze a été reproduite avec une grande précision... (Lomborg 1973, Vaquer et alii 2006, Honegger 2012). De même en Fionie (Rörby, près de Kalendborg) a été retrouvée la copie en silex d'une paire d'épées en bronze à pointe recourbée et bélière, mais dont l'œillet n'a pas été perforé (fig. 6-1 et 2). De la même région provient aussi une épée en bois avec poignée et bords en silex à retouches parallèles...

Haches perforées (Ramseyer 2012), poignards et épées en silex (et le cas échéant en os !) sont fragiles et ne semblent pas pouvoir accomplir leurs fonctions d'origine ; ce sont vraisemblablement des objets de prestige qui reprennent les caractères morphologiques des modèles métalliques, afin de les évoquer...

### 2-Les artifices dans la représentation pariétale

Pour donner l'impression de justes proportions à la figure animale qu'il réalise, l'artiste utilise une technique artistique particulière : l'anamorphose, c'est à dire la déformation intentionnelle d'une image ; et cette image reprend son aspect normal lorsqu'elle est observée sous un certain angle. Dans son travail sur Lascaux, N. Aujoulat (1993) a observé que la vache rouge à tête noire du Diverticule axial (fig. 7 -1 et 2) a été réalisée selon ce procédé : la paroi étant très élevée (plus de 3, 50 m), le peintre a donné à l'animal une allure dilatée dans le sens de la longueur en position haute, pour que au sol les proportions soient justes... ce type d'altération a été observé dans d'autres grottes ornées (Le Portel, Font-de Gaume).

### 3- Les artifices en relation avec le corps humain

Aucun peuple ne vit sans agir sur son apparence extérieure : même les peuples sans vêtement la modifient par des peintures, des tatouages, des parures. Les hommes préhistoriques se protégeaient des intempéries à l'aide de vêtements plus ou moins élaborés (vraisemblablement des peaux animales),

et pour diverses raisons qui restent inconnues, ils ne semblent pas avoir considéré l'aspect externe « originel/ naturel » du corps comme intangible. Les modifications par ajout (peintures, bijoux) ou retranchement (scarifications), peuvent être permanentes ou temporaires, occasionnelles ou quotidiennes... Parfois quelques indices et/ou vestiges de ces transformations subsistent.

### 3-1- LES PEINTURES CORPORELLES

Des blocs de pigments, surtout des blocs de bioxyde de manganèse (colorant noir), ocre jaune, ocre rouge sont parfois présents dans les gisements. Ils peuvent être accompagnés d'objets utilisés pour les écraser, ou les appliquer, comme à Blombos (Afrique du Sud, 75ka), ou au Mas d'Azil (Magd. supérieur). Ils peuvent aussi présenter des traces d'utilisation d'origine anthropique : facettes d'usure orientées (aplanies par abrasion, striées, polies), sillons de raclage pour obtenir de la poudre (Vanhaeren et d'Errico 2008). D'après les données de l'ethnographie, ces colorants ont eu divers usages : traitement des peaux pour éviter leur putréfaction, conservation, éventuelle médication ? Ou encore peintures corporelles temporaires, partielles ou totales, dans un but de mise en valeur, de parade visuelle ? Certaines représentations humaines portent des traces de couleur, telle la « Vénus impudique » de Laugerie-Basse qui présente un bandeau rouge sur le torse et le sexe, ou la Vénus à la corne de Laussel. Ph. Walter (1995) souligne que « la peinture corporelle vise à créer une physionomie autre que celle assurée... par les traits naturels. Elle se rapproche ainsi du masque rituel... »

### 3-2- LES TATOUAGES

Le tatouage et la scarification sont des marques indélébiles, qui modifient définitivement le derme. Pour le tatouage, un instrument effilé est nécessaire pour inciser la peau et introduire le colorant pour réaliser un dessin. La scarification consiste à inciser la peau de manière superficielle, et peut être réalisée en relief (simple incision et bourrelet de cicatrisation) ou en creux (enlèvement superficiel). Dans les sociétés traditionnelles, ces pratiques affichent l'appartenance à un groupe social constitué, et /ou à une relation à un élément surnaturel. Cette hypothèse est avancée pour rendre compte des incisions présentes sur le corps de statuettes humaines : pendeloque féminine de Hohle Fels (Allemagne), statuettes de Kostienki (Russie), ou sur le visage (plaquette de La Marche, France, fig. 8-1).

### 3-3- LES BIJOUX

Le bijou contribue à modifier l'apparence, car il est porté sur le vêtement ou sur le corps, ou inséré dans le corps. C'est un facteur d'embellissement attirant le regard. En même temps c'est un symbole identitaire qui correspond à des normes plus ou moins rigides de comportement. Marqueur de statut personnel (sexe, âge de la vie, insertion familiale) et social (richesse,

appartenance et rôle dans le groupe), il est chargé de valeur (utilitaire, magico-religieuse, sentimentale, érotique...). Son port est quotidien ou exceptionnel... Le bijou est polysémique. Hors de la sphère privée, il est porteur de message(s) codifié(s) qu'il communique à des destinataires inconnus ou mal connus mais susceptibles tout de même de les décoder... (Kuhn et Stiner 2006) c'est le cas des bijoux « réalisés dans les objets naturels : coquillages marins perforés, dents animales percées... » (Taborin 2004). Mais quelle a pu être la signification des copies d'époque, c'est-à-dire des bijoux « faux », « contrefaits » ? Et le message affiché et transmis par ces centaines d'imitations est-il identique ou différent de celui transmis par l'objet authentique ? Ainsi les coquilles marines ont été « fabriquées » dès le début du Paléolithique supérieur, telles la cyprée en ivoire de Pair-non-Pair (Gironde) et les turitelles de Spy (Belgique), le coquillage sculpté en pierre de Lascaux (Delluc 2008), les nombreux piquants d'oursin en jayet, en os et en ivoire perforés (Bosinski H., 1980), les dentales en os. Les crâches de cerf sont sans doute l'objet le plus répandu en parure dans toute l'histoire humaine ; elles ont été « fabriquées » en os à Arcy s/ Cure (doigt résiduel de renne), sans doute la plus ancienne, mais aussi en lignite et en ivoire (Chauvière, 2012) (fig. 8 -2 et 3)...

### 3-4-LES SEGMENTS ANATOMIQUES

#### *3-4-1- les prothèses d'œil*

Récemment ont été découverts des squelettes portant dans leur orbite un œil artificiel, dans la position de l'organe disparu. En Espagne sur un site de la Sierra d'en Selier, le site « Cingle del Mas Nou i cava Fosca » (Castellon) daté de 7000 BP environ, la sépulture primaire d'un homme âgé d'environ 40-45 ans a été trouvée dans une fosse peu profonde et étroite, recouverte de dalles et d'un tertre de terre (Olaria 2011, fig. 9). L'œil artificiel a été trouvé in situ, inséré dans son orbite droite : petite masse d'ocre, avec une incision circulaire pour la cornée. En Iran (Hedjazy 2009), un autre œil artificiel a été découvert dans la tombe d'une femme à Shar-i-Sokhta (5000 BP) : il s'agit d'un amas de goudron naturel et de graisse animale avec des incisions en or gravées, c'est à dire un cercle central pour définir l'iris et des lignes incisées rayonnantes. Certes, il ne s'agit pas de prothèses fonctionnelles, mais du remplacement d'un organe absent.

#### *3-4-2 - les phallus*

De nos jours, le sex toy est devenu un objet de mode accompagnant la libération des mœurs. En réalité la reproduction d'un phallus en volume est connue depuis la haute antiquité en Orient et dans le monde méditerranéen. Au Paléolithique supérieur, on en trouve de toutes dimensions, en tous matériaux, tel l'exemplaire de l'Abri Blanchard (Dordogne), sur une cheville osseuse ou celui en pierre à Hohle Fels (Allemagne) : ces objets ont-ils eu cette fonction ?

### Conclusion

Le comportement humain est souvent mesuré à l'aune de celui des animaux : rusé comme un renard, malin comme un singe, donner le change comme le cerf, les expressions de ce type sont très nombreuses dans la tradition populaire. Espèce s'inscrivant dans la série zoologique, *l'Homme/ l'Humain* dès son émergence manifeste des tendances à la ruse et à l'artifice... Pour survivre, pour se situer dans le groupe et/ou pour se faire reconnaître, pour paraître et / ou pour plaire, pour s'imposer et/ ou dominer, la palette des ruses et artifices est illimitée à la fin du Paléolithique supérieur. **Tous les aspects du leurre et de l'illusion** (guets, pistages et traques, pièges, dissimulations, utilisations d'ersatz, truquages, prothèses, modifications corporelles, déguisements...) sont connus et utilisés afin de manipuler l'émotion de la cible, qu'elle soit animale ou humaine), de manière à la contrôler — voire de la diriger...

Interrogé, et s'interrogeant sur « *l'Homme est-il un animal comme les autres ?* », Y. Coppens (intervention au Muséum de Toulouse, 2010) disait que « hommes et chimpanzés contrôlent leurs émotions, et qu'ils savent et qu'ils peuvent mentir, tromper... »

### BIBLIOGRAPHIE

Abramova (Z.A.)-1995-«Le rôle du bison chez les chasseurs de renne en Sibérie paléolithique». Préactes du Colloque international de Toulouse : *Le Bison, gibier et moyen de subsistance des Hommes du Paléolithique aux Paléoindiens des grandes Plaines*.

Aujoulat (N.) - 1993- «La perspective», in *L'art pariétal paléolithique, techniques et méthodes d'étude*. Paris, CTHS.

Aujoulat (N.) - 2004 - *Lascaux. Le geste, l'espace et le temps*. Paris, Seuil.

Auguste (P.) -1995 – «Chasse et Charognage au Paléolithique moyen : l'apport du gisement de Biache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais)». *Bull. Société préhistorique française* (t. 2).

Audouze (F.) - 2007 - «Mobilité résidentielle et stratégie de subsistance dans le Magdalénien du bassin Parisien». *Colloque de la Maison R.Ginouvès : Mobilités-Immobilismes*. Paris, de Boccard.

Balter (V.)-2013- «Le régime varié des australopithèques». *La Recherche*, n°474.

Bégouën (H.) – 1939 - «Les bases magiques de l'art préhistorique». *Scientia*, 4<sup>ème</sup> série.

Bégouën (H.) – 1924 - «La magie aux temps préhistoriques». *Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles –Lettres de Toulouse*, vol. 12.

Bégouën (H.) et Breuil (H.) - 1928 - « Les ours déguisés de la caverne des Trois-Frères (Ariège) ». *Mélanges P. Schmidt. Vienne, Anthropos Moelding.*

Bosinski (H.) -1980 - « Nachbildung von Seeigel und Seeigelstacheln im Magdalénien », *Archäologisches korrespondenz blatt* (10).

Breuil (H.) et SaintPérier (R. de). *Poissons, batraciens et reptiles dans l'art quaternaire.* Paris, Masson.

Camps (G.) 1982 - *La préhistoire : à la recherche du paradis perdu.* Paris, Perrin.

Capitan (L.) et Breuil (H.) - 1902 - « Les gravures sur paroi des grottes préhistoriques : la grotte des Combarelles ». *Revue de l'Ecole d'Anthropologie de Paris*, n°12.

« Chasse, culte ou artisanat? Premiers résultats du projet de recherche relatifs aux fosses à profil « en V,YW » ». 2010- *Bull. Société préhistorique française* (t. 3).

Chauvière (F.-X.)- 2012- « La parure préhistorique : copies d'époque et imitations paléolithiques ». *l'Âge du Faux : Catalogue d'exposition.* Neuchâtel.

Clark (J.H.D.) -1954 - *Excavations at Starr Carr.* Cambridge.

Cleyet-Merle (J.-J.) – 1990 - *La Préhistoire de la Pêche.* Paris, Errance.

Clottes (J.) - 1983 - « La caverne des Eglises à Ussat (Ariège) : fouilles 1964-77 ». *Préhistoire ariégeoise Bull. Soc. Préhistorique de l'Ariège*, t. 38.

Combiér (J.) et Montet-White (A.) - 2002- *Solutré 1968-1998. Mémoires de la Soc. Préhistorique française.*

Dauvois (M.) - 1994 - « Les témoins sonores paléolithiques ». *La Pluridisciplinarité en Archéologie musicale.*

Dauvois (M.) et Fabre (B.)- 1999- « Les instruments à vent paléolithiques ». Actes du Colloque de la SFA et de la Cité de la Musique : *Acoustique et instruments anciens.* Paris.

Delluc (B. et G.) - 2004 - *Dictionnaire de Lascaux.* Ed. Sud-Ouest.

Farizy (C.), David (F.) et Jaubert (J.) - 1994 - *Hommes et bisons du Paléolithique moyen à Mauran (Hte-Garonne).* Paris, CNRS éd.

Germonpré (M.), Laznickova-Galetova (M.) et Sablin (M.V.)- 2012 « Palaeolithic Dog Skulls at the Gravettian Predmosti Site, the Czech Republic ». *Journal of Archaeological science*, t. 39.

Hedjazi (A.) -2009 - « La Ville Brûlée, paradis des archéologues ». *La Revue de Téhéran* (octobre).

Jaubert (J.), Lorblanchet (M.), Laville (H.), Slott-Muller(R.), Turq (A.) et Brugal (J. Ph.)-1990 - *Les chasseurs d'Aurochs de Laborde- un site du Paléolithique moyen – (Livernon , Lot).* Paris, DAF n°27.

Jouventin (P.) - 2013 – « La domestication du Loup ». *Pour la Science*, n° 423.

Honegger(M.) - 2012- « Les premières armes de guerre : Symbole et imitations ». L'Age du Faux. Catalogue d'exposition. Neuchâtel.

Kuhn (S.) et Stiner (M.) -2006- « Les parures au paléolithique ». *Diogène* (n°2).

Ladier (E.) et Welté (A.C).-1994-1995. *Bijoux de la Préhistoire. Catalogue d'exposition*. Montauban-Toulouse.

Lartigaut (J.) - 1983- *Histoire du Quercy*. Privat.

Le Gall (O.) - 1983- « L'exploitation de l'ichtyofaune par les paléolithiques, quelques exemples, 2<sup>ème</sup> rencontre d'archéolichthyologie ». CNRS. CRA. Valbonne.

Le Gall (O.) 1992. « Les magdaléniens et l'ichtyofaune dulçaquicole ». Colloque de Chancelade : *Le Peuplement magdalénien*. Paris, CTHS.

Le Gall (O.) et Raynal (J.P.)-1998- « Préhistoires de Pêche ». L'Archéo-Logis.

Littré (E.) - 1863, et 1872-1877- *Dictionnaire de la Langue française*. Paris, Hachette.

Lomborg (E.) - 1973. *Die Flintdolche Dänemarks. Studien über die Chronologie und Kulturbeziehungen des südsandinavischen Spätneolithikums* (Nordiske Fortidsminder, serie B in Quarto, Band 1). Universitetsforlaget .

Lorblanchet (M.) - Sites de la Gare de Conduché, du Bois des Brousses et de Sainte-Eulalie : Informations orales.

Lumley (H. de)-1998 - *L'Homme premier. Préhistoire, évolution, culture*. Odile Jacob.

Lumley (H. de)-2007- *La grande histoire des premiers européens*. Odile Jacob.

Miserey (Y.)- 2010 - « Des pêcheries préhistoriques découvertes en Bretagne ». *Science et technologies* (archives) Figaro du 25/01/2010.

Morel (Ph.) - 1998 - « La grotte du Bichon (La Chaux-de-Fonds, canton de Neuchâtel, Suisse) ». *Les derniers Chasseurs-Cueilleurs du massif jurassien et de ses marges 13000-5500 avt. J.-C* : Catalogue d'exposition. *Les néandertaliens . Biologies et cultures*. 2007 (Documents préhistoriques).CTHS.

Nougier (L.R.) - 1963 - *La préhistoire*. Bloud et Gay.

Olaria (C.)-2011 - « L'inhumation collective méso/néolithique du Cingle del Mas Nou (Areas del Mestre, Castellon) ». Préactes du Colloque de Toulouse : *Transitions en Méditerranée*.

Pailhaugue (N.) - 2003 - « La faune de la salle Monique ». *La grotte de La Vache (Ariège)-1- Les occupations du Magdalénien*. Paris, éd. CTHS et RMN.

Patou-Mathis (M.) - 2006 - *Néanderthal. Une autre humanité*. Paris. Perrin.

Patou-Mathis (M.) - 2009 - *Mangeurs de viande*. Paris. Perrin.

Poplin (F.) - 1971- «Une œuvre d'art paléolithique sur dent de cachalot : le bas-relief aux bouquetins du Mas d'Azil». *Bull. Société préhistorique française* (n°3).

Praslov (N.) - 1990 - «Les outils de chasse du paléolithique de Kostie». Préactes du Colloque international de Treignes : *la Chasse dans la Préhistoire*.

Puech (P.F.) - «Recherche sur le mode d'alimentation des hommes du Paléolithique par l'étude microscopique des couronnes dentaires». *La Préhistoire Française, tome I-1*. Paris, CNRS éd.

Ramseyer (D.) - 2012- «Objets insolites du néolithique suisse : importation ou imitation». *L'Age du Faux. Catalogue d'exposition*. Neuchâtel.

Reinach (S.) - 1903- «L'art et la magie à propos des peintures et des gravures de l'âge du renne». *L'Anthropologie*, t. 14.

Rivenq (C.) - 1984 - «*La grotte de Ganties-Montespan*». *L'art des cavernes : Atlas des grottes ornées paléolithiques de France*. Paris, Ministère de la Culture.

Rivals (F.), Moigne (A.-M.) et Lumley (H. de)-2002- «La chasse aux petits bovidés à la Caune de l'Aargau à Tautavel». *Anthropozoologica*, 36.

Street (M.)- 1996- Bedburg-Königshoven. *La Vie Préhistorique*.

Taborin (Y) - 2004 - *Langage sans paroles Paris*, La maison des roches.

Von der Mühl (M.)- 2007- *Comment l'esprit vint aux Hommes. Essai sur la chasse en préhistoire*. Vevey, Xénia.

Vanhaeren (M.) , d'Errico (F.) – 2008- «Aux origines de la parure». *Pour la Science* (juillet).

Vaquier (J.), Remicourt (M.), Vergély (H.)-2006- «Les poignards métalliques et lithiques des chalcolithiques pré-campaniformes dans le midi de la France». *Hommes et passé des Causses. Hommage à G. Costantini*.

Vialou (D. direction)-2004 - *La préhistoire : histoire et dictionnaire*. Paris, R.Laffont.

Walter (Ph.) - 1995 - «Les pigments de la préhistoire». *Sagascience – Chimie et beauté*, CNRS.

Welté (A.-C.) - 2001 - *L'art mobilier magdalénien de Fontalès - (Tarn-et-Garonne) dans la vallée de l'Aveyron : les représentations anthropomorphes et zoomorphes*. Thèse de Doctorat d'Etat es Lettres et Sciences Humaines : Université de Franche- Comté, UFR des Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société ; et UMR 6565, Laboratoire de Chrono-Ecologie.

### Légendes des Figures (de gauche à droite)

Fig. 1- Lehringen (Allemagne) : *elephas antiquus* retrouvé avec épéur de bois et éclats de silex. 1- vue du site, 2- relevé de lecture (©T. Weber).

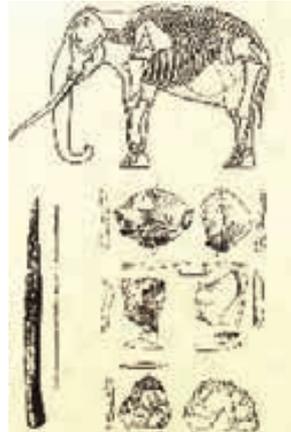


Fig. 2 –Approches de l’animal : 1- frontal de cervidé – StarrCarr ©P. Bahn) ; 2 : utilisation de bois de renne pour attrapper le renne en Laponie ; 3 ; phalanges utilisées comme appeau (©M. Dauvois).



Fig. 3- Equipement de chasse : 1- harpons et foëne (Lagerie Basse, c ; ©A Roussot) ; 2- «Killing-stick» d’ Oblazova (Dessin P.Valde-Nowak) 3 crânes de chien (Sibérie ©PloS ONE).



Fig. 4 - Scènes de chasse ? : 1 - La Vache (© R.Robert) ; 2- Montespan (© C. Rivenq) ; 3 : Niaux (© J. Clottes)

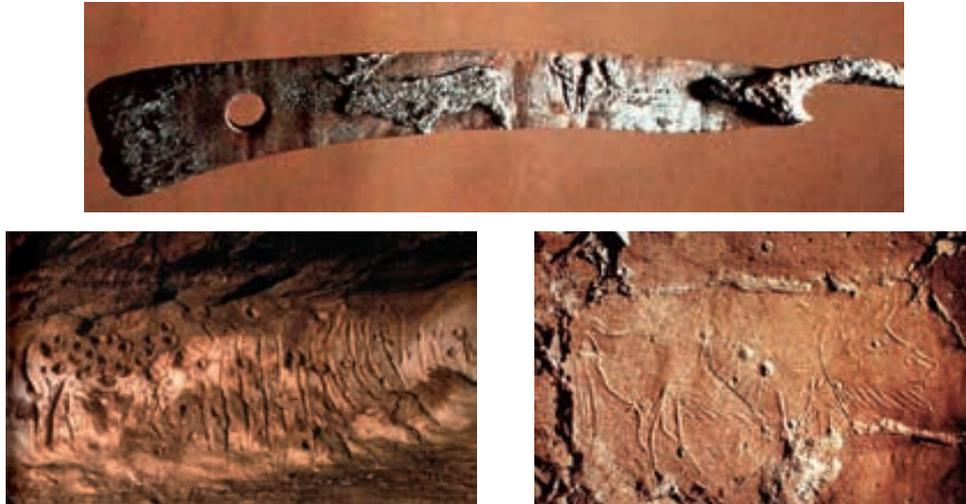


Fig. 5- Engins de pêche : 1- Zamostjé (© CSIC) ; 2 : Noyen s/ Seine (© J.-J. Cleyet-Merle) ; Piège (dessin O.Le Gall et J.-P.Raynal).



Fig. 6- Epées : 1- en silex (© G. Bosinski) ; 2 Rörby , en bronze (© Sharinlgl)



Fig. 7 - Lascaux, anamorphoses : 1 : La vache rouge à tête noire vue du sol ; La vache rouge à tête noire vue dans une position analogue à celle de l'artiste. (©N. Aujoulat)

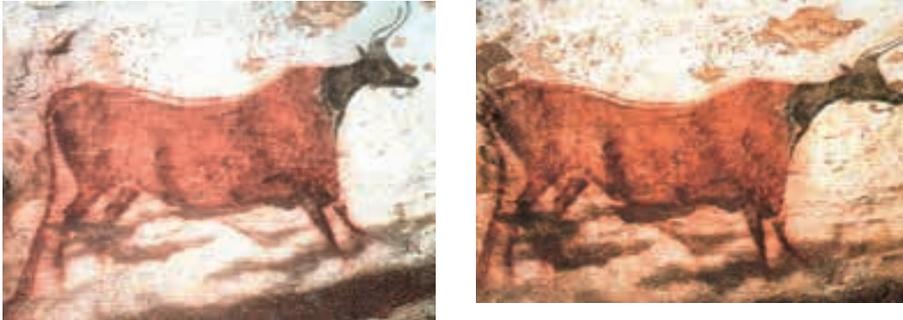


Fig. 8 - Artifices corporels : 1- La Marche (© J.Airvaux ) ; 2- Cyprée en ivoire de Pair-non-Pair (©Musée d'Aquitaine) ; 3- Crache de cerf en os à Arcys/Cure(© Bosinski)

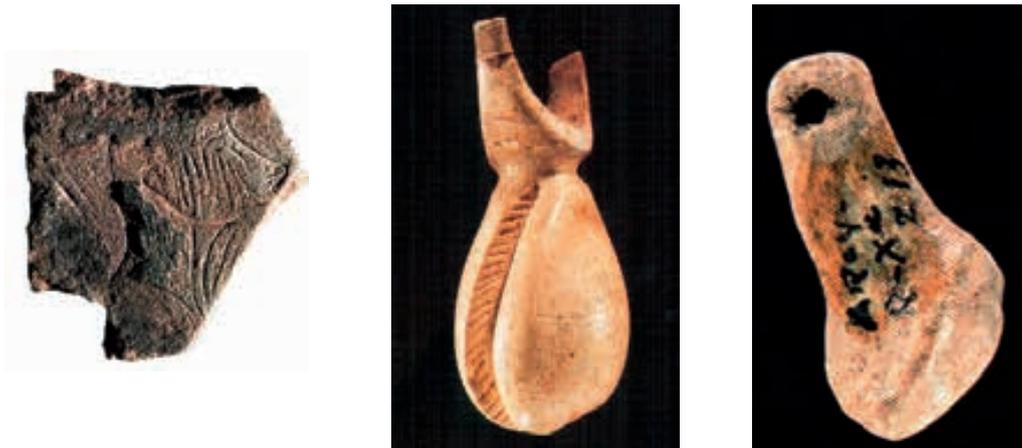


Fig. 9 – Prothèse d'œil – Cingle d'el Mas Nou i cava fosca (© Olaria)



# LE PEUPEMENT PRE-COLOMBIEN DES AMERIQUES

Par M. Georges LARROUY



Indiens Wayampi du Haut-Oyapock (Guyane Française) 1962

L'occupation humaine initiale du continent américain a donné lieu à toutes sortes d'hypothèses parmi lesquelles certaines peuvent apparaître particulièrement farfelues. La venue des tribus perdues du Nord d'Israël, des Egyptiens, des Phéniciens, des Atlantes, a pu ainsi être évoquée par des auteurs qui se voulaient sérieux et s'appuyaient avant tout sur des convergences culturelles qu'ils jugeaient péremptoires (monuments pyramidaux de la Méso-Amérique et du Pérou, constructions mégalithiques, outils, motifs ornementaux, similitudes linguistiques par exemple).

Des extra-terrestres ont même été évoqués à propos des géoglyphes de Nazca.

Un paléontologue argentin, Florentino Ameghino, partant de restes osseux interprétés de la façon la plus fantaisiste, a aussi prétendu démontrer que l'Argentine était non seulement le berceau des hommes et des anthropoïdes (Tetra, Tri, Diprothomo par exemple) mais aussi de nombreux groupes de mammifères.

Laissons là les fictions. Pour notre espèce Homo sapiens sapiens, le

continent américain est véritablement un nouveau monde très longtemps isolé du reste de ce qu'il est juste d'appeler l'ancien monde, par ce qui représentait face aux moyens de déplacement alors disponibles, de formidables barrières. Il a été de ce fait le dernier conquis des grands ensembles continentaux. Notre espèce en effet étend ses territoires à partir de l'Afrique depuis près de 100 000 ans. Elle semble être parvenue en Asie orientale, il y a au moins 60 000 ans selon les données les plus récentes (Fabrice Demeter 2012). 20 000 ans plus tard, elle était en Australie... mais pas en Amérique.

Se posent alors des questions qui depuis longtemps constituent le sujet de fond de débats plus ou moins bien argumentés concernant le peuplement du continent américain. Ces questions sont pour l'essentiel au nombre de trois :

- 1 - Depuis quand ?
- 2 - Par quelle (s) voie (s) ?
- 3 - Par qui ?

Les moyens disponibles pour y répondre :

- a) – Les recherches des paléo-climatologues et les données fournies par les disciplines associées pour tenter de comprendre cette arrivée tardive, la nature des obstacles opposés à la venue de l'homme sur ce continent, l'évolution des conditions environnementales qui ont ensuite permis son invasion, la mise en place de cultures d'une grande diversité et d'une extraordinaire originalité ;
- b) – L'ensemble des apports issus des recherches des préhistoriens. Ils vont nous permettre d'estimer l'ancienneté de la présence humaine et les évolutions culturelles ;
- c) – L'évolution des connaissances et des techniques en linguistique, en anthropologie culturelle et en anthropologie physique ou biologique.

On est dans ce dernier domaine passé de données fragmentaires fournies par des restes osseux trop peu nombreux, parfois difficiles à dater, à des éléments de biométrie très nombreux et très précis issus de travaux de terrain menés souvent dans des conditions aventureuses par les anthropologues physiques pour aboutir à l'utilisation de marqueurs biologiques essentiellement sanguins et déboucher sur les clés que nous offrent les progrès les plus récents en biologie moléculaire.

Ce sont ces moyens modernes adossés aux résultats issus des techniques évoquées et confrontés aux données linguistiques qui ont permis à un groupe de 64 chercheurs appartenant à 40 laboratoires dont le nôtre, après une mise en commun des échantillons d'ADN, soigneusement définis dont nous disposons, de fournir des éléments de réponse non ambigus aux trois questions posées en introduction.

### *1 – Les données issues de la Paléoclimatologie*

Lors de la dernière grande glaciation, LGM (Würm eurasien, Wisconsin américain -24 000 -18 000 BP), de grandes calottes glaciaires couvrent le nord de l'Eurasie et de l'Amérique du Nord. Les glaces amorcent un repli vers - 18 000 BP. Ce retrait ne sera ni continu, ni homogène. Il y aura des reprises de froid par exemple vers - 12 000 au Dryas ancien ou même au XVIII<sup>e</sup> siècle (petit âge glaciaire). Leur régression progressive libère une zone de toundra qui s'étend entre le Nord Est de l'Asie et le Nord Ouest de l'Amérique du Nord sous la forme d'un pont terrestre de près de 1500 km de large. Cette «Behringie» sera progressivement noyée par la remontée des eaux liée à la fonte des glaces, séparant alors les deux continents. Mais des animaux et des hommes seront passés. Le Centre Nord du continent américain demeurera occupé par un énorme inlandsis pendant plusieurs millénaires (la baie d'Hudson en est la cicatrice), les Rocheuses largement englacées constitueront à l'Ouest, une barrière Nord Sud peu engageante et difficilement franchissable.

Les migrants venus par la Behringie suivront donc le couloir littoral beaucoup plus large qu'aujourd'hui (la mer est depuis remontée de 120 m). Les hommes se dirigent ainsi d'abord vers le Sud de la partie nord du continent, avant d'en occuper le Sud Est et plus tard le Centre Est, et puis le Nord.

Plus au Sud, dans les zones tropicales, puis équatoriales, des phénomènes climatiques liés au réchauffement, vont amener une réextension de la végétation arborée au détriment des étendues herbeuses, cependant que celles-ci se substituent aux toundras (grandes prairies d'Amérique du Nord, pampas et steppes du cône Sud).

Aux latitudes tempérées des forêts caducifoliées repousseront les résineux vers les zones froides. Les conditions favorables au développement d'une agriculture très diversifiée et originale basée sur des végétaux endémiques (maïs, pomme de terre, quinoa, haricots, tomates, tournesol, courges, etc...) vont être réunies.

Les données précédentes nous permettent de dater les possibilités de passage pour Homo sapiens au plus tôt vers -18 000 et par la Behringie. En fait, pour le moment, les traces d'occupations humaines les plus anciennes et le mieux calibrées sont plus récentes comme nous allons le voir.

Mais nous avons déjà quelques éléments de réponse aux deux questions **quand et par quelle voie ?**

### *2 – Les éléments fournis par les préhistoriens*

La préhistoire américaine s'étend en fait des origines du peuplement jusqu'à l'arrivée des colons espagnols. On pourrait même considérer qu'elle dure encore pour certains groupes isolés. Nous savons en effet que hormis

les glyphes Mayas voire Olmèques et les quipus Incas, les populations amérindiennes ne connaissaient pas l'écriture ou ses équivalents.

Les premiers indices d'une occupation humaine en Amérique sont l'objet de controverses quant à leur ancienneté.

On peut tout d'abord remarquer que les estimations de l'ordre de -70 000 ans et au-delà, manquent de sérieux et relèvent d'un total dilettantisme (Megafaune ... « débitée par l'homme »... estimée à -300 000 ans pour Beltrao!)

Les traces d'occupation les plus anciennes et les mieux contrôlées se trouvent en Amérique du Sud et leur âge se situe vers -12 000 BP (Toca do Boqueiro da Pedra Furada au Brésil par exemple, Toca do Baixao do Forna : campements semi-permanents, nombreux foyers, pierres éclatées, restes de chasse et de cueillette).

Paradoxalement, semble-t-il, les traces d'occupation humaine sont plus récentes en Amérique du Nord et cela a pu alimenter quelques débats animés.

Comme nous l'avons vu, la paléoclimatologie a fourni des explications à cet apparent paradoxe : le couloir de passage littoral a été ennoyé par la remontée des eaux marines, le Centre Est et Nord du continent ont été longtemps isolés par les Rocheuses et leurs glaces. On retrouve en Amérique du Nord, les principales étapes des industries de la pierre caractérisées en Europe, avec cependant un décalage dans le temps, tout étant plus récent ici = quartzites de Trenton (plus ou moins 10 000), pseudo solutréen de Clovis ou Folsom (Nouveau Mexique) -10 000 à -8 000, etc...

#### *Les restes humains*

Les restes osseux les plus anciens sont très peu nombreux et très fragmentaires. Quelques calottes crâniennes attribuables aux premiers occupants (-10 000 pour quelques fragments), certains squelettes plus complets (Lagoa santa -8 000) ont conduit certains typologistes à une assimilation de ces restes à ceux de populations australiennes ou mélanésiennes, convergence renforcée par certaines ressemblances linguistiques (mais la diversité linguistique en Amérique rend ces assimilations très aventureuses).

Les restes osseux crâniens très anciens retrouvés en Asie et déjà évoqués, sont très semblables à ceux des Australoïdes récents qui signent par là l'ancienneté de leur migration. Il n'est pas surprenant que les crânes les plus anciens en Amérique du Sud présentent des caractères paléo-mongoloïdes donc « Australoïdes ».

Les ossements humains très anciens sont pour l'instant trop peu nombreux, trop fragmentaires pour être hâtivement assimilés à certaines populations actuelles étrangères au continent au gré d'hypothèses migratoires irréalistes.

De ce fait, les tentatives faites pour assigner des caractéristiques australoïdes ou mélanésiennes à quelques fragments crâniens qui conduisent par exemple à imaginer une « route du sud » dans les cinquantièmes hurlants depuis l'Australie jusqu'au Chili, relèvent de la plus haute fantaisie (la route du Sud de Mendes Correa passe même par le continent antarctique !)

Les arguments avancés pour décrire des migrations transpacifiques ne tiennent aucun compte des techniques de navigation alors disponibles. Franchir les bras de mer très réduits lors des maxima glaciaires, voguer dans les archipels indonésiens et le détroit de Torres alors jalonné d'îles, n'a rien à voir avec une traversée transocéanique de plusieurs mois dans les mers les plus dures du monde (n'oublions pas que nous sommes aux alentours de 15 000 BP).

#### *Les sépultures les plus récentes*

Il peut s'agir de très grands ensembles extrêmement informatifs comme les restes de sacrifiés méso-américains (Teotihuacan au Mexique par exemple 3 000 BP) et la Méso-Amérique en général, les momies péruviennes d'époque Paracas (3 200 BP), squelettes d'époque Tiahuanaco en Bolivie (1500 BP), etc...

Ces humains au physique parfois très modifié ensevelis dans le cadre de cérémonies très ritualisées sont accompagnées d'objets, de vêtements, d'offrandes d'un grand intérêt pour définir leur rang, le fonctionnement social et aussi dater précisément la culture dont ils relèvent.

Ils nous paraissent si étroitement proches de leurs actuels descendants qu'ils ne font que confirmer ce que ceux-ci peuvent nous apprendre.

Il faut ici constater que d'immenses territoires ne peuvent faire l'objet de recherches. L'Amazonie par exemple où l'on pratiquait souvent la crémation et où les sépultures voient les restes humains disparaître totalement en quelques années sous l'influence de microorganismes, des conditions pédologiques ou climatologiques.

Par ailleurs certains lieux d'ensevelissement sont totalement interdits à la fouille en Amérique du Nord.

L'étude de ces humains « récents » (2 à 3 millénaires) et des sépultures comme des monuments qui y sont associés, démontre l'étroite parenté de ces lointains ancêtres avec les populations locales actuelles et aussi le fantastique foisonnement des cultures qui se sont succédé en peu de temps en certains lieux tels la Méso-Amérique (Olmèques, Mexicas, Mixtèques, Chichimèques, Totonèques, Aztèques et plus au sud Mayas) ou la zone péruano-bolivienne (Chavin, Chimu, Paracas, Nazca, Moche, Tiahuanaco, Incas).

Dans le Nord du continent, on recense des cultures riches, originales et fécondes. Leurs réalisations artistiques, leurs mythologies, la complexité des

langages sont autant de démonstrations de leur totale réussite : Etowah du sud-est, Pueblos du sud-ouest, Mohawk de l'est, Osette du nord-ouest, avec de remarquables constructions cérémonielles hélas maintenant totalement dégradées sur le territoire des Adenas par exemple.

C'est peut-être ici que l'on peut parler de l'occupation anecdotique des rivages canadiens de l'Anse aux Meadows par les Normands de Leif Eriksson, fils d'Erik le Rouge, aux environs du X<sup>e</sup> siècle. Harcelés par les Indiens, ils ne purent s'y maintenir durablement et n'eurent aucune influence sur le peuplement précolombien de ces terres.

Tous les degrés des évolutions culturelles, technologiques, sociales se retrouvent parmi les groupes amérindiens depuis de petites tribus de chasseurs-cueilleurs sud-américains, à peine « néolithiques » (Ajjoveo, Nambikwara, Guayaqui) jusqu'aux royaumes complexes dotés de la métallurgie du bronze, de l'argent et de l'or. Et remarquons aussi que des sociétés humaines de même niveau culturel confrontées aux mêmes contraintes peuvent aboutir à des solutions identiques sans qu'il y ait forcément une continuité ou proximité géographique ou encore des liens sociétaux anciens entre populations (c'est par exemple le cas pour le boomerang, certains poisons de flèches, la sarbacane, etc...)

### *La linguistique*

A ce foisonnement culturel, correspond un foisonnement linguistique sans égal dans le monde. Des centaines de langues relevant de rameaux très différents, rendent les regroupements difficiles voire aventureux. Un exemple : en Bolivie (1 million de kilomètres carrés soit deux fois la France) on compte 22 rameaux linguistiques différents... mais 3 langues seulement pour les Hautes Terres, sièges d'échanges commerciaux, culturels et de grands royaumes, alors que les tribus du piémont andin, de la zone amazonienne et du Chaco longtemps isolées, totalisent le reste.

L'utilisation imposée par les grands royaumes ou les conquistadores espagnols de langues véhiculaires permettant les échanges de tous ordres (du commercial au religieux), vient encore brouiller le tableau ! Nahuatl au Mexique, Quichua dans les Andes, Guarani dans le Sud du Brésil, au Paraguay, etc...

On peut cependant pour le Sud du continent dessiner de grands ensembles linguistiques qui correspondent sans doute à des mises en place « récentes » dans l'échelle des temps qui nous préoccupe et viennent se surimposer à des langues anciennes et vestigiales. Ces grands rameaux sont par exemple représentés par les groupes Arawak, Carib, Quechua et Tupi-Guarani.

En Amérique du Nord on peut relever la très vaste extension des parlers Na-Dene et Hoka, la biologie nous expliquera en partie ce succès.

On peut comprendre face à cette pullulation linguistique, face à cette

extrême diversification que toutes les assimilations tentées avec des langues indo-pacifiques ou asiatiques soient extrêmement contestables et d'une aide très mesurée pour répondre aux trois questions que nous avons posées.

#### **L'ANTHROPOLOGIE PHYSIQUE ET BIOLOGIQUE DES INDIENS ACTUELS**

Nous l'avons vu, les disciplines précédentes fournissent déjà des éléments d'un extrême intérêt pour apporter des réponses aux questions que nous avons formulées.

#### **Que nous apporte l'anthropologie physique ?**

Tous les groupes amérindiens accessibles ont fait l'objet de recherches, de mesures nombreuses, sérieuses et précises qui aboutissent à souligner une extrême diversité des types physiques et permettent aussi d'en saisir les raisons.

Ces travaux conduisent à une certitude : tous les Amérindiens actuels sont bien des descendants d'Asiates (cheveux, dentition, épicanthus, ossature faciale, etc...). Ils nous permettent aussi de constater à travers cette signature asiatique du Nord au Sud du continent, soit sur près de 15 000 km, l'extraordinaire diversité morphologique des Amérindiens. Cette diversité illustre la rapidité avec laquelle les conditions de milieu peuvent influencer à partir du « modèle » initial, le type morphologique, les proportions anatomiques (... et rendent bien illusoire les assimilations ou différenciations basées sur l'ostéologie...).

Ainsi en 14 000 ans au maximum est-on passé d'un groupe d'envahisseurs probablement assez homogène dans l'allure (mais non dans les potentialités génétiques) aux grands Indiens élancés des pampas du Sud et des prairies du Nord, aux habitants de hautes terres andines à la cage thoracique énorme (Aymara par exemple) aux Indiens de la zone amazonienne bien proportionnés et robustes mais parmi lesquels on retrouve des populations pygmées (Ayaman, Marakà du Vénézuéla) etc... Il en est de même pour la structure faciale : profil très « convexe » des Mayas, très « concave » au contraire des Palikwéné de Guyane.

L'influence du climat et des conditions de milieu, le modelage des populations, se marquent de façon démonstrative par la comparaison entre les proportions physiques des habitants de l'extrême sud du continent (Ona, Yahgan, Alakaluf) qui vivent dans un climat constamment froid, venteux, humide, tous très massifs, aux jambes brèves et les Inuit du grand nord aux semblables gabarits alors qu'ils ne relèvent pas du tout de la même nappe de peuplement comme nous le verrons.

Tous ces groupes ont fait l'objet de recherches biométriques, de mensurations tatillonnes précieuses pour souligner cette diversité, en comprendre les raisons.

*L'anthropologie biologique*

Les caractères sanguins dont le déterminisme génétique est connu, souvent regroupés en systèmes, présentent un intérêt pour le propos qui nous occupe dans la mesure où ils nous permettent d'une part de remonter plus ou moins loin dans l'ascendance de ceux qui en sont porteurs et d'autre part de définir des degrés de parenté ou de divergence entre eux.

Les groupes sanguins portés par les globules rouges ont fait l'objet de nos premières missions en Amérique du Sud (1962). C'est le Professeur Arthur Mourant qui était alors l'initiateur de ces recherches en vue de la constitution d'un atlas mondial des groupes sanguins.

L'idée d'un centre de recherches français avait été reprise par le Professeur Jacques Ruffié et devait aboutir en 1963 à la création du Centre d'Hématologie, laboratoire propre du CNRS, nous amenant par la suite à travailler dans le monde entier. Au départ de Jacques Ruffié pour le Collège de France, j'ai dirigé le laboratoire pendant 10 ans.

Nos études portant sur des populations indiennes dûment sélectionnées, éliminant sur le terrain tout éventuel métissage, amènent à séparer nettement le Nord et le Sud américain.

Si en Amérique du Nord, pour prendre l'exemple du système ABO, tous les groupes sont représentés parfois avec de très forts pourcentages pour A, à partir du sud tropical du Mexique et jusqu'à la Terre de Feu, tous les indiens sans exception sont du groupe 0.

Fait plus surprenant encore, il en est de même pour la plupart des systèmes y compris les immunoglobulines.

Bien sûr le système d'histocompatibilité Hla est plus hétérogène, sans nous fournir de renseignements bien utiles concernant le peuplement.

Un caractère érythrocytaire singulier découvert pour la première fois au Venezuela par Miguel Layrissé au début des années 50, le système Diego, signe indubitablement l'origine asiatique des Amérindiens car retrouvé seulement au Japon, en Corée, en Mongolie et en Sibérie.

Ainsi, les systèmes sanguins classiques nous donnent pour la partie Sud du continent américain, l'image d'un cul de sac évolutif d'une totale uniformité.

Heureusement, pour compléter nos réponses touchant au peuplement amérindien, la biologie moléculaire allait venir à notre secours. Les conditions sine qua non étaient les suivantes :

- qualité des prélèvements d'ADN ;
- représentativité des échantillons (couverture géographique du continent) ;

- définition précise de chaque individu (localité, ethnie, sexe en particulier) ;

Tout ceci assorti du consentement des sujets et d'une autorisation de différents comités d'éthique.

Notre apport était déterminant pour les échantillons amazoniens et andins.

Je l'ai donc souligné, 64 chercheurs appartenant à 40 laboratoires, ont rassemblé près de 500 échantillons représentant 52 populations américaines du Nord et du Sud. La comparaison a été faite avec 245 individus sibériens relevant de 17 populations et avec 1600 individus appartenant à 57 populations asiatiques.

L'ADN nucléaire de chacun a été analysé. La recherche a porté sur la définition des polymorphismes nucléotidiques simples (SNP). En effet, si 99,9 % de la séquence d'ADN nucléaire est commune à l'ensemble des humains, il existe des zones qui représentent l'essentiel de la variabilité génétique entre humains ou l'ADN ne varie qu'au niveau d'une seule paire de base. Et ce minuscule événement qui peut survenir au niveau de n'importe quelle séquence (environ 1 fois sur 1000 au plan statistique) induit ainsi des millions de différences génétiques car il peut toucher non seulement les 20 000 gènes codant pour une protéine (chacun composé d'environ 27 000 paires de bases), mais aussi des séquences non codantes (introns) et pseudogènes. 364 470 SNP ont été retrouvés et définis. Ils nous ont permis d'apporter les réponses suivantes à partir des populations étudiées.

Les Amérindiens actuels descendent dans leur ensemble de trois courants géniques venus d'Asie. La totalité des Indiens d'Amérique du Sud et d'Amérique Centrale est issue d'une seule population ancestrale. Ce peuplement initial (le « premier américain ») aurait suivi vers le Sud la route côtière, avec des séparations séquentielles vers l'intérieur du continent et après divergence un flot génique faiblement diversifié a occupé la totalité de l'Amérique du Sud (petites populations initiales homogènes, effet fondateur marqué).

En Amérique centrale, les Chibchan de l'isthme de Panama partagent des ancêtres du Nord et du Sud.

Le peuplement de la partie Nord du continent est compliqué par la venue d'une seconde, puis d'une troisième vague de migrants toujours issus d'Asie.

Les Aléoutes et les Inuits de l'Arctique ont hérité au moins pour moitié d'un courant génique supplémentaire venue d'Asie avec la deuxième vague et partagent donc 50 % environ de leur génome avec les peuples issus du « premier américain ».

Le très important groupe des Chipewyan du Canada occidental, relevant du grand groupe linguistique Na Dene, a hérité de façon nette d'un troisième courant génique plus récent.

Le continent américain a donc été peuplé par les descendants de trois vagues de peuplement d'importance inégale, toutes venues d'Asie.

La première, celle dite du « premier américain », a pu aboutir à l'occupation de la totalité du continent du Nord au Sud, elle est nettement différenciée des asiates « modernes ».

La suivante participera au peuplement de l'Arctique – 6000 BP.

La dernière viendra s'imposer en surimpression sur des populations déjà implantées. Plus proche des orientaux « modernes », plus diversifiée au plan génétique que la première, elle sera à l'origine des cultures si originales, particulières au Nord Ouest du continent vers 3 000 BP.

Les premiers envahisseurs ont dû parvenir au Nord de l'Amérique vers 15 000 BP.

Les résultats vont à l'encontre des conclusions issues de l'analyse beaucoup plus restreinte, d'une seule région de l'ADN mitochondrial ou du chromosome Y et qui n'envisageaient qu'une seule vague de peuplement. Ils sont beaucoup plus cohérents avec les données linguistiques. Ils sont en total accord avec les résultats obtenus par R.L. Williams et al. Basés sur l'analyse des allotypes Gm.

On n'arrête pas les progrès et un nouveau projet démarre qui vise à l'analyse d'un plus grand nombre d'individus à travers 5 millions de SNP, non pour confirmer mais pour affiner les modalités et particularités du peuplement à l'échelle régionale. Il regroupe évidemment les laboratoires à l'origine des travaux dont je viens d'exposer les résultats, les seuls à détenir des échantillons d'ADN représentatifs de l'ensemble des Amérindiens actuels.

### **Discussion**

Dans la discussion qui a suivi sont intervenus MM. Louis ALBERTINI, Marcel DELPOUX, Pierre LILE, Olivier MOCH, Michel SICARD, Jacques TOURNET.

# LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE, CHAMP D'ACTION DU MONDE ASSOCIATIF<sup>1</sup>

Par M. Olivier MOCH

## Une composante de la culture

Notre Académie s'intéresse à ce qu'il est convenu d'appeler la Culture scientifique et technique (CST). Nous ne vivons pas en vase clos. Nous ne nous réunissons pas simplement pour échanger des informations sur nos domaines de travail ou nos visions du Monde, ni même pour soutenir de l'intérieur le monde de la recherche et le développement des connaissances. Notre Académie joue un rôle dans la Société qui nous entoure. Individuellement, mais surtout collectivement, nous disposons d'idées, de connaissances et d'outils qui sont utiles à nos concitoyens, il faut les leur fournir, c'est aussi le sens de notre engagement.

Or cette Société est aujourd'hui façonnée — de plus en plus façonnée — par la science et par la technique. On peut s'en désoler, y voir une soumission de l'homme à des forces qu'il a mises en mouvement mais qu'il ne contrôlerait plus, affirmer comme le regretté André Lebeau que la technique se développe indépendamment de toute décision humaine et qu'il n'y a plus, qu'il n'y a peut-être même jamais eu, de pilote dans l'avion. On peut au contraire s'en réjouir, la science et les techniques ayant libéré l'homme de tant de jougs qui jusque là, pourtant, semblaient naturels. Quoi qu'il en soit, force est de reconnaître que nous vivons dans un monde technique et surtout que ceux de nos concitoyens qui sont scientifiquement ou techniquement illettrés sont aujourd'hui réellement handicapés.

Ils sont handicapés dans leurs choix individuels. Comment se débrouiller facilement dans un monde qu'on ne comprend pas et auquel on ne peut même pas s'accoutumer tant il est rapidement changeant ? Et nos concitoyens «scientifiquement illettrés» sont aussi handicapés dans leurs choix collectifs, à la merci des babillards, des groupes de pression et des gourous de tous poils. Oui, on le sait, la démocratie repose en partie sur la culture scientifique et technique.

---

<sup>1</sup> Communication présentée par Olivier MOCH devant l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-lettres de Toulouse le 11 avril 2013.

L'honnête homme dispose nécessairement d'une culture scientifique et technique. Je ne tenterai pas ici d'en définir précisément les contours, je ne voudrais d'ailleurs pas, même par mégarde, ouvrir le dossier titanesque des programmes de l'enseignement. Notons toutefois que le fait seul que l'on parle de «culture scientifique et technique» en la préjugant ainsi disjointe de la simple «culture» montre l'ampleur de la tâche que nous devons accomplir.

### **Des acteurs nombreux**

Dans notre pays, de très nombreux organismes, de toutes venues, de tous statuts, agissent pour développer et consolider cette composante scientifique et technique de la culture. L'Éducation nationale d'abord, mais j'ai promis de ne pas céder à la tentation d'y regarder de près. Les médias ensuite, qui jouent un rôle considérable, par action ou par omission. Ce rôle des médias a été souvent analysé par notre confrère et ami Jean-Jacques Rouch.

De très nombreux autres acteurs sont présents. Beaucoup n'ont pas pour vocation principale d'agir dans ce seul domaine de la culture scientifique et technique mais y consacrent des moyens substantiels.

- Le monde de la recherche est, par définition, le producteur de savoir scientifique. La diffusion de la culture scientifique et technique fait partie de ses missions mais la situation y est très contrastée. De fait, il est honnête, je crois, de reconnaître que l'action des chercheurs en la matière est fortement — trop fortement — dépendante de leurs inclinations personnelles. Certains sont passionnés par le sujet, ils y consacrent temps, réflexions et passion. Beaucoup des grands noms de la diffusion de la CST, connus et reconnus des médias et du public, sont d'ailleurs issus du monde de la recherche. On doit cependant souligner la présence de forces contraires. Jusque naguère, nombre des activités des chercheurs concernant la CST étaient mal reconnues par leur hiérarchie qui pouvait même considérer ces activités comme marginales, hors missions et chronophages. La situation change, par exemple grâce à l'ANR qui incite désormais les chercheurs à inclure une composante CST dans les réponses qu'ils préparent à ses appels d'offre recherche, la situation change ... mais elle change lentement.

Ajoutons que savoir s'adresser au grand public ou aux jeunes n'est pas affaire de simple bonne volonté et que peu de chercheurs s'y sont vraiment formés ou entraînés. Quelques programmes spécifiques ont été mis sur pied pour aider à la formation des chercheurs (je pense par exemple à l'une des composantes du projet InterBio mené par notre Directeur, ou aux efforts spécifiques du CNAM auxquels contribue Science Animation Midi-Pyrénées) mais ils ne sont pas à l'échelle de la nécessité.

J'ajouterais une remarque plus personnelle. Les chercheurs de différentes

disciplines, sont fréquemment invités à parler devant le public sur des sujets liés à des controverses scientifiques ou sociétales du moment. Je les ai alors souvent entendus affirmer qu'ils s'exprimaient « en tant que citoyens ». Pourtant, en tant que citoyens, leur avis n'est pas plus (et pas moins) intéressant que celui du boulanger ou de l'artiste peintre ! Ce qui serait vraiment utile c'est qu'ils sachent clairement exposer ce que le savoir scientifique apporte, ou n'apporte pas, au débat. Ceci est très difficile même si certains efforts, comme ceux menés par le GIEC sont construits précisément autour de cette idée.

- L'Etat, j'y reviendrai, et les Collectivités territoriales jouent un rôle majeur pour impulser le développement de la culture scientifique et technique. Une telle implication va de soi tant l'objectif visé correspond à une mission de service public. Le Maire de Toulouse étant selon nos statuts « Membre-né » de notre Académie, je ne peux pas ici ne pas évoquer au moins la création du Quartier des Sciences, l'ouverture prochaine du Quai des savoirs, la mise en place du festival annuel de la Novela ou le soutien apporté par la Mairie à nombre d'acteurs impliqués dans le développement de la CST. D'autres communes, des conseils généraux et, bien sûr, la Région Midi-Pyrénées se sont aussi donnés de fortes ambitions en la matière.
- Un nombre appréciable d'entreprises du secteur privé participent aussi à l'effort en faveur de la culture scientifique et technique. Il ne s'agit pas simplement de parrainages financiers mais bien d'actions délibérées dans un domaine qui, sur le moyen terme, est directement utile à l'entreprise. De fait, le manque d'attractivité des carrières de nature scientifique est préjudiciable aussi à l'entreprise ! Quant à la prolifération dans le grand « marché cognitif » (comme le dénomme Gérald Bronner) d'opinions et de croyances contraires aux savoirs scientifiques, elle lui pose évidemment difficultés. Cette prolifération est parfois orchestrée par des volontés précises mais elle est souvent aussi simplement soutenue par des bonnes fois erronées.

L'action des entreprises est réellement multiforme. Limitons-nous à quelques exemples toulousains très différenciés. La Fondation EDF, Freescale, Thales, d'autres grands groupes mais aussi nombre de PME, sont très régulièrement présents sur le terrain. L'institut Klorane a contribué à l'exposition *La plante idéale*, actuellement présentée au Bazacle, et qui vise à faire réfléchir le visiteur sur l'importance de la biodiversité. Quant au circuit de visite des ateliers d'Airbus, c'est un des points forts du tourisme industriel en France.

- Le monde des Musées est l'un des tous premiers acteurs de la culture scientifique et technique. UniverSciences — rapprochement parisien du Palais de la découverte et de la Cité des Sciences de la Villette — est le vaisseau-amiral de cette offensive muséale contre l'ignorance. L'Etat lui a d'ailleurs confié un rôle clef de « pôle national de référence ». (La mission est donc

baptisée, il ne reste plus qu'à en définir les contours!) Mais ce majestueux arbre parisien ne doit pas cacher la forêt alentour. A Toulouse, ce risque de cécité est faible tant l'activité du Muséum et de la Cité de l'Espace est forte et visible. Mais partout en France, et notamment dans notre Région, des structures de type muséal se consacrent à la science ou à la technique.

Ici, permettez-moi une incise. Il est, je crois, honnête d'affirmer que notre Pays dissocie curieusement la science et la technique. Cela est très net, précisément, dans l'organisation de nos Musées. A Paris, depuis longtemps le Palais de la Découverte et plus récemment, la Cité des Sciences traitent plutôt ... de science. Parallèlement existe le Conservatoire National des Arts et Métiers qui, lui, se consacre à la technique. Rien de tel, par exemple au Royaume Uni où le Science Museum londonien présente les deux thèmes avec la même passion. La machine de Watt, le « difference engine » de Babbage, les prototypes automobiles de naguère y côtoient les cahiers de Darwin et ceux de Turing sans méfiance réciproque ! Cette dissociation française a des racines profondes et des conséquences nombreuses.

- J'ai dit que je résisterai à l'envie de traiter des programmes de l'enseignement. Mais, à tout seigneur tout honneur, ce n'est pas une raison pour ne pas souligner à nouveau et autant qu'il le faudra le rôle majeur tenu par le monde enseignant, au sens large, dans la construction de la culture scientifique et technique. Des structures nouvelles, comme les Maisons des Sciences, sont même aujourd'hui en cours de mise en place pour former les enseignants du primaire et du secondaire à cette mission.

On doit d'ailleurs aussi rappeler l'existence de très nombreux clubs scientifiques au sein même des classes de l'Ecole, du Collège ou du Lycée, clubs animés par des enseignants passionnés. Je connais bien, par exemple, certains de ces clubs, consacrés à la météorologie. Les élèves y découvrent cette science de l'atmosphère mais aussi, surtout, par le truchement de la météorologie, ils approchent les mathématiques, la physique, la géographie et d'autres sciences humaines – sans oublier les travaux manuels.

Dans l'enseignement supérieur aussi les actions menées en faveur de la culture scientifique et technique sont nombreuses. Beaucoup dans cette salle le savent mieux que moi, ils savent aussi que beaucoup reste à faire. Je voudrais seulement ici noter l'entrée en scène d'un jeune acteur régional, le PRES. On peut sans doute en attendre beaucoup car il est presque seul à pouvoir remplir certaines missions, par exemple le recensement de ceux des chercheurs ou des enseignants qui pourraient contribuer fortement à la popularisation de la CST et la mise en place de soutiens pour les y aider.

- J'en viens au monde associatif dont la diversité et la vitalité dans le domaine de la culture scientifique et technique sont avérées.

### **Le patchwork associatif**

Sans doute faut-il d'abord rappeler certaines données concernant ce monde associatif. C'est une multitude, un patchwork, difficile à décrire avec précision, même à l'ère du numérique et des « big data » et, comme pour décrire les gaz ou les foules, il faut avoir recours aux statistiques.

Il semblerait qu'il y ait en France près d'un million d'associations de nature très variées. L'aphorisme selon lequel tout Français serait président d'au moins une association est donc certainement faux mais il souligne bien l'étendue du champ de manœuvre. Près de 60000 associations sont créées chaque année, c'est une donnée solide puisque les associations doivent être déclarées en Préfecture. En revanche on ne sait rien de leur devenir car, en l'absence de certificat officiel d'activité ou de décès, tout le reste n'est que supputation ou approximation.

Peut-on classer ces associations ? Si l'on en reste aux très grandes lignes, la réponse est positive. On en distingue généralement trois catégories. La première regroupe les associations dont l'action est liée à l'action publique ; on peut y ranger par exemple beaucoup d'associations impliquées dans le domaine de la santé. La deuxième rassemble celles qui ont un contenu militant, au sens large du terme, par exemple celles qui soutiennent l'accès à tel ou tel équipement culturel. La troisième réunit les associations de membres par exemple les petites associations de loisir. Il va de soi que les parois entre ces différents types peuvent être poreuses.

Contrairement à ce que beaucoup croient, le bénévolat ne semble pas être en crise, au contraire, la période présente en voit plutôt gonfler les effectifs. On estime à 20 millions le nombre de Français adhérents à au moins une association et à 10 millions le nombre des bénévoles plus ou moins actifs. Ces chiffres correspondent à des progressions en valeurs absolues comme en pourcentage de la population. Mais les déterminants du bénévolat restent stables, dont son attrait selon les différentes catégories socioprofessionnelles et les différents âges de la vie.

Autre permanence, l'extrême variété du milieu associatif. Quel que soit le domaine d'action considéré, le bestiaire des associations renferme des animaux de toutes tailles ! Elles varient par leur objet, par le nombre de leurs membres, par leurs sources de financement, par leurs budgets annuels, par la présence ou non, en leur sein de permanents salariés ; dans le monde associatif les gros poissons ne mangent pas les petits !

Il demeure que le milieu associatif doit aujourd'hui s'adapter à des données nouvelles. Citons certaines poussées de fièvre individualiste de nos sociétés, le reflux des budgets publics, le mouvement vers une certaine décentralisation et la professionnalisation grandissante des permanents et même des bénévoles de nombre d'associations. Tous ces sujets sont analysés de près par des spé-

cialistes de science sociale, tous aussi impactent les associations, grandes ou petites.

Le parlement se penche d'ailleurs régulièrement sur le monde associatif. Les propositions sinon les décisions sont nombreuses depuis la définition d'une notion d'utilité sociétale (qui viendrait compléter celle d'utilité publique) jusqu'aux réformes des procédures financières en passant par toutes les modalités de relations entre l'État et les associations.

### **Culture scientifique et technique : un foisonnement d'associations**

Je suis passé un peu vite, sans doute, sur les raisons pour lesquelles il est important de populariser la culture scientifique et technique. Pour analyser l'étendue du spectre des associations qui y contribuent, il convient pourtant de souligner que les motivations en sont nombreuses. J'ai déjà mentionné l'impact sociétal de la science, qui impose de lutter contre ce que j'ai appelé l'illettrisme scientifique pour construire la démocratie. Mais certains se battent pour d'autres raisons, différentes ou complémentaires, pour propager les connaissances, ou simplement parce que chaque homme a droit à tout, ou pour faire réfléchir chacun sur ce qu'est la démarche scientifique, ou pour améliorer l'action nationale de recherche ou pour convaincre que la science aplanira les difficultés encombrant cette vallée de larmes. Mentionnons ici un objectif récemment perçu comme essentiel, le soutien à l'innovation — elle-même aujourd'hui proposée, en cette période de crise, comme objet d'une nécessaire mobilisation de la société.

A cette multiplicité d'objectifs correspond une multiplicité, plus grande encore, d'associations. Elles sont nombreuses, elles sont variées. Toutes les composantes du monde associatif y sont représentées.

Une liste des organismes qui, institutions publiques, entreprises privées ou associations, touchent de près ou de loin, dans la région Midi-Pyrénées à la culture scientifique et technique recensait il y sept ans plus de 350 organismes. C'est ainsi que cet inventaire improbable regroupait par exemple la ferme conservatoire bigourdane et l'observatoire du Pic du Midi, le cercle quercynois des sciences de la Terre et la centrale hydro-électrique de Campan, l'aérothèque d'Airbus et la MJC d'Auch, la Maison natale de Pierre de Fermat et l'arboretum de Coursiana, le musée Champollion et la société de sciences naturelles du Tarn et Garonne, l'Université du Mirail, le club d'astronomie de Gigouzac et l'association Sciences en Aveyron. N'oublions pas de mentionner l'Amicale (ariégeoise) des Passionnés de l'Informatique Simplifiée !

Soulignons que plus du tiers des 350 organismes recensés en 2005 étaient de nature associative. Donnons quelques exemples toulousains actuels, sans prétendre aucunement à l'exhaustivité. Sous le drapeau de l'éducation populaire on trouve des associations diverses qui se consacrent partiellement ou totalement à la culture scientifique et technique. *Les petits Débrouillards, les*

*CEMEA, Les Francas ou Délires d'Encre* entrent dans cette catégorie. *La Ligue de l'Enseignement* aussi qui présente les caractéristiques d'une association liée à l'action publique.

*Les Etoiles brillent pour tous* est un bon témoignage de la vitalité et de la variété presque inépuisable de ce domaine associatif. Cette association s'est donné pour but de propager la culture scientifique et technique, en particulier sa composante astronomique, au sein des institutions fermées, hôpitaux, prisons ou maisons de retraite. *Les chemins buissonniers* associent les artistes à cet effort en faveur de la CST. *Assosciences* se consacre à l'organisation de conférences scientifiques à Toulouse. *La Clef des étoiles* joue un rôle militant contre la pollution lumineuse.

Même si nous le voulions, il serait difficile de cataloguer et de classer finement toutes ces associations. Quoi de commun en effet entre la *Société mycologique*, les clubs *Léo Lagrange*, *Agrobiosciences*, la *Société méridionale de spéléologie et de préhistoire* et *Planète-Science* ? Cette énumération est partielle, permettez-moi de la rendre aussi partielle en soulignant le rôle joué par *Science-Animation Midi-Pyrénées* qui m'est particulièrement chère.

Peut-être aussi me permettez-vous de joindre à cette liste l'*URISMIP* et les *Sociétés savantes*, celles qui sont basées à l'Hôtel d'Assézat mais aussi l'Académie Nationale de l'Air et de l'Espace ou la Société Météorologique de France. Dans leurs domaines respectifs, elles aussi éclairent le chemin.

### **Des activités multiformes**

La palette des activités menées par ces associations est vaste. Certaines de ces activités sont classiques, expositions, conférences, débats, interventions dans le milieu scolaire, camps de vacances pour les jeunes. D'autres le sont beaucoup moins. Limitons-nous à quelques exemples. *Pyrène Science* développe un outil de réalité augmentée qui permettra, en se promenant dans les montagnes ariégeoises et en braquant son téléphone portable vers tel ou tel sommet, d'en voir expliquées sur l'écran les couches géologiques constitutives. Le Festival d'astronomie de Fleurance, qui se tient chaque année au mois d'août, attire des centaines de participants sur près d'une semaine ; il héberge même désormais, comme Avignon, un « festival off » parallèle aux manifestations officielles ! Certaines associations visent aussi à préparer les chercheurs à transmettre leurs connaissances et leur vocation au public — quoi qu'on en dise, il ne suffit pas toujours d'être passionné pour être passionnant !

Ces activités, surtout, sont nombreuses. Les organisateurs de conférences scientifiques à Toulouse le savent bien qui redoutent, quel que soit le jour envisagé, la concurrence régulière d'une demi-douzaine d'autres manifestations du même genre. Cela est vrai aussi, mutatis mutandis, pour les expositions ou les activités parascolaires.

Les formes d'action sont nombreuses et les associations, d'ailleurs, avec d'autres acteurs institutionnels ou privés, travaillent ensemble à imaginer et construire les modes d'action futurs. C'est tout le sens par exemple du projet InMédiats, financé par l'Etat au titre des Investissements d'avenir. La question posée est simple : quelles seront les conséquences de la généralisation des « outils numériques » sur les modalités d'acculturation scientifique et technique ? Verra-t-on la disparition des formes traditionnelles de diffusion de la CST ? Seront-elles simplement améliorées ? Par quoi seront-elles complétées ?

La question est moins simple qu'il n'y paraît. Le numérique bouleverse les outils permettant de s'adresser au public et renouvelle donc *l'offre potentielle de CST*. Mais surtout, internet et les réseaux sociaux permettent aussi à ce public d'être en contact permanent, instantané, avec des informations, vraies ou fausses, essentielles ou accessoires, nécessaires ou contingentes, factuelles ou interprétées, politiques ou politiciennes, en relation avec la science. Le numérique change ainsi profondément le public lui-même, ses attentes et ses comportements, c'est la *demande de CST* qui s'en trouve métamorphosée.

#### **Des relations complexes entre les acteurs**

Je faillirais à ma volonté d'objectivité si je ne présentais que les aspects positifs, enthousiasmants, de ce foisonnement des acteurs et de leurs modes d'action. Ils sont effectivement nombreux — et c'est heureux vu l'ampleur de la tâche qu'ils affrontent !

Mais cette variété des acteurs engendre aussi certaines incompréhensions. Elles dépendent pour partie d'approches ou de cultures différentes. Les chercheurs du monde académique, les spécialistes de la mise en scène muséographique, les enseignants du primaire ou du secondaire, les militants d'une cause ou d'une autre parlent des langues assez différentes et, quand ils se rencontrent, ne se comprennent pas immédiatement.

D'autant que désormais, les acteurs de la CST se trouvent assez souvent en concurrence objective. A la fois partenaires et concurrents, ils répondent aux mêmes appels d'offres ou appels à idées lancés depuis Bruxelles, Paris ou Toulouse. A quelques exceptions notables, les collectivités territoriales, comme l'Etat lui-même, ont tendance à généraliser ce genre de procédures et à limiter les subventions plus régulières, limitant en conséquence la visibilité des associations sur leurs actions futures et même, plus brutalement, sur leur propre survie. Ce qui naguère n'était que chamailleries ou bisbilles entre associations pourrait facilement devenir rivalités plus chaudes si chacun n'y prenait garde.

Les associations ne sont certes pas les seules affectées par ces nouveaux types de financement mais elles sont particulièrement fragiles. Et elles rechignent à devenir simplement le bras armé de certains donneurs d'ordre, quels qu'ils soient — on comprendra que les bénévoles veuillent conserver

une certaine maîtrise des choix et des projets associatifs.

### **Le rôle de l'Etat**

L'Etat, pour sa part mène aussi, évidemment, une politique de soutien à la culture scientifique et technique. Je dis «évidemment» puisqu'il s'agit là d'une mission de service public. Certains ministres de la recherche ou de la culture ont été particulièrement actifs en la matière — rappelons seulement ici l'exemple d'Hubert Curien à l'origine notamment des Centres de culture scientifique, technique et industrielle qui parsèment aujourd'hui le territoire.

Il est logique que l'Etat cherche à s'appuyer sur cette multitude d'acteurs qui, localement, œuvrent dans le domaine de la culture scientifique et technique et mènent certainement eux-mêmes une politique *teintée de service public* (pour reprendre, dans un autre contexte, une formule de Léon Blum). Mais cette action coordinatrice de l'Etat n'est pas si simple à mettre en place. On a dit combien ces acteurs étaient nombreux et, à tort ou à raison, jaloux de leurs prérogatives.

La politique de l'Etat en matière de culture scientifique et technique devrait être redéfinie prochainement. Elle inclurait une décentralisation vers les Régions. Un projet de loi spécifique, complémentaire au projet de loi relatif à l'enseignement supérieur et à la recherche actuellement en cours d'analyse, devrait être déposé courant 2013. Les contours en semblent en partie définis. L'approche retenue serait ramassée sous le titre principal de «Sciences et Société» et ferait grande place aux trois questions des controverses scientifiques, des débats (dits) citoyens et des sciences participatives. Certains espèrent y joindre le soutien à une «culture de l'innovation». Les objectifs et les modalités des relations entre l'Etat et le monde associatif ne sont pas encore réellement définis, même s'il semble acquis que le rôle central confié par le gouvernement précédent à UniverScience sera au moins pour partie remis en cause.

C'est dire que le feuilleton de la coordination par l'Etat d'une politique nationale de culture scientifique et technique regroupant au mieux les efforts de tous les acteurs a encore de beaux jours devant lui. Soulignons qu'aujourd'hui certaines structures ont été mises en place sans que pour autant leurs missions n'aient été véritablement définies. L'organe créera peut-être la fonction mais il faut noter que le reflux des budgets disponibles accroît la concurrence des associations tout en privant l'Etat d'un argument fort, le nerf de la guerre. Les autres outils dont dispose l'Etat, *par exemple* l'attribution de labels de professionnalisme, la mise en place de formations appropriées, la mise en avant de certaines réussites originales ou la collecte et la redistribution d'informations utiles à tous sont en effet des outils moins directs que les bonnes vieilles dotations budgétaires !

Ajoutons que, souvent pour le meilleur mais parfois pour le pire, certaines collectivités territoriales se proposent elles aussi de structurer cette

collaboration nécessaire entre tous les acteurs, qu'ils viennent ou non du monde associatif. A la multitude des acteurs se superpose alors une multitude de coordinateurs. L'issue de toutes ces tentatives, de tous niveaux est, disons, incertaine.

### **Vers une structuration par les acteurs eux-mêmes ?**

Peut-on imaginer alors que les acteurs eux-mêmes structurent leurs relations ? Ils y sont poussés par l'Etat et les collectivités et, dans certaines régions au moins des progrès sont en cours.

C'est le cas en Midi-Pyrénées où le nombre de signataires du « *Mémoire* : *objectif entraide !* » élaboré localement, est grandissant. En signant ce texte, les participants reconnaissent que, par delà des choix stratégiques différents, ils visent des objectifs communément importants. Ils soulignent aussi que des actions simples d'entraide seraient utiles à tous. Ils conviennent par exemple de s'informer sur leurs projets respectifs, ou d'aider les petites structures à comprendre les subtilités de la *bruxellologie* budgétaire européenne.

Point essentiel, cet accord d'entraide se propose de rassembler les efforts de toutes les structures midi-pyrénéennes agissant dans le domaine de la culture scientifique et technique. Et, de fait, le succès sera assuré lorsque des entreprises privées, des unités universitaires, des associations, des grandes institutions comme le CNES ou l'INSERM et des grands centres comme le Muséum d'Histoire naturelle ou la Cité de l'Espace conjugueront leurs efforts.

### **Le rôle de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-lettres de Toulouse**

Notre Académie est née au XVII<sup>e</sup> siècle. Les *lanternistes* qui se réunissaient tenaient dit-on leur nom du lumignon qu'ils utilisaient lors de leurs réunions. Mais il faut bien sûr voir plus encore dans ce symbole — la lanterne — qui souligne remarquablement la vocation de l'Académie. *Lucerna in nocte* pour éclairer le paysage environnant, ne rien laisser dans l'ombre, contribuer à la marche des découvertes. Mais une lanterne aussi, dans cette nuit sombre, pour éclairer les autres, ceux qui n'appartiennent pas au monde de la science, les aider à se repérer, à trouver un chemin.

Pas un d'entre nous ne soutiendrait l'idée que la recherche doit vivre dans une tour d'ivoire ou que la connaissance doit être réservée à une seule élite. Nous sommes donc toujours des lanternistes (peut-être aujourd'hui faudrait-il d'ailleurs parler de « lanternistes » ?) Les prix distribués par l'Académie n'ont pas pour seul but de récompenser des jeunes chercheurs émérites, ils soulignent l'importance de la science et des belles-lettres et ils sont d'ailleurs remis en public. Nos Mardis d'Assézat, organisés avec l'URISMIP sont, eux aussi, ouverts à tous. Ils permettent de disséminer les connaissances et de faire découvrir au public la passion des orateurs pour leur métier. Nos com-

munications internes et les débats qui leur font suite, témoignent de notre ouverture sur le monde. Nous participons aussi à des efforts collectifs, par exemple au festival toulousain de la Novela dont le seul sous-titre *Le festival des savoirs partagés* conforte mon propos.

J'ai décrit la variété et la détermination des acteurs qui s'engagent pour la culture scientifique et technique. Dans ce grand orchestre notre Académie tient vigoureusement son pupitre. Mais j'ai dit aussi combien la belle image de l'orchestre était quelque peu trompeuse, la cacophonie souvent trop audible. Chacun doit donc améliorer son jeu, mieux écouter les autres, pour que le résultat collectif, le seul qui compte en définitive, soit meilleur encore.

Notre Académie dispose de nombreux atouts spécifiques. Nous sommes sérieux, nous sommes pondérés, nous sommes reconnus, nous savons prendre du recul sur l'événement, nous disposons de réseaux nombreux et surtout — surtout — nous venons de tous les horizons. Ces atouts, nous ne devons pas les gaspiller. Nous pouvons, nous devons continuer à les mettre à profit pour soutenir fortement le développement de la culture scientifique et technique. C'est dire que je me réjouis de la naissance de notre nouveau Prix *Fondation La Dépêche* qui est précisément consacré à ce sujet. C'est un pas important.

### **Un objectif en soi**

Car, j'y reviens et j'en terminerai par là, l'acculturation scientifique et technique est un objectif en soi. Ce n'est pas une simple surcouche qu'on pourrait tranquillement espérer voir émerger — par génération spontanée ? — des travaux réguliers des chercheurs ou des journalistes. Le récent travail de Gérald Bronner (que j'ai déjà cité) passe en revue les obstacles traditionnels et les entraves nouvelles qui freinent le développement d'une vraie culture scientifique et technique. Pour avancer, une action continue, une action réfléchie, une action d'envergure, est nécessaire.

Heureusement de très nombreux acteurs interviennent déjà, qui se donnent la mission d'aider ainsi leurs concitoyens. Je l'ai dit, des structures de toutes natures participent à l'effort ; elles collaborent souvent, elles s'entrechoquent parfois.

Dans ce grand théâtre d'opérations, le monde associatif est très présent. Le défi principal qu'il affronte aujourd'hui est de conjuguer le professionnalisme, nécessaire à son action et l'amateurisme (au bon sens du terme : la passion !) nécessaire à son existence.

### **Discussion**

Dans la discussion qui a suivi, sont intervenus MM. Serge BORIES, Alain BOUDET, Henri COUSSE, Jacques FONTAN, Jean-Baptiste HIRIART-URRUTY, Jacques PECHAMAT, Michel SICARD, Mme Anne-Catherine WELTE.



## **ELOGE DE MONSIEUR PIERRE BOURBON**

Par M. Jean OUSTRIN

Il y a quelques semaines s'éteignait à Toulouse notre collègue Pierre Bourbon, correspondant national de notre compagnie depuis le 8 mai 1974 après sa présentation par le Professeur Mignonac.

Ce brillant universitaire était né en Catalogne mais c'est aux Pyrénées centrales qu'il était resté très attaché.

Après de brillantes études, il devait être un des acteurs importants du rayonnement de notre Université toulousaine.

C'est en effet trois formations importantes qu'il acquérait sur les bancs de celle-ci.

Diplômé pharmacien en 1946 après avoir été reçu major au concours d'entrée à l'école de santé militaire, il ne devait pas se contenter de ce titre. En 1955, il devenait docteur en Médecine et en 1959, Docteur ès Sciences.

Cette multiple formation devait l'amener dès 1957 à prendre en charge le Laboratoire de chimie et de physique du Centre de Transfusion sanguine alors nouvellement développé à Toulouse.

Dès la fin de ses études pharmaceutiques, il était admis comme assistant dans le laboratoire de Chimie analytique et de Toxicologie de la Faculté de Pharmacie, ce qui devait orienter toute sa carrière. C'est logiquement qu'il passait l'agrégation de Pharmacie, brillamment d'ailleurs puis qu'il fut pendant longtemps le plus jeune titulaire du titre ainsi obtenu.

Ayant poursuivi en parallèle des études scientifiques, il devenait également Docteur ès Sciences Physiques comme je l'ai indiqué.

Nommé professeur titulaire de la chaire de Chimie analytique, Hygiène industrielle et Toxicologie en 1960, il obtenait, quelques années après, la séparation de la spécialité de chimie analytique pour ne conserver que la responsabilité de la Toxicité et de l'Hygiène Industrielle. S'y ajoutait alors l'hydrologie.

C'est sur la base de ces disciplines que Pierre Bourbon développa une activité très importante en liaison avec l'industrie.

Dès 1959 alors que l'exploitation du gisement de gaz se développait à Lacq, il fut nommé membre du comité départemental pour la prévention de la pollution atmosphérique de la région de Lacq. Dans le même temps, son laboratoire assurait la surveillance de cette pollution et développait des études toxicologiques sur celle-ci.

Il fut alors nommé expert pour les problème de pollution atmosphérique auprès de l'OMS et de la Commission des Communautés Européennes.

Son expérience dans le domaine et les nombreux travaux effectués sur la pollution industrielle devaient l'amener à créer en 1968 à Vigoulet Auzil le Laboratoire d'Etudes de la Pollution atmosphérique (Unité 57) sous l'égide de l'INSERM.

De cette unité de recherches devaient sortir d'importants travaux, en particulier sur la toxicité des dérivés fluorés émis par les complexes industriels tels que les usines d'aluminium ou les raffineries pétrolières.

Parallèlement à cette activité de recherches il n'en oubliait pas pour cela son enseignement et nombreux sont ses élèves en tant qu'étudiants en Pharmacie ou en tant que doctorants qui ont continué son œuvre dans l'université ou dans l'industrie.

Ses pairs eux-mêmes avaient reconnu en lui un professeur capable d'animer la Faculté et la représenter puisqu'ils en firent le Doyen de la Faculté des Sciences Pharmaceutiques de 1982 à 1988.

Les nombreux travaux de ce brillant universitaire devaient lui valoir d'être nommé Chevalier du Mérite agricole en 1960, Officier des palmes académiques en 1973 et Chevalier de l'Ordre national du mérite en 1979.

Il avait été en 1956 lauréat du Prix Fournier et en 1977 du Prix Jansen de l'Académie de Médecine.

Il était membre de différentes sociétés savantes outre la nôtre, en particulier de la Société Chimique de France et de l'Académie nationale de Pharmacie.

Père attentif à sa famille, il a pu se réjouir de la réussite de ses enfants dans les professions médicale et pharmaceutique et de voir la génération suivante revenir à la toxicologie et découvrir le nom de son grand-père en faisant sa bibliographie.

Selon sa propre volonté ses cendres ont été dispersées au vent des Oulettes de Gaube comme l'avaient été, il y a quelques années, celles de son épouse, signant ainsi l'amour de la montagne qui les réunissait. Si vous allez en randonnée dans ce magnifique coin des Pyrénées, vous y retrouverez sinon l'âme, au moins le souvenir de notre brillant collègue.

# GEOPOLITIQUE DES CONFLITS AU XXI<sup>E</sup> SIECLE

Par M. Jean-Pierre MARICHY

## Introduction

Le passage du XX<sup>e</sup> au XXI<sup>e</sup> siècle, sur le plan des relations internationales, peut être symbolisé par deux dates qui ont frappé les esprits : celle de la chute du Mur de Berlin, le 9 novembre 1989, et celle des attentats du 11 septembre 2001. La première, préfigurant l'implosion de l'URSS, en décembre 1991, marque la fin de la Guerre Froide, caractérisée par la division de l'Europe, elle-même matérialisée par le « rideau de fer ». La seconde, mettant dramatiquement fin aux espoirs de paix généralisée que la précédente avait suscités, annonce avec l'hyper-terrorisme, la naissance d'une nouvelle forme de conflit et, par elle, la pérennité de la guerre.

En effet, en laissant pour l'instant de côté le problème de la fréquence, de la nature et de l'intensité de la guerre en ce début de XXI<sup>e</sup> siècle, le premier constat qu'il convient de faire concerne l'actualité du phénomène guerrier que l'on retrouve sous diverses formes à peu près partout dans le monde et que l'on n'hésite plus à nommer : en France on pourrait citer deux indices : le centre de perfectionnement des officiers supérieurs que l'on avait rebaptisé pudiquement en 1993, *Collège Interarmées de Défense*, a repris, en janvier 2011, son appellation traditionnelle d'*Ecole de Guerre*. D'autre part, alors qu'une réticence certaine s'était manifestée pour parler de guerre à propos de l'intervention française en Afghanistan, le terme est couramment employé pour l'opération *Serval* au Mali, non seulement dans les médias mais même dans le discours officiel. Dès le débat du 16 janvier 2013 à l'Assemblée Nationale, il est utilisé par plusieurs orateurs sans que le gouvernement ne réagisse : ainsi Hervé Morin, ancien ministre de la Défense : « *Cette guerre n'est pas une guerre de choix, c'est une guerre de nécessité* ». Le Ministre en activité lui-même, Jean-Yves Le Drian l'emploie dans son message aux forces à Tessalit, le 7 mars : « *Vous êtes les têtes de pont de cette guerre sans répit que la France a décidé de livrer contre les groupes terroristes qui sévissent encore au Mali* ». D'un point de vue linguistique, il est d'ailleurs intéressant de noter que, déjà par référence aux horreurs de la guerre, le terme est emprunté au francique, langue des envahisseurs barbares, *werra*, préféré, dès le haut Moyen Âge, à la racine latine *bellum*, trop proche du bas latin *bellus*, *a, um*, beau. Si on passe du domaine du discours à celui du réel,

les luttes armées restent omniprésentes, qu'il s'agisse du Mali, des tensions entre les deux Soudan, de la guerre civile en Syrie, ou de l'Afghanistan, pour ne pas évoquer les rodomontades de la Corée du Nord. C'est cette diversité des lieux de conflits qui nous incitera à privilégier l'approche géopolitique du phénomène mais il faut peut-être auparavant rappeler l'environnement historique et épistémologique de cette discipline.

L'origine de la géopolitique est en effet clairement située et datée. Certes les interactions complexes entre l'espace, le temps et la politique, ainsi que les affrontements violents auxquels elles peuvent donner lieu ont fait l'objet d'analyses et de réflexions depuis l'Antiquité. La Bible ou le Coran comme l'Iliade ou le Mahâbhârata sur le plan épique, ou les œuvres de Sun Tzu, d'Hérodote ou de Thucydide, fondateurs de la stratégie et de l'histoire, abordent déjà des thèmes que l'on pourrait qualifier de géopolitiques ; mais c'est dans le monde germanique de la fin du XIX<sup>e</sup> que va se développer une approche nouvelle née de l'évolution des études géographiques que le politiste suédois Rudolph Kjellen<sup>1</sup>(1869-1922) baptisera «géopolitique». L'œuvre fondatrice est la «*Politische geographie*» publiée en 1897 par Friedrich Ratzel (1844-1904). Au confluent parfois contradictoire d'un scientisme darwinien et d'une idéologie nationaliste voire impérialiste, l'auteur y soutient que l'Etat, organisme vivant, se développe à partir d'un espace nourricier, le *lebensraum*, que les hommes qui y vivent visent à étendre et à renforcer pour accroître sa viabilité. De façon plus synthétique, Kjellen définira la géopolitique : «science de l'Etat comme organisme géographique tel qu'il se traduit dans l'espace». Le principal disciple de Ratzel, Karl Haushofer (1869-1946) précisera et généralisera ces concepts autour de l'idée que l'Etat doit s'étendre jusqu'aux limites de l'espace susceptible de procurer à sa population la satisfaction de ses besoins et de ses ambitions. Bien que l'influence exacte de Haushofer sur la politique internationale du III<sup>e</sup> Reich nazi soit discutée, le fait qu'il ait eu Rudolph Hess pour étudiant puis ami, et qu'il ait rencontré Hitler à plusieurs reprises est établi et explique, outre son suicide en 1946, le discrédit que subira la géopolitique après la Guerre. Elle avait cependant connu aussi un important développement dans la pensée anglo-saxonne dont l'école géopolitique, avec des méthodes comparables et des finalités politiques voisines mais des contenus contraires, avait opposé la maîtrise de la mer au pouvoir terrestre (Amiral Mahan 1840-1914) et défini une vision planétaire de cette opposition Terre-Mer (Halford Mackinder- 1861-1947- concept de l'Ile Mondiale et du *Heartland* eurasiatique) avant que l'Américain Nicholas Spykman (1893-1943) n'ajoute l'idée d'un *rimland*, anneau terrestre entourant le *heartland* et susceptible d'en limiter l'hégémonie, donnant ainsi un fondement géopolitique à la politique du *containment* des Etats-Unis pendant la Guerre Froide. En France l'inspiration géopolitique a été plus réduite et a surtout consisté

<sup>1</sup> Pour ne pas alourdir la présentation, les références des auteurs cités seront précisées en bibliographie

en une vive critique de la géopolitique allemande par les géographes Jacques Ancel (1882-1943) et Albert Demangeon (1872-1940). On peut cependant déjà noter un intérêt pour la géopolitique régionale chez Paul Vidal de la Blache (1845-1918) que l'on retrouvera chez le politiste André Siegfried (1875-1959), fondateur de la géographie électorale. Enfin il est clair que la notion d'économie-monde de Fernand Braudel (1902-1985) combine magistralement histoire économique et géopolitique. Et c'est en France que, depuis plusieurs décennies, les analyses géopolitiques se sont multipliées. On doit cette refondation de la géopolitique au géographe Yves Lacoste avec un ouvrage, *La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre* et une revue *Hérodote* (1976). A partir de là une véritable école s'est développée avec notamment Michel Foucher, Philippe Moreau Defarges, Pascal Lorot, François Thual, Aymeric Chauprade, Gérard Dussouy ou Patrice Gourdin. Ce développement s'est accompagné de la médiatisation d'une cartographie renouvelée par la mode des atlas, modernisés par les nouvelles techniques de réalisation des cartes et le ton des commentaires de leurs auteurs : Gérard Chaliand, Jean-Pierre Rageau, Jean-Christophe Victor ou Virginie Raisson. Ces succès répondent à une profonde mutation de la discipline, renonçant au déterminisme géographique et aux finalités politiques qui avaient déconsidéré la géopolitique germanique, pour s'efforcer de donner une explication multifactorielle de la complexité des rapports des hommes et des sociétés avec leur environnement spatio-temporel. S'adossant parfois à des références phénoménologiques, structuralistes ou constructivistes, la nouvelle géopolitique inverse le rapport homme/nature en soulignant l'importance des représentations idéologiques dans l'édification des constructions territoriales qui président à l'insertion spatiale des sociétés humaines. Mais il n'en reste pas moins que, ne serait-ce que pour respecter l'étymologie, le territoire demeure un élément central de la discipline dont on a pu dire qu'elle a pour objet « *l'étude des interactions entre l'espace géographique et les rivalités de pouvoir qui en découlent* » (Alexandre Defay<sup>2</sup>) ou « *les rivalités de pouvoir sur des territoires et sur des hommes qui s'y trouvent* » (Y. Lacoste<sup>3</sup>). On pourrait donc s'interroger sur l'avenir de ce type d'approche, dès lors que la mondialisation des relations internationales semble entraîner le déclin des territoires au profit des réseaux et ce, d'autant plus que ces réseaux tendent à se dématérialiser au sein d'un cyberspace virtuel. Notre réflexion sur l'évolution de la conflictualité à l'époque contemporaine va donc s'efforcer de montrer que les mutations de la guerre que nous pourrions analyser n'excluent pas l'intérêt de leur approche géopolitique.

D'où le plan que nous proposerons :

### **I Mutation de la conflictualité**

### **II Intérêt d'une approche géopolitique des conflits**

<sup>2</sup> Alexandre Defay : *La géopolitique* ; PUF 2005 p. 4.

<sup>3</sup> Yves Lacoste (Dir.) : *Dictionnaire géopolitique* ; Flammarion 1993 p. 3.

## I Mutation de la conflictualité

La fin de quarante ans de Guerre Froide n'a pas conduit, comme certains avaient pu l'espérer, à une paix perpétuelle mais aurait plutôt provoqué une floraison de conflits marquant toutefois une rupture avec l'évolution du siècle précédent vers une guerre totale et mondiale. On peut en effet noter une évolution vers des guerres plus limitées qui n'exclut pas cependant un élargissement du champ des conflits internationaux.

### A Paix et guerres au XXI<sup>e</sup> siècle : pérennité des conflits

Le premier point à relever concerne la fréquence des conflits à l'époque actuelle, ce qui implique deux précisions préalables : d'une part, la mondialisation de la communication et la médiatisation plus grande des phénomènes internationaux accentue sans doute la perception des agitations du monde ; d'autre part la diversité des manifestations de la violence armée rend très aléatoires les statistiques exhaustives dans ce domaine. Les principaux centres de recherche qui interviennent sur ces questions n'utilisent pas les mêmes définitions des formes de conflit ni les mêmes paramètres de différenciation. On peut le vérifier en confrontant les données du SIPRI (*Stockholm International Peace Research Institute*), de l'UCDP (Upsala Conflicts Data Program de l'Université d'Upsala), de l'*Institute for Economics and Peace* qui réalise le Global Peace Index, du CIDCM (*Center for International Development and Conflict Management* de l'Université du Maryland) ou encore l'*Indice Passy Dunant*, le seul français, né des recherches du lieutenant-colonel Renaud François<sup>4</sup>. On peut ainsi faire plusieurs observations :

- Du point de vue terminologique, si en général le mot guerre est proscrit dans la mesure où la conception traditionnelle de « *la guerre, continuation de la politique par d'autres moyens* » selon la formule de Clausewitz, est interdite par la Charte des Nations Unies et est remplacée par la notion de « conflit armé », on admet cependant que l'équivalent d'une guerre conventionnelle se définit par le nombre de victimes : au moins 1000 en un an (mais les experts varient sur l'alternative : année civile ou 12 mois suivis). Le plus souvent, on distingue trois formes : conflits inter-étatiques, conflits internes ou non étatiques et violence unilatérale.
- Sur un plan quantitatif global, on observe 3 périodes : de 1946 à 1975, la courbe varie peu : de 15 à 30 conflits par an. De 1975 à 1990 un pic se dessine, de 40 à 50 avec un sommet à 52 (1991/1992). La courbe régresse ensuite puis se stabilise entre 30 et 40 de 2000 à 2012. La courbe des conflits interétatiques variant peu, à moins de 5, ce sont les conflits internes qui entraînent les principales évolutions.

---

<sup>4</sup> [www.sipri.org](http://www.sipri.org) [www.ucdp.uu.se](http://www.ucdp.uu.se) [www.economicsandpeace.org](http://www.economicsandpeace.org) [www.cidcm.umd.edu](http://www.cidcm.umd.edu)  
[www.irenees.net](http://www.irenees.net)

- Sur le plan géopolitique, la paix « nucléaire » entre les grandes puissances et la paix « démocratique » entre les pays occidentaux apparaissent clairement.

CONFLITS ARMES (Chiffres UCDP)

I 1989- 1999

Régions	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Europe	2	3	7	8	9	5	5	1	0	2	3
Moyen-Orient	4	7	8	7	7	6	6	7	4	3	3
Asie	16	21	15	19	15	16	16	18	19	16	15
Afrique	12	13	17	14	11	15	10	12	14	17	16
Amérique	9	6	5	4	3	4	4	3	2	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>50</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>39</b>

II 2000-2010

Régions	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Europe	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1
Moyen-Orient	3	3	2	3	3	5	5	4	4	5	5
Asie	17	14	12	15	14	17	16	14	16	15	12
Afrique	15	16	15	11	10	7	10	12	13	12	10
Amérique	1	2	2	1	3	2	2	3	3	3	3
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>31</b>

III 2011-2012

Régions	2011	2012	1989-2012
Europe	1	2	<b>23</b>
Moyen-Orient	6	5	<b>15</b>
Asie	13	10	<b>42</b>
Afrique	15	13	<b>47</b>
Amérique	2	2	<b>14</b>
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>141</b>

**B** « *La guerre hors limites* » : élargissement du champ des conflits

Si la guerre, certes toujours présente, n'a pas réellement progressé, on peut cependant noter un élargissement de la conflictualité, au sens le plus général, dans la mesure où elle aurait tendance à dépasser ses limites traditionnelles. On peut ici se référer à l'ouvrage qui mériterait une plus grande notoriété, publié en 1999 par deux stratèges chinois : QIAO Liang et WANG Xiangsui : *La guerre hors limites*<sup>5</sup>. Remarquables connaisseurs de l'histoire et des stratégies du monde occidental, ils soulignent l'importance, dans les guerres nouvelles, de l'art de la combinaison : « Le dernier point, mais en aucune façon le moins important, est

<sup>5</sup> QIAO Liang, WANG Xiangsui, *La guerre hors limites*. Payot-Rivages poche, 2006.

de savoir si l'on a pensé à combiner le champ de bataille et le non-champ de bataille, le guerrier et le non-guerrier, le militaire et le non militaire, ou plus concrètement, les avions furtifs, les missiles de croisière et les tueurs de l'internet, la menace nucléaire, la guerre financière et les attentats terroristes ou carrément Schwarzkopf + Georges Soros + Morris Jr [ célèbre pirate informatique] + Ben Laden» (op.cit. p.201). On ne saurait mieux exprimer la complexité de la conflictualité contemporaine qui recourt non seulement aux perfectionnements de la technologie militaire mais à la guerre économique et financière, à la cyberguerre, au terrorisme ou encore à la guerre psychologique et médiatique, au « choc des civilisations » ou à la guerre environnementale et à l'utilisation des variations climatiques, citées par ailleurs. Dans tous ces champs, partenaires et adversaires, alliés ou ennemis peuvent ne pas être les mêmes, ajoutant encore à la complexité.

### C Les guerres limitées : évolution des modes de conflit

Pour passer des considérations générales aux données observables, on relève que si certaines formes de conflits s'effacent — disparition des guerres totales, déclin des guerres conventionnelles, caractère inacceptable de la guerre nucléaire — la guerre n'est pas morte pour autant, prenant les formes de guerres asymétriques, de conflits de basse intensité, de piraterie, de terrorisme ou, à l'opposé, de maîtrise de la violence. Cette évolution a de multiples explications.

Les causes immédiates des conflits changent : le recours à la force répond moins à des revendications de puissance émanant des états qu'à des revendications identitaires exprimées par les sociétés ou à des affirmations de politique sécuritaire émises par des organisations internationales. Dans le premier cas existe une grande variété de situations : libération nationale, reconnaissance d'une identité régionale, ethnique, religieuse ou culturelle, frustration socio-économique... Dans le second, les politiques sécuritaires font appel à une promotion de l'ordre international, global ou régional impliquant maintien, rétablissement ou imposition de la paix ; elles légitiment le recours à la force par les concepts flous de droit voire de devoir d'ingérence ou d'obligation de protéger.

Les pratiques guerrières se diversifient :

- Changement des objectifs : la nature des conflits conduit à une transformation des effets attendus : s'il s'agit toujours de contraindre l'adversaire à se soumettre à sa volonté, on cherchera à y parvenir par la conviction plus que par l'élimination. Dans la « guerre au sein des populations » (Colin Gray, généraux Rupert Smith et Vincent Desportes), pour conquérir les « esprits et les cœurs », il faudra modérer l'application de la force et combiner action militaire et action diplomatique même aux niveaux bas (un expert américain a ainsi pu parler du rôle du « caporal stratégique<sup>6</sup> »).

---

<sup>6</sup> General Charles C. Krulak, « The Strategic Corporal: Leadership in the Three Block War », *Marines Magazine*, janvier 1999.

- Multiplication des acteurs : Aux acteurs institutionnels : états (en déclin relatif) et surtout organisations internationales universelles (ONU) ou régionales (OTAN, Union Européenne, Union Africaine, CEDEAO...) s'ajoutent de multiples acteurs réels : mouvements de libération, groupes de pressions, ONG, multinationales, organisations clandestines...
- Evolution des forces armées : Les forces nationales doivent s'adapter à des missions nouvelles ; les forces multinationales les plus fréquemment utilisées sont encore à la recherche d'une meilleure efficacité. Quant aux forces infranationales, elles se traduisent par diverses formes de milices, de nouveaux types de mercenaires et un considérable développement de sociétés militaires privées.
- Mutation des espaces : elle traduit une des caractéristiques fortes du changement. C'est vrai pour les espaces géographiques : sur terre, mouvement de la campagne vers la ville ; en mer, de la surface aux fonds sous-marins, de la haute mer vers les côtes ; dans les airs : de l'espace atmosphérique à l'espace extra-atmosphérique.

Et il faut évidemment rappeler la place croissante des espaces virtuels, qu'il s'agisse du cyberspace, lieu de la guerre de l'information et des diverses modalités de la cyber-guerre ou de l'espace mental des individus, cible de la guerre du sens.

Cette référence à la mutation des espaces dans les nouveaux conflits nous conduit à poser la question de l'intérêt d'une approche géopolitique de cette évolution.

## **II Intérêt de l'analyse géopolitique des conflits**

Deux caractéristiques du monde contemporain pourraient faire douter de la pertinence de l'analyse géopolitique. Le phénomène de mondialisation tend à globaliser au niveau planétaire les échanges de toute nature, économiques, financiers bien sûr mais aussi socioculturels et même interindividuels. Au sein du village planétaire, cher à Mac Luhan, l'uniformisation des comportements et des pratiques se développe et atténue les spécificités locales. Dans de nombreux domaines, la notion de territoire cède la place aux flux et aux réseaux. D'autre part les progrès des communications, comme techniques, et de la communication, comme méthode, conduisent à une dématérialisation des échanges qui se situent de plus en plus dans un espace virtuel commun à tous. L'internet et le web se jouent des espaces concrets et permettent l'universalité et l'instantanéité des relations humaines. On pourrait donc craindre que la géopolitique, après une éclipse due à ses dérives idéologiques, connaisse un nouveau déclin, cette fois pour des raisons scientifiques et techniques. Or nous verrons qu'il n'en est rien, dans le domaine de notre étude des rapports de force entre groupes humains qui restent son objet essentiel. Pour ce faire, on évoquera successivement l'objet, la conduite et la localisation régionale

des conflits qui se déroulent à notre époque.

### A Approche géopolitique de l'objet des conflits

La complexité de la conflictualité contemporaine oblige à se limiter aux causes principales et à prendre le risque de réduire le champ des interactions ; c'est pourquoi nous retiendrons seulement les revendications identitaires et la quête des ressources naturelles comme origine des conflits et la ville et la frontière comme lieux d'application.

- La **revendication identitaire** est à l'origine de nombreux conflits tant dans les états issus de la décolonisation que dans de vieilles nations en proie à des ambitions régionalistes. Elle s'appuie toujours sur une définition territoriale de l'identité à partir de bases historiques et géographiques. L'exemple des conséquences de l'éclatement de la Yougoslavie est topique : Au Kosovo, les populations kosovares affirment leur particularisme ethnique et religieux et leur présence séculaire dans la région. De son côté, la Serbie justifie son opposition à l'indépendance du Kosovo par la référence à la bataille historique du Champ des Merles (Kosovo Polje) qui vit pourtant la victoire turque le 15 juin 1389 mais symbolise la résistance serbe et l'origine de son oppression. Au Nord Mali, la revendication des Touareg sur l'Azawad montre que, même pour des nomades, les terres de parcours sont indispensables à l'autonomie de leur mode de vie. L'insularité peut aussi expliquer des exigences particularistes à fondement culturel, historique ou économique comme en Corse par exemple. Dans tous ces cas, l'approche géopolitique facilite la compréhension de phénomènes oppositionnels plus ou moins radicaux.
- La **quête de ressources naturelles** s'apparente aux formes plus classiques de causalité des conflits liés aux ambitions territoriales des états mais elle peut prendre des formes plus originales en fonction des acteurs concernés ou de la nature des richesses convoitées. Il suffira d'évoquer la géopolitique de l'énergie et d'abord celle des hydrocarbures dont la présence conduit inévitablement à des tensions pouvant générer des conflits internes (Delta du Niger au Nigéria) ou externes (cas des deux Soudan où la production et le transport du pétrole ont provoqué la reprise d'hostilités malgré le difficile compromis ayant conduit à la sécession en deux états). Ce sont également les importantes ressources minières qui sont à l'origine d'oppositions armées récurrentes du Kivu, dans la région des grands lacs africains, où sont impliqués des états (République Démocratique du Congo, Rwanda, Ouganda) ainsi que diverses milices ethnico-tribales. De même la gestion de l'eau, dans l'hypothèse des fleuves internationaux, peut amener des tensions entre états susceptibles de s'aggraver : Turquie/Syrie/Irak à propos des barrages sur le Tigre et l'Euphrate, Ethiopie/Egypte à propos du Haut Nil...

Un autre aspect de l'objet géopolitique de la conflictualité concerne les lieux d'application les plus fréquents des guerres contemporaines même s'il n'est question que d'illustrations nouvelles de problématiques anciennes puisque les exemples choisis seront la frontière et la ville.

- **Etablissement et respect des frontières :** Suivant une mode, largement médiatisée, la mondialisation aurait conduit au déclin du rôle des frontières et multiplié les organisations «sans frontières». Cependant deux publications récentes en ont pris le contrepied. Sur le ton polémique du manifeste, Régis Debray fait *l'éloge des frontières* en rappelant les dangers du confusionnisme sans limites. Citons le sur notre sujet: «*Il est facile de voir qu'aux endroits de la mappemonde où il y a du grisé dans l'entre-deux et des pointillés qui se chevauchent, la parole est à la grenade, au plastic et aux machettes*<sup>7</sup>». De façon plus technique, Michel Foucher parle de *l'obsession des frontières*<sup>8</sup>, et précise que, depuis 15 ans, plus de 26 000 kilomètres de frontières politiques ont été tracées en Europe et en Asie Centrale et que les programmes en cours de murs et barrières diverses concernent 26 000 kilomètres. Les conflits frontaliers contribuent à maintenir l'insécurité en de nombreux endroits : Balkans, Cachemire, Caucase, Asie Centrale (vallée du Ferghana), Moyen Orient, Sahara occidental par exemple pour les frontières terrestres ; Mer Egée ou Mer de Chine pour les frontières maritimes.
- **La ville et la guerre :** Objet de conflit depuis ses origines mythiques (La guerre de Troie), la ville entretient un rapport permanent avec la guerre, dès lors qu'elle est le lieu privilégié du pouvoir depuis la fin du néolithique. Mais aujourd'hui, eu égard à l'urbanisation croissante des populations du monde, elle joue un double rôle. Elle conserve sa fonction d'objectif essentiel de tout conflit armé qui implique la prise de contrôle de toutes les grandes agglomérations, comme vient de le montrer l'opération Serval avec la conquête prioritaire des villes du Nord Mali : Gao, Tombouctou, Kidal ou Tessalit. Mais elle est aussi très souvent le lieu principal de la bataille et le cadre de toute action de maîtrise de la violence. Dans la première hypothèse, on pourrait citer le cas de Bagdad : d'abord objectif de la phase conventionnelle de l'opération Iraqui Freedom et rapidement occupée en avril 2003, elle a été pendant presque dix ans le théâtre d'une guerre urbaine continue, faite de guérilla, de harcèlement et de terrorisme. Pour la seconde, l'exemple de Rio de Janeiro est symptomatique de la sécurisation d'une grande conurbation en vue d'événements majeurs à venir : pour préparer l'organisation de la Coupe du Monde de football en 2014 et les Jeux Olympiques en 2016, les autorités brésiliennes avaient décidé dès novembre 2010 de reprendre le contrôle des favelas,

---

<sup>7</sup> Régis Debray, *Eloge des frontières*. Gallimard, 2010, p. 84.

<sup>8</sup> Michel Foucher, *L'obsession des frontières*. Perrin, 2007.

jusqu' alors aux mains des maîtres du trafic de drogue et ont mis en jeu de très importantes forces tant militaires que policières.

### **B Approche géopolitique de la conduite des conflits**

Dans cette perspective, plus technique, qui se relie à la géostratégie et à la géographie militaire, il conviendrait de mettre en lumière les ressources et les contraintes que les principales caractéristiques géographiques du lieu où se déroule le conflit confèrent à la direction des opérations militaires. Ces données, suivant leur nature, peuvent influencer la gestion des crises aussi bien sur le plan de la décision générale d'intervention, politique ou stratégique, que sur celui de la conduite, tactique, de la bataille sur le terrain. On peut synthétiser ces facteurs géopolitiques autour de trois secteurs : celui, global, d'une redéfinition des espaces militaires, celui, classique, des conséquences de données de la géographie physique et celui, renouvelé, des effets de l'environnement humain.

- La redéfinition des espaces militaires : dans les espaces matériels (terre, mer, air) on a déjà noté certaines évolutions liées à la transformation des objectifs comme des moyens techniques mais l'essentiel est l'émergence de deux nouveaux espaces : la militarisation de l'espace extra-atmosphérique a profondément modifié les conditions de l'observation, de la localisation et de la communication dans la mise en œuvre des forces. D'autre part, les progrès de l'utilisation du cyberspace ont donné naissance à de nouvelles formes de conflit intégrés dans la notion de cyber-guerre. Dans ces deux cas, même si la racine «géo» se trouve dépassée, on peut encore parler de géopolitique dès lors qu'il est question de relation entre espace et pouvoir.
- La situation géographique du territoire : la situation du terrain à prendre en compte comporte les principales dimensions géographiques, les plus générales (accès à la mer, enclavement, insularité, axes de communication) relèvent plutôt de la stratégie, les plus contingentes (relief, hydrographie, végétation, conditions climatiques...) plutôt de la tactique. Sur tous ces points on doit noter que les mutations de la conflictualité n'ont pas provoqué d'importantes modifications de l'appréciation de la situation géopolitique des conflits. On remarquera seulement que les progrès de la technologie militaire comme ceux de la cartographie et de la météorologie permettent de mieux maîtriser les contraintes géopolitiques.
- L'environnement humain : outre l'intérêt plus grand de la géopolitique moderne pour la géographie humaine, la transformation des objectifs des «guerres au sein des populations» a considérablement augmenté la prise en compte des facteurs humains. La préparation de toute intervention implique une connaissance aussi précise que possible du milieu humain concerné : langues, religions, pratiques culturelles, opinions politiques, situation économique. L'aide humanitaire et les actions civilo-militaires

sont étroitement coordonnées à la gestion militaire du conflit ; de plus celle-ci doit veiller à éviter au mieux les « dégâts collatéraux » de l'usage de la force comme les exactions des personnels militaires. Ce souci de l'environnement humain a conduit les armées à une réflexion nouvelle sur le droit et la morale et à intégrer parmi leurs personnels des conseillers juridiques et politiques, voire des spécialistes en sciences humaines.

### C Approche géopolitique de la localisation régionale des conflits

Cette approche permet de faire la synthèse des observations précédentes en mettant en lumière, au niveau mondial, les régions relativement pacifiques et celles où se déroulent de véritables conflits, pour tenter de dégager les causes de ces différences. Comme cela a été évoqué plus haut, les données utilisées pour mesurer le caractère pacifique ou conflictuel d'une région ou d'un pays peuvent varier, entraînant des classements différents : ainsi, la France est classée 40°/158 par le Global Peace Index et 20°/175 par l'indice Passy Dunant, le Laos : 37° GPI et 131° IPD, la Russie : 153° et 107°, Israël 150° et 85°. Cela rend délicates les comparaisons géographiques.

Cela dit, on peut d'abord remarquer que des continents entiers sont épargnés par les conflits ouverts : Europe, Amérique, Australie ainsi que de grandes puissances : Chine et Inde, bien que des risques modérés d'instabilité soient à relever pour ces deux pays comme pour la Russie. Trois régions concentrent les principaux conflits ouverts :

- Asie du Sud-Ouest : Pakistan/Afghanistan et Caucase
- Moyen-Orient
- Afrique : Sahel, Afrique Centrale, Corne de l'Afrique

Ces régions constituent l'Arc de Crise évoqué par le dernier Livre Blanc, de l'Atlantique à l'Océan Indien, même si cet ensemble n'est pas homogène.

Si on osait prendre le risque d'une explication, on pourrait noter trois caractères communs : Instabilité politique de régimes non démocratiques ; présence de richesses minières, notamment d'hydrocarbures ; développement d'un islamisme radical.

Enfin on observe une tension nouvelle dans la zone Asie Pacifique autour de deux phénomènes, l'affirmation d'une capacité nucléaire et balistique par la Corée du Nord et les revendications chinoises en Mer de Chine. Dans le premier cas, les provocations nord coréennes ont sans doute deux objectifs : à l'intérieur, renforcer la stature politique de Kim Jong-Un ; à l'extérieur, tester les réactions de la Chine dont le soutien est vital. Les manifestations de puissance maritime de la Chine tendent à montrer que la Chine n'est pas seulement un géant économique mais pourrait devenir un concurrent militaire des Etats-Unis.

Il serait périlleux de prétendre conclure par d'ambitieuses prévisions sur l'avenir de la paix dans le monde. Aussi nous nous contenterons d'esquisser une réponse à notre question méthodologique initiale et d'évoquer une forme éternelle de géopolitique.

Malgré la mondialisation et la virtualisation des relations internationales, l'approche géopolitique de la conflictualité n'a pas perdu sa valeur dans la mesure où les notions d'Etat, de territoire et de frontières resteront encore longtemps déterminantes pour expliquer la naissance et l'évolution des crises internationales. Il convient seulement d'admettre que le concept d'espace qui fonde la géopolitique s'est élargi et que le cyberspace voit s'affronter les mêmes rivalités humaines que les espaces matériels. Comme le fit, il y a un siècle, le domaine aérien avec l'essor de l'aviation, il prend sa place dans la théorie et la pratique de la guerre.

Il y a 25 siècles, Thucydide, dans la Guerre du Péloponnèse, démontrait que la guerre repose toujours sur l'un de ces trois sentiments humains : la peur, l'honneur ou l'intérêt. Il y quelques années, Dominique Moïsi, cofondateur de l'Institut Français de Relations Internationales, nous proposait une *Géopolitique de l'émotion*<sup>9</sup> qui révélait comment les cultures de peur, d'humiliation et d'espoir façonnent le monde. Aux origines de la guerre, c'est donc en définitive toujours l'homme qui s'affirme avec ses passions comme avec sa raison.

\*\*\*

### BIBLIOGRAPHIE

- Ancel, Jacques. *Géopolitique*. Delagrave, 1936.
- Battistella, Dario. *Paix et guerres au XXI<sup>e</sup> siècle*. Ed. Sciences Humaines, 2011.
- Braudel, Fernand. *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II*. A. Colin, 1949.
- Chaliand, Gérard. *Atlas du nouvel ordre mondial*. R. Laffont, 2003.
- Chaliand, Gérard, Jean-Pierre Rageau. *Atlas Stratégique*. A. Fayard, 1983.
- Chauprade, Aymeric. *Géopolitique, constantes et changements dans l'histoire*. Ellipses, 2001.
- Chauprade, Aymeric. *Introduction à l'analyse géopolitique*. Ellipses, 1999.
- Chauprade, Aymeric, Thual François. *Dictionnaire de géopolitique*. Ellipses, 1998.
- Defay, Alexandre. *La géopolitique*. PUF, 2005.
- Demangeon, Albert. *Le déclin de l'Europe*. Payot, 1920.

---

<sup>9</sup> Dominique Moïsi, *La Géopolitique de l'émotion*. Flammarion, 2008.

- Demangeon, Albert. *Problèmes de géographie humaine*. A. Colin, 1942 (posthume).
- Desportes, Vincent. *La guerre probable*. Economica, 2007.
- Dussouy, Gérard. *Quelle géopolitique au XXI<sup>e</sup> siècle ?* Complexe, 2001.
- Foucher, Michel. *Fronts et frontières*. Fayard, 1991.
- Giblin, Béatrice (Dir.) *Les conflits dans le monde*. A. Colin, 2011.
- Gourdin, Patrice. *Géopolitiques*. Choiseul, 2010.
- Gray Colin, S. *La guerre au XXI<sup>e</sup> siècle*. Economica, 2005.
- Haushofer, Karl. *De la géopolitique*. Fayard, 1986 (réédition des textes essentiels).
- Hervouet Gérard, Michel Fortmann (Dir.) *Les conflits dans le monde 2011*. PU Laval, 2011.
- Kjellen, Rudolf. *Stormaktema Konturer kring samtiden storpolitik*, 1905 (*Les grandes puissances ; jamais traduit*).
- Lacoste, Yves. *Dictionnaire de géopolitique*. Flammarion, 1994.
- Lacoste, Yves. *Géopolitique*. Larousse, 2006.
- Lacoste, Yves. *La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre*. Maspero, 1976 (1<sup>e</sup> ed.).
- Lorot, Pascal. *Histoire de la géopolitique*. Economica, 1995.
- Lorot, Pascal, Thual François. *La géopolitique*. Montchrestien, 1997.
- Mackinder, Halford J. *The Geographical Pivot of History*. The Geographical Journal, 1904.
- Mahan, Albert. *The Influence of Sea Power upon History (1660-1783)*. Boston, Little, Brown and Co, 1890.
- Moreau-Defarges, Philippe. *Dictionnaire de géopolitique*. A. Colin, 2002.
- Moreau- Defarges, Philippe. *Introduction à la géopolitique*. Seuil, 2005.
- Raisson, Virginie. 2033: *Atlas des futurs du monde*. Robert Laffont, 2010.
- Ratzel, Friedrich. *La géographie politique, les concepts fondamentaux*. Fayard, 1988 (Réédition des œuvres principales).
- Siegfried, André. *Tableau politique de la France de l'Ouest sous la III<sup>e</sup> République*. A. Colin, 1913. Réimpression Imprimerie Nationale, 1995.
- Smith, Rupert. *L'utilité de la force*. Economica, 2007.

Spykman, Nicholas. *America's strategy in World Politics: the United States and Geography of Peace*. N.Y. Harcourt, 1942.

Spykman, Nicholas. *The Geography of Peace*. N.Y. Harcourt, 1944.

Thual, François. *Méthodes de la géopolitique*. Ellipses, 1996.

Victor, Jean-Christophe (Dir.) *Le dessous des cartes*. Taillandier, 2011.

Vidal de la Blache, Paul. *La France de l'Est* [1917]. Réédition La Découverte, 1994.

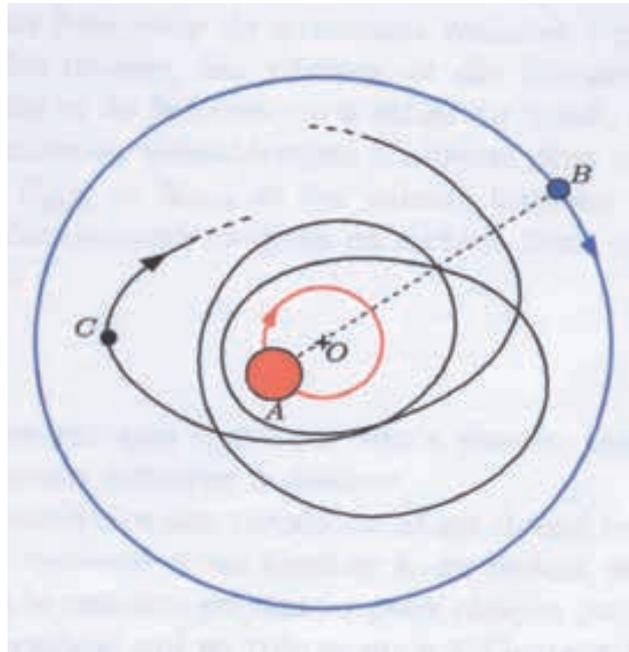
\*\*\*

### **DISCUSSION**

Dans la discussion qui a suivi, sont intervenus Mme Françoise BESSON, MM. Alain BOUDET, Guy FRANCO, Olivier MOCH, Jacques PECHAMAT, Germain SICARD.

## UN SAVANT *TROP* MODESTE HENRI POINCARÉ (1854-1912)

Par M. Serge A. BORIES



A : SOLEIL – B : JUPITER – C : TERRE

### LE PROBLEME RESTREINT DES TROIS CORPS

L'objet de ma communication est de vous parler d'un Savant, qui fut, selon moi, bien *Trop Modeste*, eu égard à l'importance de ses travaux de recherche. Si, d'autre part, j'ai choisi le mot, *savant*, plutôt que *chercheur* ou *scientifique*, pour caractériser cette personne, c'est parce qu'il s'agit d'un homme du XIX<sup>e</sup> siècle et que *chercheur* ou *scientifique* sont des termes qui ne sont pas employés à cette époque. Lorsque au XIX<sup>e</sup>, voir au début du XX<sup>e</sup>, siècle, on veut caractériser une personne, qui, par ses connaissances et ses recherches, contribue à l'élaboration et au progrès d'une science, on parle, en effet, de *savant*.

Le savant auquel je me suis intéressé est né en 1854 et est mort en 1912. Il s'agit d'Henri Poincaré, celui que beaucoup considèrent, aujourd'hui encore, comme le dernier des universalistes, dominant toute la mathématique et la

physique de son temps, et dont de nombreuses institutions ont récemment célébré le centenaire de la mort.

J'ai pensé que notre Académie ne pouvait ignorer ou rester à l'écart de ces commémorations, et comme 2013 a été déclarée par l'UNESCO Année des Mathématiques de la Terre, et que Poincaré fut un immense mathématicien dont les travaux ont durablement marqué la mécanique céleste, j'ai décidé de saisir cette opportunité, pour, à notre tour, rendre hommage à ce grand, peut-être le plus grand, scientifique français du XIX<sup>e</sup> siècle.

Cela dit, mon exposé comprendra principalement deux parties. Après un court prologue, dans la première partie, j'évoquerai quelques épisodes de la vie de Poincaré, et dans la deuxième, l'homme de science, et notamment sa trop grande modestie eu égard à ses découvertes scientifiques exceptionnelles.

### PROLOGUE

A la veille de son entrée à la clinique, le 7 juillet 1912, Poincaré adressait aux Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse, (justification supplémentaire de cet hommage s'il en fallait une) un mémoire intitulé « *Fonctions modulaires et fonctions fuchsiennes* ». Ce mémoire, dont il ne put corriger les épreuves, est le dernier qu'il ait écrit. Opéré le 9 juillet d'un cancer de la prostate, il meurt brusquement le 17, emporté par une embolie.

Comme l'ont souligné certains biographes : « *la mort si rapide et inattendue de Poincaré, excita dans le monde entier une émotion universelle* ». En effet, que ce soit en France, en Europe ou aux USA, partout, dans le monde, des voix s'élevèrent pour célébrer les mérites de celui qui s'était montré à la fois : « mathématicien hors pair, physicien pénétrant et profond philosophe ».

Le récit des obsèques de Poincaré, tel qu'il apparaît dans la presse, notamment dans cet extrait du *Monde Illustré*, donne une idée assez précise de l'ampleur de l'événement de sa mort, mais aussi de son image publique, voire de sa personnalité. Dans ce récit, en effet, outre une indication sur les compétences et expertises professionnelles de Poincaré, à travers la mention des institutions citées et représentées, on découvre aussi les réseaux et les cercles de relations sociales dans lesquelles celui-ci a pu évoluer au cours de sa vie. Certains sont naturellement convenus, comme l'Académie des Sciences, l'Académie française ou le corps des Mines, d'autres sont plus étonnants, voire atypiques, comme le Prince et la Princesse de Grèce, le Prince de Monaco ou le Bey de Tunis.

Il est vrai que Poincaré fut, de son temps, l'un des scientifiques les plus reconnus. Génie égal à Gauss pour certains, poète de l'infini pour d'autres, il fut deux fois nommé pour le Prix Nobel de Physique, et, comme j'aurai l'occasion de l'évoquer, les raisons pour lesquelles ce Prix ne lui a pas été attribué ne sont guère convaincantes.

## I-A LA RENCONTRE DE POINCARÉ

### I-1. L'enfance

Dans l'éloge historique, lu par Gaston Darboux, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, lors de la séance annuelle publique du 15 décembre 1915, il est rappelé que Jules-Henri Poincaré naquit à Nancy, le 29 avril 1854, dans une famille de la grande bourgeoisie lorraine. Son père, Léon Poincaré, médecin, fut successivement Professeur puis doyen de la Faculté de médecine de Nancy, quant à sa mère, Eugénie Launois, c'était la fille d'un riche propriétaire terrien de la Meuse. Selon Darboux c'était une femme « *très bonne, très active et très intelligente* ».

Henri eut une sœur, Aline, de deux ans sa cadette, qui épousa le philosophe Emile Boutroux, dont j'ai évoqué les travaux dans ma communication : « *Emergence et Morphogénèse. Deux paradigmes revisités* ».

Comme le laissent à penser les éléments biographiques, les relations sociales et familiales des Poincaré furent nombreuses, voire constituèrent un réseau influent, dont Henri bénéficia, à plusieurs reprises, tout au long de sa carrière. Comme le soulignent aussi ces éléments biographiques, c'est dans un entourage, constitué d'une élite intellectuelle, d'universitaires, d'ingénieurs, de médecins... que s'est déroulée son enfance.

### I-2. Les années d'études

Poincaré fut un élève brillant, qui révéla très tôt des dons exceptionnels. Entré en classe de neuvième au Lycée de Nancy, il devint rapidement le meilleur de la classe. D'abord passionné par l'histoire et la géographie, arrivé en quatrième il découvre les mathématiques. Dès lors sa vocation pour la discipline ne va cesser de grandir, jusqu'à devenir, je cite Darboux « *impérieuse et absorbante* ». Cette passion pour les mathématiques ne l'empêchera pas de poursuivre jusqu'au bout, et avec le même succès des études classiques puisque à 16 ans, il est en effet bachelier ès sciences et bachelier ès lettres.

En 1871, il entre dans la classe de Mathématiques élémentaires, où il commence à donner des preuves de ses aptitudes, extraordinaires, en obtenant le premier Prix de Mathématiques au Concours général. L'année suivante, il est en Mathématiques spéciales, obtient à nouveau le premier Prix au concours général, est reçu 5<sup>ème</sup> au concours d'entrée à l'Ecole Normale Supérieure et 1<sup>er</sup> au concours d'admission à l'Ecole Polytechnique. C'est finalement Polytechnique qu'il choisira.

L'anecdote que je me propose d'évoquer maintenant, et que j'ai empruntée à Darboux, confirme bien les dons exceptionnels de Poincaré, ainsi que la réputation dont il jouissait, dès cette époque, auprès du corps enseignant. Cette anecdote est la suivante : lors de l'examen oral de Mathématiques, au concours d'entrée à Polytechnique, le Professeur Tissot, chargé d'inter-

roger les candidats, je cite un condisciple de Poincaré : « *suspendit l'examen pendant trois quarts d'heure : le temps de préparer une question raffinée pensions-nous* ». C'est toujours le condisciple de Poincaré qui parle : « *Monsieur Tissot revint avec une question du deuxième livre de Géométrie. Poincaré dessina un cercle informe (Poincaré a toujours eu beaucoup de mal à dessiner), il marqua les lignes et les points indiqués par l'examineur, puis, après s'être promené devant le tableau les yeux fixés à terre, assez longtemps, conclut à haute voix : Tout revient à démontrer l'égalité  $AB=CD$ , elle est la conséquence de la théorie des polaires réciproques, appliquée aux deux droites* ». Fort bien Monsieur, « *interrompit le Pr. Tissot, « mais je voudrai une solution plus élémentaire* ». Poincaré se mit à repasser, non plus devant le tableau, mais devant la table de l'examineur, face à lui, presque inconscient de ses actes puis tout à coup développa une solution trigonométrique. « *Je désire que vous ne sortiez pas de la Géométrie élémentaire* » objecta Mr Tissot, et presque aussitôt satisfaction fut donnée à l'examineur qui félicita chaleureusement l'examiné et lui annonça qu'il avait mérité la note maxima ».

Au terme des épreuves du Concours d'entrée à Polytechnique, les Professeurs de Poincaré sont pourtant inquiets. L'examineur, Abel Transon déclare : « *Nancy présente un candidat bien remarquable. Mais nous sommes très embarrassés, il a un zéro pour le dessin et le zéro est éliminatoire. Pour le reste il est absolument hors pair. S'il est reçu, il sera premier* ». Ne voulant assurément pas priver Polytechnique de pareil candidat, les Professeurs déclareront Poincaré admis, malgré l'incident de l'épreuve de dessin ; et il sera effectivement reçu premier.

### **I-3. L'ingénieur des mines. La bifurcation.**

En 1875 il sort en deuxième rang de Polytechnique (la place de 1<sup>er</sup> lui échappe en raison de son inaptitude aux exercices physiques, au maniement d'armes et, une fois encore, au dessin). Il entre à l'Ecole des Mines et s'inscrit en licence ès sciences à la Faculté.

L'année suivante il enlève, haut la main, la licence-ès-Sciences Mathématiques, (alors qu'il n'a même pas pu suivre les cours à la Sorbonne, faute d'autorisation d'absence) sort diplômé de l'Ecole des Mines, est nommé ingénieur à Vesoul, et se lance dans la préparation d'une Thèse de Doctorat-ès-Sciences Mathématiques. Comme le constatent très vite ses supérieurs, la vocation de Poincaré n'est assurément pas de faire carrière dans l'industrie minière. Même s'il s'acquitte de ses fonctions avec sérieux, voire avec un grand courage, en enquêtant sur un tragique coup de grisou, survenu au puits de Magny, dans le bassin minier du Nord, en septembre 1879, c'est au Professorat et à la Recherche qu'il se destine.

De ce point de vue, 1879 est une année pivot dans la carrière et la vie de Poincaré. Début août il défend, en Sorbonne, sa Thèse de Doctorat, le 11, il

présente sa première Note à l'Académie des Sciences, Note intitulée : « *Sur quelques propriétés des formes quadratiques* » et le 24, une seconde portant sur la même question. A l'évidence, ce fut là une excellente préparation, puisque, quelques années plus tard, c'est encore une forme quadratique qui lui donnera l'une des clés des transformations spatio-temporelles qui sont à la base de la Relativité restreinte.

Cela dit, Poincaré est donc mis à la disposition du Ministère de l'Instruction Publique, et au mois de décembre 1879, il obtient un poste de Chargé de Cours de Calcul Différentiel et Intégral à la Faculté des Sciences de Caen. A partir de cette date, sa carrière active dans le Corps des Mines s'achève.

#### **I-4. L'enseignant-chercheur**

Dès lors qu'il vient d'obtenir son statut d'enseignant, Poincaré se lance dans une intense activité de recherche dans le domaine de l'Analyse Mathématique pure. En 1880, il fait de nombreuses publications dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences : les CRAS, (j'en ai compté une dizaine, c'est tout à fait exceptionnel) publications qui lui valent une mention Très Honorable au Grand Prix des Sciences Mathématiques de l'Institut de France et une première candidature à l'Académie des Sciences dans la section : Géométrie. Il n'a que 27 Ans.

En 1881, il épouse Louise Poulain d'Andecy, petite fille d'Isidore Geoffroy-St-Hilaire, arrière petite-fille d'Etienne-Geoffroy-St-Hilaire, l'opposant de Cuvier. Il va dès lors s'efforcer de quitter Caen et, dans cette perspective, va bénéficier, non seulement des supports scientifiques de poids, que lui valent ses récents succès académiques, mais aussi des soutiens de sa belle-famille qui possède de nombreux relais politiques. Ces efforts portent leurs fruits, en octobre 1881, il est nommé Maître de Conférences d'Analyse à la Faculté des Sciences de Paris. Quatre ans plus tard, il sera Chargé de cours de Mécanique Physique et Expérimentale, et en août 1886, il sera nommé Professeur de la Chaire de Physique Mathématique et de Calcul des Probabilités, auparavant détenue par l'illustre Gabriel Lippmann.

Selon Darboux les travaux accomplis par Poincaré, durant la période 1881-1886, justifiaient pleinement son avancement rapide au sein de l'Université car tous contenaient des résultats entièrement nouveaux, qui faisaient déjà dire aux académiciens : « *Poincaré commence comme Cauchy* ».

Voici la conclusion du rapport de Camille Jordan : « *L'œuvre accomplie par Mr. Poincaré est au-dessus des éloges ordinaires et nous rappelle invinciblement ce que Jacobi écrivait d'Abel, qu'il avait résolu des questions qu'avant lui personne n'aurait osé imaginer. Il faut en effet le reconnaître nous assistons en ce moment à une révolution dans les Mathématiques de tous points comparable à celle qui s'est manifestée, il y a un demi-siècle par l'avènement des fonctions elliptiques* ». Sur la base de ce rapport, Poincaré est donc élu à

*l'Académie des Sciences le 27 janvier 1887. Il a 32 ans.*

Ce premier succès allait être suivi d'un autre non moins éclatant. En 1885, le Roi de Suède, Oscar II, décida de décerner, le 21 janvier 1889, (date du soixantième anniversaire de sa naissance) un Prix à une découverte importante dans le domaine de l'Analyse Mathématique. La commission d'attribution du Prix comprenant Weierstrass membre de l'Académie de Berlin, Hermite membre de l'Institut de France Académie des Sciences et Mittag-Leffler, rédacteur en chef de la revue internationale *Acta mathematica*, et Professeur à l'Université de Stockholm, reconnaît, unanimement, le niveau exceptionnel du travail de Poincaré et lui attribue le Prix.

Dans son évaluation du mémoire de Poincaré, Weierstrass déclare : « *Le mémoire sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique (problème étudié par Poincaré pour le concours) est sans contredit un travail de haute portée... je ne fais aucune difficulté de déclarer qu'il est digne du prix. Vous pouvez dire à votre souverain que ce travail est d'une telle importance que sa publication ouvrira une ère nouvelle dans l'histoire de la mécanique céleste...* »

Quant à Mittag Leffler, son appréciation est tout aussi élogieuse : « *Le mémoire couronné comptera parmi les plus importantes productions mathématiques du siècle et sera un nouveau titre à l'estime de tous les géomètres que Mr. Poincaré s'est acquise par d'éclatantes découvertes....* »

(L'attribution de ce prix fut tout de même marquée par de nombreux rebondissements.)

Suite à l'obtention du prix Oscar II et sur proposition de l'Académie des Sciences, le gouvernement français soulignait alors « *le succès de notre patrie* », et décorait H. Poincaré, Chevalier de la Légion d'Honneur. Il avait 35 ans.

A partir de ce moment, le nom du Mathématicien pénètre dans le grand public, qui s'accoutume à le regarder comme un grand savant, « *dont la France avait le droit d'être fière* », dira Gaston Darboux.

En 1896 Poincaré est nommé Professeur d'Astronomie Mathématique et de Mécanique Céleste à la Sorbonne. Parallèlement à son service d'enseignement et à ses recherches en Analyse Mathématique et Physique théorique, il occupe des charges pédagogiques, notamment à l'Ecole Polytechnique. Il dirigera également les Thèses de Doctorat et les travaux d'une quarantaine de ses élèves, collaborateurs et collègues dont ceux d'Eleuthère Mascart, l'arrière-grand-père de notre ex-secrétaire, dont j'ai eu l'occasion d'évoquer les travaux dans ma communication : *Les prolégomènes de la Relativité. L'œuvre d'Eleuthère Mascart...*

Toute l'activité et les succès scientifiques de Poincaré avaient naturellement acquis à leur auteur, une reconnaissance non seulement nationale, mais aussi internationale.

### I-5. Le renom national et international.

En trente ans de carrière, Henri Poincaré a écrit plus de 30 volumes et près de 500 mémoires publiés dans les recueils du monde entier. Seul Berthelot avait, à l'époque, une production scientifique comparable à la sienne. Comme il est naturel, des publications aussi originales, et sur tant de sujets divers, avaient, selon l'expression d'un de ses collègues : « *répandu dans le monde entier la renommée de son auteur* ». Il appartenait, à divers titres, à une quarantaine d'Académies ou de Sociétés Savantes, françaises ou étrangères, il était Docteur des Universités de Cambridge, Oxford, Berlin, Stockholm et fut plusieurs fois médaillé. En 1905, sur la proposition d'une Commission Internationale, il recevait le Grand Prix Bolyai (équivalent au Prix Nobel pour les mathématiques à l'époque) Quant à l'Académie des Sciences, de l'Institut de France, elle lui décerna plusieurs prix (successivement le Prix Poncelet et le Prix Reynaud). En 1908 il fut enfin élu à l'Académie Française et appelé à occuper le fauteuil de Sully Prudhomme.

Poincaré fut également un acteur central de nombreuses commissions scientifiques internationales : membre et rapporteur de la Commission Bolyai, membre du Congrès Solvay....Il occupa aussi, à plusieurs reprises, de hautes fonctions administratives au sein d'institutions scientifiques comme l'Observatoire de Paris et le Bureau des Longitudes...

Les ouvrages de Philosophie qu'il publia, à partir de 1902, *La Science et l'Hypothèse*, *Science et Méthode*, et *La Valeur de la Science*, lui valurent une popularité que n'avaient connue ni Cauchy, ni Hermite, pourtant eux aussi immenses mathématiciens. Ces ouvrages, tirés en un très grand nombre d'exemplaires, furent, du vivant de Poincaré, traduits en allemand, en anglais, en hongrois, en suédois, en japonais.

Poincaré fut, avant tout, un scientifique. Contrairement à son cousin Raymond, il n'a jamais fait le choix de l'engagement politique qui, disait-il, « *est un travail à plein temps* ». Au nom de son autorité scientifique, il sera cependant conduit à intervenir dans le procès militaro-politique de l'affaire Dreyfus, en rédigeant un rapport intitulé « *Examen critique des divers systèmes ou études graphologiques auxquels a donné lieu le bordereau* ». En concluant que l'accusation reposait sur des raisonnements et des calculs statistiques inexacts, effectués sur des reconstitutions fausses du bordereau d'accusation, ce rapport contribuera à faire disparaître une des charges principales qui pesaient sur l'accusé, et jouera un rôle important dans la réhabilitation de Dreyfus.

Cet événement mis à part, toute la carrière de Poincaré fut consacrée au développement, à la promotion et au rayonnement de la Science. A travers ces différentes perspectives, il aura fait émerger des théories nouvelles (les théories actuelles sur le chaos, trouvent leur origine dans les travaux de Poincaré) et ouvert la voie à des domaines de recherche inconnus à l'époque

(c'est notamment lui qui incita Becquerel à étudier la radioactivité).

Considéré par ses contemporains comme le « *cerveau vivant des sciences rationnelles* », ses contributions en mathématique, physique, mécanique et philosophie ont, au début du XX<sup>e</sup> siècle, été primordiales, et le demeurent encore, en grande part, aujourd'hui. Certaines de ses hypothèses, ou propositions, n'ont d'ailleurs été vérifiées que bien après sa disparition. C'est notamment le cas de sa fameuse conjecture : la conjecture de Poincaré, qui ne fut démontrée qu'en 2006 par le Russe Perelman. Enfin, très récemment, dans le dernier numéro de la revue *Physical Review Letters*, un article est publié concernant de nouvelles solutions du problème des trois corps de Poincaré.

J'en viens maintenant au cœur de mon sujet, c'est-à-dire aux travaux scientifiques de Poincaré, dont je donnerai seulement deux exemples, justifiant, de mon point de vue, le qualificatif MODESTE que je lui ai attribué. Le premier exemple concernera le mathématicien et le second le mécanicien-physicien.

## II-L'HOMME DE SCIENCE

Comme évoqué précédemment, la production scientifique de Poincaré qui démarre au début des années 1880 est impressionnante ; je le rappelle : une trentaine d'ouvrages et près de 500 notes, mémoires et articles. Il est vrai que sa rapidité et sa capacité de travail étaient étonnantes. Selon certains de ses proches, il pouvait, en effet, rédiger en quelques jours un mémoire de plusieurs dizaines de pages, rédaction, je cite, « *qu'il effectuait tout d'un trait, se bornant à quelques ratures, sans revenir sur ce qu'il avait écrit* ».

Dans son ouvrage, *La Valeur de la Science*, Poincaré a d'ailleurs donné des renseignements très intéressants sur la manière dont il travaillait, notamment sur le rôle de l'intuition dans son processus de création en mathématiques. C'est ainsi qu'à propos de la genèse de l'une de ses plus belles découvertes dans ce domaine, la découverte des fonctions qu'il a baptisées « fuchsiennes », il écrit :

*« Au moment où je mettais le pied sur le marchepied, l'idée me vint, sans que rien dans mes pensées antérieures parût m'y avoir préparé, que les transformations dont j'avais fait usage pour définir les fonctions fuchsiennes étaient identiques à celles de la Géométrie non euclidienne. Je ne fis pas la vérification, je n'en aurais pas eu le temps puisqu'à peine dans l'omnibus je repris la conversation commencée ; mais j'eus tout de suite une entière certitude. De retour à Caen je vérifiai le résultat à tête reposée pour l'acquit de ma conscience ».*

Quitte à faire digression, je n'ai pu m'empêcher de rapprocher cette citation de celle-ci, tout aussi édifiante, écrite par Marcel Proust, quelques années plus tard, à propos de la révélation de ses dons littéraires :

« Mais, au moment où, me remettant d'aplomb, je posai mon pied sur un pavé qui était un peu moins élevé que le précédent, tout mon découragement s'évanouit devant la même félicité qu'à diverses époques de ma vie [...] Comme au moment où je goûtais la madeleine, toute inquiétude sur l'avenir, tout doute intellectuel étaient dissipés. Ceux qui m'assaillaient tout à l'heure au sujet de la réalité de mes dons littéraires, et même de la réalité de la littérature, se trouvaient levés comme par enchantement. Sans que j'eusse fait aucun raisonnement nouveau, trouvé un argument décisif, les difficultés insolubles tout à l'heure avaient perdu toute importance ».

Comme quoi, si l'intuition n'est pas la chose la plus aisément et le mieux partagée, elle n'en demeure pas moins un facteur important, voire décisif, de la création, quel que soit le domaine.

### **II-1. Poincaré Mathématicien.**

Ce commentaire mis à part, c'est précisément à propos de ses découvertes mathématiques les plus brillantes (c'est-à-dire les fonctions fuchsiennes et les groupes klénéens), découvertes publiées de février à juillet 1881, dans 8 Notes Comptes Rendus à l'Académie des Sciences, que se manifeste, à mes yeux, pour la première fois, la MODESTIE Poincaré. En effet, alors que les résultats développés dans ses Notes sont entièrement originaux, et exclusivement dus à son génie propre, Poincaré va les attribuer à deux mathématiciens allemands : Lazare Fuchs et Félix Klein, qui ne sont pour rien dans les découvertes présentées, en intitulant respectivement ces publications : *Les fonctions « fuchsiennes »* et *Les groupes « kleinéens »*. Bien que, dans ces Notes, Poincaré précise que les qualificatifs « fuchsien et kleinéen », sont employés en vue d'honorer les mathématiciens allemands, Lazare Fuchs et Félix Klein, l'histoire retiendra les noms de Fuchs et de Klein, mais oubliera celui de Poincaré dans l'avènement de ces découvertes.

En s'effaçant, par MODESTIE, au profit de ses confrères, Fuchs et Klein, Poincaré s'est assurément privé d'une notoriété et d'un prestige qui lui revenaient exclusivement. Aujourd'hui, afin de rétablir la vérité historique et scientifique, concernant ces découvertes, certains chercheurs en analyse mathématique ont d'ailleurs rebaptisé les fonctions et les groupes étudiés par Poincaré dans ces Notes, les fonctions et groupes « *poincaréens* ».

Le deuxième exemple, assurément le plus significatif, qui témoigne de la TROP grande Modestie de Poincaré, je l'ai choisi dans ce que je n'hésite pas à appeler : la Saga de la Relativité restreinte.

### **II-2. Poincaré Mécanicien-Physicien.**

Lorsqu'en 2005, on fête le centenaire de la théorie de la Relativité Restreinte, une polémique s'instaure, à propos du véritable auteur de cette théorie. Le physicien mathématicien britannique, Edmund Whittaker, parle

de la théorie de Lorentz-Poincaré, alors qu'à l'opposé, les historiens des sciences font d'Einstein le seul découvreur de cette théorie. Selon Olivier Darrigol, du Laboratoire de Recherches Epistémologiques et Historiques sur les Sciences exactes du CNRS, ces divergences, entre Whittaker d'un côté et les historiens de l'autre, dérivait, pour les uns, de ce qu'ils mettaient en évidence l'appareil formel, le groupe, au sens mathématique de Poincaré-Lorentz, et pour les autres, de la prédominance accordée à la nouvelle cinématique d'Einstein.

Sans entrer, à mon tour, dans la polémique, je vous montrerai, cependant, qu'au regard des sources historiques et chronologiques des travaux de Lorentz, de Poincaré, et d'Einstein, il n'est pas évident d'apprécier, en toute objectivité, à qui doit revenir la paternité de cette découverte. De mon point de vue, outre la concurrence scientifique, pas toujours loyale, entre les différentes écoles ou chapelles de physiciens, il est hélas probable que la MODESTIE de Poincaré, a également joué un rôle, dans l'effacement puis l'oubli de sa contribution majeure à la découverte de cette théorie.

Examinons maintenant les éléments du dossier scientifique. Et voyons tout d'abord l'hypothèse fondamentale originelle sur laquelle s'est construite la théorie de la Relativité, à savoir l'hypothèse, devenue postulat, d'invariance de la vitesse de la lumière dans le vide.

***L'expérience cruciale : le postulat d'invariance de la vitesse de la lumière***

Le postulat d'invariance de la vitesse de la lumière a joué un rôle capital dans le développement de la théorie de la Relativité. Or, comme l'indiquent les éléments bibliographiques, ce postulat, dont les Américains Michelson et Morley sont considérés comme les seuls précurseurs, fut antérieurement fondé par Poincaré et son élève Mascart.

Comme je l'ai précisé dans la 1<sup>ère</sup> partie de ma communication, c'est en 1886 que Poincaré succède à Lippmann à la chaire de Physique Mathématique de la Sorbonne. Pour ses débuts, il professe un cours sur *La théorie Mathématique de la Lumière*, cours qu'il termine au printemps 1888 par un exposé concernant l'aberration astronomique.

L'aberration astronomique, je le rappelle brièvement, est un phénomène qui a été observé en 1725 par James Bradley, professeur d'astronomie à Oxford. Ce phénomène, qui résulte de la composition des vitesses de la lumière et de la Terre, se caractérise par le fait que, pour observer une étoile, la lunette d'observation doit être inclinée, afin de tenir compte du déplacement de la Terre, pendant que la lumière, issue de l'étoile, se dirige vers l'objectif de la lunette. Oui mais quelle valeur donner à cette inclinaison ?

A partir de l'étude de ce problème, qu'il traite de façon théorique sous différents aspects, Poincaré obtient un résultat tout à fait fondamental. Il montre,

en effet, que les lois de l'optique, réflexion, réfraction, phénomènes d'interférences, ne sont pas affectées par le mouvement de la Terre, et par voie de conséquence conclut son analyse en ces termes : « *aucun phénomène optique ne pourra jamais servir aux physiciens à mettre en évidence le mouvement absolu de la Terre à travers l'espace. Les phénomènes optiques ne peuvent mettre en évidence que les mouvements relatifs, par rapport à l'observateur, de la source lumineuse et de la matière pondérale* ». Ce résultat théorique, qui conduit à inférer l'invariance de la *vitesse de la lumière*, c'est-à-dire l'hypothèse physique primordiale sur laquelle sera fondée la théorie de la Relativité restreinte, sera confirmé, expérimentalement, par Eleuthère Mascart, alors que dans le même temps, les Américains Michelson et Morley, s'acharneront à démontrer le contraire. Comme l'avait prévu Poincaré, l'expérience de Michelson et Morley échouera, leur appareil, pourtant si bien construit et si méticuleusement mis au point, refusant de mettre en évidence le moindre mouvement de la Terre à travers l'espace.

De ces différentes études (Poincaré-Mascart d'un côté et Michelson et Morley de l'autre) seule, l'expérience de Michelson et Morley, sera pourtant retenue dans l'histoire de la Relativité, comme l'expérience cruciale, ayant permis de montrer que la vitesse de la lumière est une constante indépendante du mouvement de sa source, alors que l'antériorité de ce résultat revenait à l'équipe française.

Comme l'a par ailleurs noté le physicien Jean-Paul Auffray, le calcul effectué par Poincaré à propos de l'aberration astronomique, était déjà un calcul relativiste, alors que nous sommes dix-sept ans avant la formulation officielle de la théorie de la Relativité restreinte.

Cela dit, quels sont, maintenant, les événements qui vont conduire à la formulation de cette théorie ? C'est ce que je me propose d'exposer ; mais auparavant, je reviendrai sur quelques éléments d'histoire des sciences, permettant de mieux comprendre les conditions de son émergence.

Dans une communication à l'Académie des Sciences, le 28 avril 1822, André Marie Ampère fait part des résultats qu'il vient d'établir sur le magnétisme et les courants électriques. Ces résultats le conduisent à formuler cet énoncé : « *Les forces élémentaires entre éléments de courant ont pour direction la droite, M1M2, menée par les points matériels entre lesquels elles s'exercent* ». La loi que vient de découvrir Ampère intervient donc entre des points et s'exerce le long de la droite menée entre ces points : en un mot, Ampère propose ce que ses contemporains ont appelé une « loi de point ».

Convaincus que l'action mutuelle entre éléments de courant, chère à Ampère, n'est pas la même lorsque ces éléments sont en mouvement relatifs les uns par rapport aux autres, Weber, Riemann et Gauss, (tous de très grands scientifiques allemands du XIX<sup>e</sup> siècle) vont chercher à résoudre le problème

fondamental de la physique mathématique à cette époque, à savoir : exprimer la transmission de la force électrique entre corps en mouvement.

Pendant que Weber, Riemann et Gauss s'attaquent à ce problème sur les bases de la loi de point d'Ampère, Maxwell développe une nouvelle théorie de l'électromagnétisme. Sans rejeter absolument la loi de point, cette théorie se fonde sur le concept de « champ », proposé par Faraday, c'est-à-dire de modification des propriétés de l'espace par les charges électriques. Deux conceptions concurrentes, concernant les phénomènes électromagnétiques, s'affrontent donc à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle :

- 1 - l'idée de corpuscules électrisés en interaction, chère aux théoriciens depuis Ampère, et
- 2 - l'idée de champ électromagnétique, chère à Maxwell.

C'est dans ce contexte que démarrent, en 1892, sous l'impulsion de Lorentz, les recherches qui vont progressivement conduire à la Relativité restreinte.

De nationalité néerlandaise, Lorentz est un personnage étonnant. Il est doté d'un esprit vif, comme Poincaré, il est doué d'une grande mémoire et parle couramment plusieurs langues. Très grand scientifique, c'est assurément l'un des plus remarquables disciples de Maxwell et, à ce titre, il se donne pour mission principale de réconcilier les deux conceptions concurrentes des phénomènes électriques : le point de vue de Maxwell — théorie des champs — avec celui des Weber, Riemann et Gauss — corpuscules électrisés en mouvement. Dans cette perspective, il part de la théorie de Maxwell, mais il y introduit une nouveauté. Il considère notamment que le champ électromagnétique, décrit par les équations de Maxwell, est engendré dans l'espace par les corpuscules électriquement chargés. De cette façon il se relie à la théorie corpusculaire. Il baptise ces corpuscules électrons, nom qui est resté depuis lors en physique.

En 1892, il présente son premier grand mémoire intitulé : *La théorie électromagnétique de Maxwell et son application aux corps en mouvement*. Suite à des considérations d'ordres physiques et théoriques, que je n'évoque pas, il introduit, dans son étude, une hypothèse qui va être très sévèrement critiquée par Poincaré : la contraction des longueurs — selon cette hypothèse tous les corps subiraient, dans le sens du mouvement de la Terre, un raccourcissement de leur longueur.

En 1899, Poincaré enseigne la théorie de Lorentz à la Sorbonne. A la fin de son cours il fait part à ses étudiants des réserves que lui inspire ce travail, qui ne repose pas sur une argumentation théorique satisfaisante, et se fonde sur un ensemble d'hypothèses ad-hoc qu'il qualifie de « *coup de pouce* ».

Le 11 décembre 1900, les *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* publient un recueil, de plus de 600 pages, contenant les travaux offerts par les auteurs de ce recueil, à Lorentz, à l'occasion du vingt-cinquième anniversaire

de son doctorat. Un article domine le lot, l'article de Poincaré, dans lequel celui-ci démontre le caractère irréaliste et sans fondements rigoureux de la théorie de Lorentz.

Dans une lettre qu'il adresse à Poincaré, quelques semaines plus tard, très précisément le 20 janvier 1901, pour le remercier de sa contribution au vingt-cinquième anniversaire de son doctorat, *Lorentz reconnaît la force des remarques de Poincaré, s'excuse du peu de réalisme de ses nouvelles conceptions et s'engage à corriger sa théorie*.

Dans le même temps Poincaré s'intéresse aux échanges de signaux utilisés pour la synchronisation des horloges, donc à la mesure du temps. Les résultats qu'il a précédemment obtenus concernant le caractère RELATIF de toute observation des phénomènes optiques, notamment l'invariance de la vitesse de la lumière issue de ses travaux sur l'aberration et confortée par l'échec de l'expérience de Michelson et Morley, vont le conduire à énoncer les lois d'une nouvelle mécanique, dont il publiera les caractéristiques essentielles dans son ouvrage : *La science et l'hypothèse*, et qui se conclut par : « *l'espace absolu, le temps absolu, la géométrie elle-même, ne sont pas des conditions qui s'imposent à la mécanique* »... Poincaré remet ainsi en question la pertinence des concepts d'éther et surtout d'absolu, chers aux physiciens de l'époque, qui s'obstinaient à vouloir mettre en évidence le mouvement absolu de la Terre.

En 1904, Lorentz a repris sa théorie et en publie les résultats dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences d'Amsterdam. Au mois de septembre de la même année, il est invité à Paris où il prononce une conférence. Poincaré est absent. En mission aux USA, il représente la France au Congrès International des Savants. A cette occasion, il fait une conférence remarquée, conférence au cours de laquelle, reprenant l'énoncé des lois de sa nouvelle mécanique, (que je viens d'évoquer), il dresse une grande fresque sur *L'état actuel et l'avenir de la physique mathématique*. Après avoir débuté son exposé en s'interrogeant — « *Sommes-nous à la veille d'une seconde crise de la physique mathématique ? Les principes sur lesquels nous avons tout bâti vont-ils s'écrouler ?* » — il examine tous les principes de la physique et conclut, en introduisant un nouveau principe, un principe qui lui est cher, son sujet de prédilection : le PRINCIPE DE RELATIVITE, qu'il appellera POSTULAT DE RELATIVITE, et qu'il énonce : « *Les lois des phénomènes physiques doivent être les mêmes, soit pour un observateur fixe, soit pour un observateur entraîné dans un mouvement de translation uniforme, de sorte que nous n'avons et ne pouvons avoir aucun moyen de discerner si nous sommes, oui ou non, emportés dans un pareil mouvement* ». Ce postulat généralisant ainsi le Principe de relativité de la Mécanique dû à Galilée.

De retour à Paris, Poincaré adresse une lettre à Lorentz, dans laquelle, après avoir regretté de n'avoir pu entendre sa conférence et causer avec lui, il déclare : « *Depuis quelque temps j'ai étudié plus en détail votre mémoire*

*dont l'importance est extrême ....je suis d'accord sur tous les points essentiels ; cependant il y a quelques divergences de détails...*» Ces divergences (qui ne sont pas simplement de détail mais fondamentales) Poincaré va les exprimer dans une Note Compte Rendu à l'Académie des Sciences le 5 juin 1905, Note intitulée : « Sur la dynamique de l'électron ». Dans cette Note, tous les résultats théoriques sont exposés, mais, comme beaucoup d'entre nous le savent ici, une Note aux Comptes Rendus doit être brève. Elle permet exclusivement de prendre date, d'assurer l'antériorité des résultats d'une découverte, l'étude détaillée complète devant faire l'objet d'une publication dans une revue spécialisée. C'est malheureusement dans cette étape de communication et de publication de ses découvertes majeures, que Poincaré va se montrer encore une fois TROP MODESTE et ensuite trop bon ou mal inspiré.

En effet, alors que dans la Note aux Comptes Rendus, il vient d'établir de façon théorique incontestable, et pour la première fois, les équations qui traduisent la transformation fondamentale de la Relativité restreinte, il sera à nouveau TROP MODESTE pour prendre cette découverte à son compte ; et puisque ce sont les travaux de Lorentz qui lui ont inspiré sa propre théorie, c'est donc à lui qu'il va l'attribuer, en déclarant, dans le Compte rendu à l'Académie : « *Le point essentiel, établi par Lorentz, c'est que les équations du champ électromagnétique ne sont pas altérées par une certaine transformation que j'appellerai du nom de Lorentz* ».

Et ce n'est pas tout, car après avoir été trop MODESTE, Poincaré va ensuite se montrer trop bon ou mal inspiré, dans le choix de la revue destinée à la publication du mémoire de 45 pages contenant tous ses calculs. En effet, alors qu'il avait largement le choix, en tant que membre de dix-huit grandes académies, pour publier ses résultats dans une revue prestigieuse, c'est malheureusement dans le *Circolo matematico di Palermo*, revue de second rang, fondée par son ami le mathématicien italien Guccia, qu'il va les publier. *Ce choix est évidemment désastreux, car, outre l'audience internationale faible du Circolo, le mémoire, enregistré par l'éditeur le 23 juillet 1905, ne sera publié et diffusé qu'en 1906.* Autant dire qu'il sera littéralement enterré, et ne sera lu par aucun des grands physiciens qui auraient trouvé intérêt. Or, dans ce mémoire, Poincaré présente, non seulement les calculs détaillés conduisant à la transformation fondamentale de la Relativité restreinte (les équations auxquelles il a donné le nom de Lorentz) mais aussi plusieurs résultats originaux, qui vont être portés au crédit d'autres chercheurs, notamment d'Einstein et de Minkowski, alors que l'antériorité en revient à Poincaré.

Parmi les résultats exposés dans ce mémoire on note :

*1 - La loi bien connue, et exclusivement attribuée à Einstein, selon laquelle l'inertie contient de l'énergie soit : soit :  $E=mc^2$*

2 - *Le formalisme d'espace-temps quadridimensionnel, base mathématique de tous les développements relativistes futurs, notamment de la Relativité Générale, et qui sera porté au crédit exclusif de Minkowski,*

3-*Comme précédemment évoqués :*

- *Le détail des calculs conduisant aux transformations fondamentales de la Relativité restreinte (les équations que Poincaré a attribuées à Lorentz) mais aussi,*

- *Le Postulat de Relativité, et enfin*

4 - *La généralisation de la loi gravitationnelle de Newton, avec, pour la première fois, l'évocation des ondes gravitationnelles, qui demeurent l'un des problèmes fondamentaux de l'astrophysique actuelle.*

Il faut également savoir que c'est cet aspect du problème de la gravitation, tel qu'il fut posé par Poincaré dès 1905, que reprendra Einstein en 1907, et qui le conduira à la théorie de la Relativité générale.

### **II - 3. Et puis vinrent Einstein et Minkowski !**

Saura-t-on un jour, si Einstein, lorsqu'il se lance dans la rédaction de son article «*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*», dont le texte arrive le 30 juin 1905 à la revue *Annalen der Physik*, avait eu connaissance du CRAS publié par Poincaré, je vous le rappelle, le 5 juin 1905, et avait pu s'en inspirer pour la rédaction de son propre article? Difficile de se faire une opinion, dans la mesure où Einstein ne donne aucune référence bibliographique (*pour cette raison d'ailleurs, tout journal scientifique refuserait de publier son article aujourd'hui*). En outre, les avis des biographes sont, sur ce point, partagés. Quant à l'intéressé, à qui la question fut naturellement maintes fois posée, sa réponse est non ! Selon ses déclarations, à l'époque, il ne connaissait ni les travaux de Lorentz ni ceux de Poincaré, ce qui peut paraître étonnant, puisque depuis 1904, il était chargé, par la revue *Annalen der Physik*, de fournir, régulièrement, des comptes rendus d'articles scientifiques parus dans diverses revues de pays étrangers dont : l'Allemagne, la Grande-Bretagne, l'Italie et la France (Einstein connaît bien le français) et, parmi les journaux français les CRAS. Donc ? Mystère !!

Sa vie durant, Einstein se proclamera le seul créateur de la Relativité restreinte. Il n'évoquera jamais le nom de Poincaré et ce n'est que deux mois avant sa mort qu'il lui rendra un timide hommage. De l'avis de nombreux physiciens, la notoriété d'Einstein a largement bénéficié de la MODESTIE de Poincaré.

Et la même remarque peut être faite concernant les travaux de Minkowski sur le formalisme d'espace-temps. Dans l'exposé qu'il fait à Göttingen en 1907, puis dans sa célèbre conférence de 1908, ce dernier décrit

en effet une transformation de Lorentz comme étant « *une rotation dans un espace à quatre dimensions* », s'appropriant ainsi une partie des travaux de Poincaré, qui avait été le premier à formaliser ce concept dans son étude des formes quadratiques. Et aujourd'hui, on parle de l'espace-temps de Minkowski en oubliant complètement ce que cette découverte doit à Poincaré.

Dans la conférence qu'il fit le 6 novembre 2012 à l'Académie des Sciences à Paris, Thibault Damour (Membre de l'Institut de France, professeur de Physique théorique à l'IHES, spécialiste de la Relativité, à qui je dois les informations suivantes), évoque enfin un ensemble d'éléments qui sont à l'origine de l'oubli des travaux de Poincaré dans la découverte de la théorie de la Relativité restreinte. D'abord :

*Une très large et exclusive médiatisation d'Einstein par la Presse britannique, notamment du Times en 1929,*

*Ensuite la responsabilité personnelle de Poincaré, pour les raisons que je viens d'exposer, à savoir :*

*Sa Modestie : il attribue tout à Lorentz, y compris le Postulat de Relativité et minimise ses contributions « j'ai été seulement conduit à modifier les résultats dans quelques points de détail... »*

*Une communication de ses résultats désastreuse. Même pour l'époque, sa stratégie de publication est trop confidentielle (sa nota aux CRAS est trop cryptique, et les développements essentiels de ses travaux sont publiés dans des documents et contextes trop confidentiels : le fameux Circolo matematico di Palermo.)*

Et enfin à d'autres facteurs, qui n'ont malheureusement rien de scientifique :

- 1 - La discrétion choquante, de certains acteurs : Langevin qui dans son cours au Collège de France en 1910-1911 parle de Lorentz, Einstein, Minkowski, sans citer Poincaré,*
- 2 - Minkowski, qui a étudié les travaux de Poincaré et ne le cite pas dans sa célèbre conférence de 1908,*
- 3 - La rédaction des Annales de l'ENS, qui publie une traduction de la conférence de Minkowski, sans un commentaire sur les travaux antérieurs de Poincaré,*
- 4 - L'éditeur d'un ouvrage à grande diffusion, consacré au Principe de Relativité, qui ne mentionne pas Poincaré. Et enfin :*
- 5 - Le contexte des relations politiques et scientifiques entre la France et l'Allemagne à cette époque ; voir par exemple la déclaration d'Arnold Hur Witz, membre influent au sein de la communauté scientifique allemande :*

« *Je crains que les jeunes talents français soient plus intensifs que les nôtres, de sorte que nous devons maîtriser tous leurs résultats pour les surpasser* ».

Sans oublier le double refus (fondé sur des arguments contradictoires et contestables) du Comité Nobel, pour l'attribution du Prix à Poincaré. En effet, en 1910, le Comité Nobel motive sa décision en déclarant : « *que les brillantes contributions de Poincaré ne constituent pas des découvertes ou inventions dans le domaine particulier de la physique* », alors qu'en 1912, en proposant d'attribuer ce Prix à Lorentz, W. Wien lauréat 1911 déclarera : « *que le Principe de Relativité doit être considéré comme l'un des accomplissements les plus significatifs jamais réalisé en physique* ». Comprenez donc qui pourra ??

Mais, heureusement, il y eut Lorentz ! Lorsqu'en 1921, il rendra hommage à Poincaré, dans la Revue *Acta Mathematica*, Lorentz sera en effet le premier à amorcer la réhabilitation de notre savant et à souligner le rôle décisif qu'il avait joué dans la découverte et l'élaboration de la théorie de la Relativité. Dans cet hommage, Lorentz déclarera en effet sans ambiguïté :

- **Concernant la transformation fondamentale de la Relativité restreinte :** « *Je n'ai pas indiqué la transformation qui convient le mieux. Cela a été fait par Poincaré et ensuite par Mr. Einstein et Minkowski* ».
- **Concernant le principe de relativité :** « *Je n'ai pas établi le Principe de relativité comme rigoureusement et universellement vrai. Poincaré au contraire a obtenu une invariance parfaite et a formulé le Postulat de relativité, terme qu'il a été le premier à employer* ». Et enfin :
- **Concernant le concept d'espace-temps :** « *Je rappelle ces idées de Poincaré sur  $(x, y, z, it)$  parce qu'elles se rapprochent des méthodes dont Minkowski et d'autres savants se sont servis plus tard* ».



**Henri Poincaré**

Quant à Poincaré, il est clair qu'il ne pouvait pas, ne pas avoir conscience de la haute valeur de ses travaux. Cependant, comme le rappelle Darboux, dans son Eloge à l'Académie des Sciences : « *là où d'autres auraient réclamé des récompenses lui ne demandait rien, simple et bon il sera resté toute sa courte vie fidèle à ses convictions* », qu'en l'occurrence je pourrai résumer en paraphrasant Poincaré lui-même :

« *La recherche de la vérité doit être le but de notre activité ; c'est la seule fin qui soit digne d'elle* ».

«Que peut être la satisfaction de donner son nom à une découverte, auprès de la joie d'avoir contempné la vérité face à face».

### **Fragments de Bibliographie.**

M. Gaston Darboux. *Eloge Historique d'Henri Poincaré*. Institut de France Académie des sciences, 15 décembre 1913.

C.N.R.S. *Dossier Henri Poincaré*, 2012.

Olivier Darrigol. *Lettre de l'Académie des sciences* n°14, 2004.

Jean Eisenstaed. *Avant Einstein. Relativité, Lumière, Gravitation*. Science Ouverte, Seuil, 2005.

Jean Hladik. *Comment le jeune et ambitieux Einstein s'est approprié la Relativité restreinte de Poincaré*. Ellipse, 2004.

Jean-Paul Auffray. *Einstein et Poincaré. Sur les traces de la relativité*. Le Pommier, 1999.

Jean-Claude Boudenot. *Histoire de la Physique et des Physiciens*. Ellipse, 2001.

Henri Poincaré. *La valeur de la science. Science de la nature*. Flammarion, 1970.

Henri Poincaré. *La science et l'hypothèse. Science de la nature*. Flammarion, 1968.

Thibault Damour/ *Poincaré et la Théorie de la Relativité*. Académie des sciences. Novembre 2012.

H. Poincaré. «Sur la dynamique de l'électron». C.R.A.S. 05-1905.

H. Poincaré. «Sur la dynamique de l'électron». Rend. Circ. Matm. Palermo, tomo XXI, 1906.

H. Poincaré. «Les formes d'équilibre d'une masse fluide en rotation». *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 15-12-1892.

A ; Einstein. «On the Electrodynamics of Moving Bodies». Trad. anglaise de l'article publié dans *Annalen der physik.*, 09-1905.

### **Discussion**

Dans la discussion qui a suivi, sont intervenus MM. Louis ALBERTINI, Alain BOUDET, Jean-Baptiste HIRIART-URRUTY.

## UN FAIT DE SOCIÉTÉ : « LES POISSONS DOCTEURS »

Par M. Philippe DORCHIES

Depuis quelques années, des pratiques nouvelles sont proposées dans certains cabinets d'esthétique, il s'agit du « *Fish Spa*<sup>1</sup> », du « *Fish massage* », du « *Fish pédicure* » ou des « *Poissons docteurs* ». Ces soins de bien-être ou à visée pseudo-thérapeutique consistent à immerger les pieds, ou les mains, voire le corps entier dans des bassins où des poissons de l'espèce *Garra rufa* viennent gommer la peau et donnent une impression de bien-être.

La multiplication des offres pose un certain nombre de problèmes qui touchent à l'hygiène humaine et aussi au bien-être animal. Le *Garra rufa* étant une espèce non domestique, sa détention et son utilisation à des fins commerciales posent un certain nombre de problèmes pour lesquels la législation a prévu des dispositions particulières. Ces dernières années, l'appui de la Direction Générale de la Santé (DGS) a d'ailleurs été sollicité par plusieurs agences régionales de santé (ARS) consultées pour avis sanitaire par les Directions départementales de la protection des populations (DDPP) lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation de centres de « *fish pédicure* ». Ces derniers, n'étant ni des structures de soins, ni des piscines, ne relèvent actuellement d'aucune réglementation sanitaire spécifique.

La DGS s'est interrogée sur les éventuels risques sanitaires que ces pratiques pourraient faire courir aux usagers et liés :

- soit à la qualité et à l'hygiène de l'eau qui, lors d'un usage collectif, présente des possibilités de transmission interhumaine d'agents pathogènes. Pour les maîtriser, la réglementation en vigueur pour les piscines publiques fixe des exigences relatives à la qualité ainsi qu'à la filtration de l'eau qui doit impérativement être désinfectée et désinfectante<sup>2</sup>. Or, l'utilisation de produits et/ou procédés de traitement de désinfection de l'eau autorisés est généralement incompatible avec la vie des poissons.

---

<sup>1</sup> 55 600 000 citations par Goggle

<sup>2</sup> Une eau est dite désinfectée lorsqu'elle a subi un processus de désinfection aboutissant à une réduction du nombre de micro-organismes jugés indésirables selon un objectif et des moyens fixés. Une eau est dite désinfectante lorsque qu'elle contient un désinfectant à une dose susceptible d'exercer une action désinfectante envers des micro-organismes qui y sont introduits. Une eau de piscine publique doit être désinfectée et désinfectante.

- soit aux poissons qui sont parfois porteurs de micro-organismes susceptibles d'être pathogènes pour l'homme.

La DGS a demandé à l'Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) une évaluation des risques sanitaires, en raison des possibles transmissions de zoonoses et de maladies humaines par le biais de l'eau ou des poissons. Le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) a été aussi sollicité, sur la base de l'avis de la Société française de dermatologie (SFD) et de l'ANSES, pour déterminer si la pratique du «*fish pédicure*» comportait des risques et, le cas échéant, les mesures de gestion à prendre pour la protection du public et son information.

L'objectif de cette communication est de montrer que ces pratiques sont développées sur de fausses allégations thérapeutiques et se font au détriment de la législation de la protection animale. L'utilisation non médicalement contrôlée de ces installations peut être à l'origine d'infection des clients, par ailleurs, la notion de bien-être animal n'est pas suffisamment prise en compte.

### **1 - Le Fish Spa**

Il existerait en France plus de 300 établissements dont l'ouverture est, en principe, réglementée par le Code de l'environnement relatif aux établissements détenant des espèces animales non domestiques. Parmi eux, rares sont ceux qui sont en règle et déclarés. L'autorisation d'ouverture et d'exploitation est conditionnée à la présence dans l'établissement d'un titulaire du certificat de capacité pour l'élevage d'animaux d'espèces non domestiques autres que celles de gibiers dont la chasse est autorisée (Circulaire DNP/CFF N° 2008-03 du 11 avril 2008). Ces capacitaires ne sont pas toujours présents dans les établissements en exploitation : leur rôle est d'entretenir les poissons dans les meilleures conditions de vie, d'alimentation, d'environnement.

La pratique aurait été lancée en Turquie dans les années 1900. Le «*Kangal Spa*» recevrait plus de 1000 patients par jour, beaucoup d'entre eux venant pour le traitement du psoriasis, allégation thérapeutique qui n'a pas été scientifiquement démontrée.

Dans de nombreux pays, cette pratique s'est répandue mais avec souvent des interdictions relatives soit aux risques sanitaires soit souvent à cause d'une interdiction d'utilisation d'animaux vivants dans des établissements ouverts au public. C'est le cas des Etats Unis où la pratique est interdite dans 18 Etats et au Canada où l'Ontario, la Colombie britannique, l'Alberta et le Manitoba l'ont bannie. La raison d'hygiène invoquée est l'emploi de poissons comme «*instruments*» pour des pédicuries mais ces «*instruments*» ne peuvent être lavés et stérilisés entre chaque client.

En Europe, plusieurs pays voient s'ouvrir ces établissements avec parfois des accroches publicitaires variées : soins cutanés, bien-être, relaxation, anniversaires, etc... En Allemagne et aux Pays-Bas, deux types d'établissements coexistent : ceux dédiés à l'esthétique (pédicure et manucure) et ceux utilisant les poissons à des fins médicales pour le traitement d'affections cutanées comme le psoriasis. Aux Pays-Bas, ces soins seraient remboursés à 65% par la sécurité sociale.

#### **a. Organisation d'un Fish spa**

En France, jusqu'à présent, semble-t-il, seuls les traitements des pieds sont proposés aux utilisateurs. Le matériel de filtration de l'eau est directement dérivé de ce qui est utilisé en aquariophilie. Le bac dans lequel les clients viennent tremper les pieds est un simple aquarium. L'habillage pour les cabinets d'esthétique est fourni par quelques établissements spécialisés comme « Aquarium Services France » qui a d'ailleurs édité une plaquette de 40 pages très documentée disponible sur Internet : « *Règles de bonnes pratiques de sécurité dans les établissements de Fish Spa, Etude des risques potentiels et des mesures sanitaires préventives et curatives* ».

La base est un aquarium avec plusieurs compartiments dédiés au traitement de l'eau auquel est adjoind un siège pour le client. Les aquariums mesurent habituellement 90 cm de longueur sur 60 de largeur et 45 de hauteur. Ils sont en verre de 8 mm d'épaisseur. Le volume minimum est de 243 litres et l'aquarium est divisé en deux parties distinctes et indépendantes : la zone de vie des poissons d'un volume minimum de 162 litres où les clients viennent se baigner les pieds et la zone technique de purification de l'eau. Dans cette dernière, différents filtres (mécanique, chimique, biologique) assurent l'épuration complétée par un passage sous une lampe UV qui est censée avoir une action germicide. La température de l'eau est de 28/30°C. Le « Hand spa » est basé sur le même principe.

Chaque « *Garra rufa* Foot spa », qui contient une centaine de poissons chacun, est utilisé jusqu'à dix fois au maximum dans une journée, chaque « soin » étant d'une durée de 30 minutes. Entre chaque utilisation, les poissons « bénéficient » d'une période de repos de 15 minutes.

Il est impossible d'effectuer une vidange et une désinfection des installations entre chaque utilisateur car cela perturberait l'équilibre de l'aquarium et provoquerait un stress important pour les animaux. Il n'y a donc pas de traitement de l'eau au chlore !

Il semble que les fournisseurs de *Garra rufa* assurent l'entretien en changeant les filtres une fois par semaine et les deux tiers de l'eau des bacs toutes les trois semaines (communication personnelle d'un commerçant toulousain en aquariophilie).

## **b. Les poissons de Fish Spa : *Garra rufa***

### **i. Biologie**

*Garra rufa* est le plus petit représentant de la famille des cyprinidés qui se nourrit naturellement de détritiques et d'algues : c'est un poisson nettoyeur. La mise au point la plus récente et la plus fiable concernant sa biologie figure dans un document publié en 2011 par le Département des Pêches et Océans du Canada : Peter L. JARVIS : Biological Synopsis of *Garra rufa*<sup>3</sup>.

*Garra rufa* est un poisson d'eau douce benthophage, non migrateur, endémique au Moyen Orient. Il mesure de quelques centimètres à parfois 13 cm et plus. Dans les établissements de Fish Spa, les exemplaires utilisés ont une taille de 3 à 4 cm. De couleur très variable, *G. ruffa* est habituellement brun olivâtre à vert foncé et quelques taches noires, plus clair sur la face ventrale. De forme allongée et cylindrique, il est de section ronde. La ligne latérale est complète et les écailles sont cycloïdes de taille moyenne (de 29 à 36 écailles latérales). Les rayons des nageoires sont au nombre de 8 pour la nageoire dorsale, 12-14 pour les nageoires pectorales, 7-8 pour les nageoires pelviennes, 5 pour la nageoire anale et 17 pour la nageoire caudale.

La bouche, orientée vers le bas, est très caractéristique du fait du développement d'un disque adhésif au niveau du menton, cernée par un pli en croissant, deux barbillons encadrent la bouche de chaque côté.

*Garra rufa* est le plus important poisson « brouteur » de fond dans les rivières des bassins de l'Oronte (Al Asi) du Quwayq, du Tigre et de l'Euphrate : soit entre le 29<sup>ème</sup> et le 40<sup>ème</sup> ° N. Il supporte des températures de -10° (dans sa limite septentrionale) à +36°C (dans sa limite méridionale).

Ce poisson ovipare se reproduit au printemps. Sa reproduction est facile en captivité.

Aucun renseignement n'est disponible sur l'incidence du régime alimentaire à base de kératine sur ce poisson herbivore utilisé dans les Fish Spa.

### **ii. Origine et circuits d'élevage**

Il est très difficile de statuer précisément sur l'origine des poissons présents dans les établissements proposant les bains de pieds. Aucun renseignement précis n'est disponible et les informations sont d'ailleurs souvent contradictoires.

Les *Garra rufa* utilisés en France pourraient provenir de trois sources :

- Importation directe de poissons d'élevage provenant d'Asie du

---

<sup>3</sup> Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2946. Disponible sur Internet. Science Branch, Centre of Expertise for Aquatic Risk Assessment Central and Arctic Region. Fisheries and Oceans Canada, 867 Lakeshore Rd., P.O. Box 5050, Burlington, ON L7R 4A6.

Sud-Est, principalement Singapour. En fait, l'importation serait de plus en plus indirecte avec un passage très bref de dédouanement, sans quarantaine sanitaire, en Hollande,

- Importation depuis des élevages situés en Europe Centrale, vraisemblablement en Tchéquie.
- Elevages en France par des établissements spécialisés. Un établissement semble à même de fournir ces poissons à ses clients qui acquièrent le matériel de Fish Spa. Certains font état de l'élevage sur leur site commercial mais il paraît bien surprenant que ces cabinets d'esthétique aient la possibilité de mener à bien cette activité même lorsqu'un capacitaine fait partie du personnel<sup>4</sup>.

Par ailleurs, il semble exclu, sans preuves formelles, que des poissons capturés vivants dans leur milieu naturel soient disponibles sur le marché.

La connaissance de la provenance des poissons destinés au Fish Spa est importante car selon l'origine, les agents pathogènes véhiculés et leur sensibilité aux médicaments, peuvent être différents.

## **2 - Les risques sanitaires présentés par ces pratiques**

S'il n'est pas interdit de se faire plaisir et de rechercher le bien-être, il faut cependant être attentif à certains dangers et risques auxquels sont exposés les clients mais aussi le personnel des établissements qui proposent ces soins. Ils sont de deux origines : agents pathogènes véhiculés par les poissons et agents pathogènes véhiculés par les hommes. Le nettoyage des bassins ne pouvant se faire très régulièrement, un biofilm important se constitue et sera la source de la dissémination. La température de l'eau est un facteur de risque non négligeable.

### ***a. Dangers<sup>5</sup> parasitaires, bactériens et viraux d'origine pisciaire***

#### ***i. Parasites***

*Garra rufa* est, comme beaucoup de poissons d'eau douce, un hôte potentiel de parasites variés. Peu d'études concernent les *Garra ruffa*.

Des parasites externes ont été observés : larves de monogènes (*Dactylogyrus acinacus* et *D. rectotrabus*), de trématodes digènes (*Pseudochetosoma salmonicola*) ainsi que de crustacés parasites (*Pseudolamproglena annulata*).

---

<sup>4</sup> Personnel titulaire du « Certificat de Capacité » à détenir de la faune sauvage attribué sur dossier par les administrations départementales.

<sup>5</sup> Un danger se définit comme étant tout agent chimique, physique ou biologique (virus, bactérie, parasite, etc.) potentiellement néfaste pour la santé et le bien-être des animaux ou de l'homme, ou tout événement qui perturbe la lutte contre un agent pathogène ou une maladie.

En ce qui concerne les parasites internes, on peut extrapoler des observations faites sur des poissons exotiques en Australie (Evans et col 2001). Des trématodes adultes : *Camallanus cotti*, *Centrocestus formosanus*, *Bothriocephalus acheilognathi*, *Uroleidoides reticulatus*, *Pseudochetosoma salmonicola* (ce dernier dans la vessie gazeuse) ainsi que des larves de nématodes (*Cucullanus sp.* : larves enkystées sur le péricarde et dans le myocarde). Des protozoaires : *Hexamita*, *Cryptobia*, *Chloromyxum* et *Trypanosoma garrae* ont aussi été isolés.

Les parasites externes sont spécifiques des poissons et ne peuvent contaminer l'homme. Les parasites internes ne peuvent, pour la plupart, n'être contractés que par consommation de la chair des poissons crue ou mal cuite. Ces dangers sont écartés.

Des protozoaires, *Giardia* et *Cryptosporidium* auraient aussi été identifiés. Leur rôle pathogène potentiel est aussi limité car l'eau des bains n'est pas ingérée.

## **ii. Bactéries**

Un certain nombre de bactéries ont été isolées dans l'eau des bassins<sup>6</sup>. Il s'agit d'*Erysipelothrix rhusiopathiae* et *Streptococcus iniae* qui sont habituellement associés à la manipulation de poissons hors de l'eau mais les cas d'infection humaine sont rares même chez des professionnels.

Des espèces appartenant au genre *Aeromonas* pourraient aussi infecter l'homme mais les cas décrits sont très rares.

En Grande Bretagne, *Streptococcus agalactiae* (Streptocoque du groupe B) a été identifié mais son importance est vraisemblablement limitée car ce germe serait surtout rencontré chez les nouveaux nés ou lors d'infection puerpérale.

*Mycobacterium marinum* est souvent présent dans les eaux et les aquariums. La plupart des cas humains observés sont consécutifs à des baignades dans des piscines privées où l'eau n'a pas toujours les qualités désinfectantes des eaux de piscines publiques. *Vibrio cholerae* non-01 (non toxigène) a aussi été identifié. De nombreux cas sont constatés en Asie du Sud-Est sur le personnel des entreprises d'élevage de poissons exotiques.

Trois prélèvements ont été réalisés par le Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris et ont permis de comparer les charges bactériennes de l'eau d'alimentation (eau potable de la ville) et l'eau des bassins de fish pédicure. Les résultats portés dans le tableau I sont éloquentes : le nombre total de bactéries est multiplié par 170 à 250 suivant les bacs mais surtout une flore bactérienne potentiellement pathogène est apparue. Les champignons n'ont pas été recherchés à cause de modalités d'isolement particulières.

---

<sup>6</sup> Health Protection Agency, Scotland : *Guidance on the Management of the Public Health Risks from Fish Pedicures*. V1, 31 août 2011.

Tableau I : Résultats d'analyse microbiologiques d'eau de bassins.

Paramètres microbiologiques	Eau d'alimentation 13°C	Eau du Bac 1 30°C	Eau du Bac 2 30°C
Micro-organisme revivifiables à 36°C en UFC/mL <sup>7</sup>	1	170	250
Micro-organisme revivifiables à 22°C en UFC/mL <sup>7</sup>	Non détectés	160	100
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> en UFC/100mL	Absence	100	300
<i>Escherichia coli</i> en UFC/100mL	<1	<1	<1
Bactéries coliformes en UFC/100mL	<1	<1	<1
Staphylocoques pathogènes en UFC/100mL	<1	40*	<1

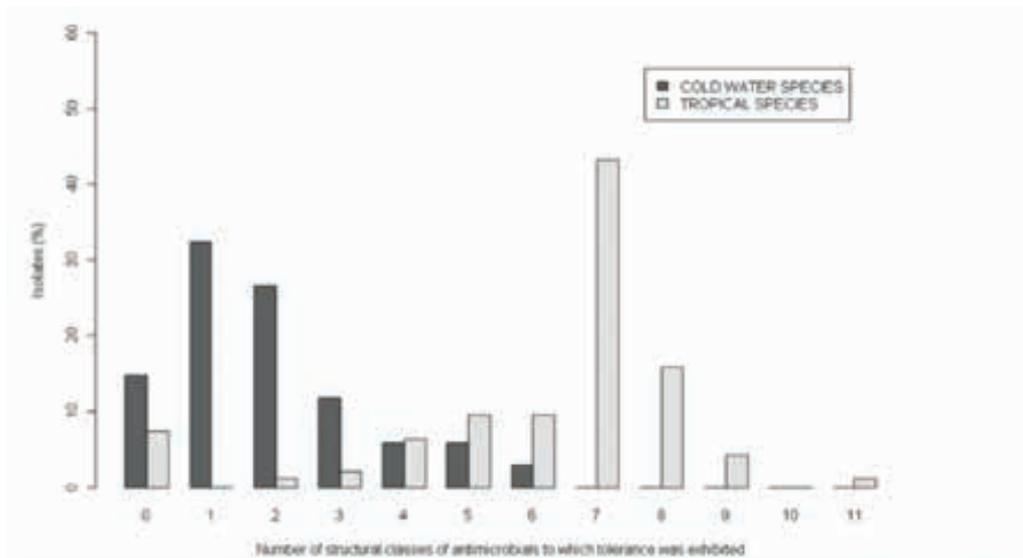
\* = soit 800 colonies

*Legionella pneumophila* est incriminée dans les infections humaines consécutives à l'inhalation d'aérosols contaminés. Cette bactérie survit en particulier dans les biofilms mais le mode de contamination limite l'incidence potentielle dans les fish pédicure.

Le danger le plus important proviendrait des souches bactériennes résistantes importées avec les poissons ou leur eau de transport. En effet, en Extrême Orient, les élevages quasi industriels de poissons d'ornement utilisent des quantités très importantes d'antibiotiques et des résistances ont été

<sup>7</sup> UFC = Unité Formant une Colonie). Chaque unité cellulaire (une cellule, un groupe de cellules ou un fragment de filament mycélien) va donner une colonie en culture in vitro.

constatées. Une publication récente démontre que les poissons d'ornement et leur eau de transport sont des réservoirs de bactéries multi-résistantes ainsi que de gènes de résistance aux antibiotiques<sup>8</sup>. La figure 1 reprise de la publication rassemble les proportions d'isolats révélant une tolérance à onze classes différentes d'antibiotiques : Aminoglycosides, Céphalosporines de seconde, troisième et quatrième génération, beta-lactamines (carbapénems), inhibiteurs des folates, nitrofuranes, phénicolis, quinolones, fluoroquinolones et tétracyclines. Tous les isolats avaient aussi une résistance à la pénicilline ainsi qu'aux céphalosporines de première génération.



**Figure 1. Proportions (%) of isolates recovered from warm water and coldwater species showing tolerance to numbers of different structural classes of antimicrobial.** Resistance was seen to representatives of the following eleven structural classes: aminoglycosides, second, third and fourth generation cephalosporins, carbapenems, folate pathway inhibitors, nitrofurans, phenicols, quinolones, fluoroquinolones and tetracyclines. Note, all isolates also displayed expected wild type resistance to penicillins/first generation cephalosporins (not included in figure). doi:10.1371/journal.pone.0068388.g001

### iii. Virus

Aucune maladie virale n'a été décrite chez *Garra Rufa* mais peu sinon aucune étude n'a été faite.

### b. Dangers parasitaires, bactériens et viraux d'origine humaine introduits par les usagers

#### i. Parasites

Ce sont surtout les agents de mycoses des pieds qui présentent un réel danger. En effet certains *Trichophyton* provoquent un épaissement de la plante des pieds (pied moquette).

<sup>8</sup> D.W. Verner-Jeffreys et col. 2009. *High Prevalence of Multidrug-Tolerant Bacteria and Associated Antimicrobial Resistance Genes Isolated from Ornamental Fish and their Carriage Water*. PLoS ONE, 4, 12 e8388.

Cette lésion, rarement rapportée à son étiologie par les malades, peut pousser certains à pratiquer le Fish pédiluve en attente d'une amélioration éventuelle. La longue survie et la résistance des spores dans le milieu extérieur sont à prendre en compte. Ce danger est très largement sous-estimé par les personnes fréquentant ces établissements.

### **ii. Bactéries**

*Pseudomonas aeruginosa* est l'agent d'une infection cutanée ou folliculaire, la dermite des piscines. Cette bactérie prolifère rapidement si le niveau de désinfection de l'eau est insuffisant. Cette bactérie doit être considérée comme l'un des dangers les plus importants auxquels sont exposés les utilisateurs des Fish spa comme on a pu le constater au tableau I.

*Staphylococcus aureus* est une bactérie résistante qui peut survivre dans des conditions difficiles. Dans l'eau, les malades libèrent de grandes quantités de germes. La contamination de personnes présentant des lésions cutanées est donc très possible.

### **iii. Virus**

Les papillomavirus responsables des verrues plantaires sont surtout transmis par les sols des piscines et atteignent les enfants en âge scolaire et les jeunes adultes principalement. Leur transmission au cours d'une séance de fish pédicure est aléatoire.

De même les risques de contamination par les virus d'hépatites B et C ainsi que le HIV sans être totalement écartés, ne peuvent réellement être transmis sauf circonstances exceptionnelles (plaies cutanées et passage juste après un porteur...)

### **c. Facteurs de risque<sup>9</sup>**

Deux principaux facteurs de risques peuvent être évoqués : les traumatismes occasionnés à la peau pour détacher les fragments de tégument « consommés » par les poissons, et par ailleurs l'apport au contact de la peau ou dans l'eau non désinfectée du bain de pieds d'agents pathogènes susceptibles de contaminer l'homme.

### **i. Mécaniques**

Le principe même du Fish Spa repose sur des « morsures » des poissons qui abrasent ainsi les peaux mortes et hyperkératosiques des pieds. Herbivore, le *Garra ruffa* ne dispose que de dents pharyngiennes, contrairement à un

<sup>9</sup> Un risque se définit comme étant la « chance » que le danger s'actualise et c'est l'importance de ses conséquences défavorables. En anglais, les termes « hazard » et « risk » sont souvent utilisés incorrectement comme synonymes. L'évaluation des risques a pour objectif la détermination de la probabilité d'apparition ou d'introduction de tout danger déterminé ainsi que de l'exposition à la contamination.

autre poisson, le Chin-Chin, un tilapia qui, armé de dents, a une morsure qui pourrait être redoutable. Ce poisson n'est pas utilisé en France.

Les microtraumatismes induits par l'ingestion des fragments de peau ou le détachement des fragments de peau par le poisson sont des voies d'entrée des agents pathogènes facilitée par la température de l'eau du bain (28°).

### **ii. Sanitaires : l'absence de désinfection de l'eau**

Les facteurs de risques sanitaires sont les plus importants, consécutifs à la libération dans l'eau du bain d'agents pathogènes et à leur incorporation dans le biofilm en relation avec les utilisateurs et le matériel de Fish Spa et l'hygiène des installations.

Il apparaît d'emblée que les dispositifs de filtration sont insuffisants, les lampes à Ultra Violettes souvent sous-dimensionnées et parfois à bout de souffle. Enfin, ces dispositifs sont prévus pour un aquarium peuplé et en équilibre et non pour un usage public.

## **3 - Réglementation**

Actuellement, il n'y a pas de réglementation sanitaire particulière encadrant l'ouverture et le fonctionnement des établissements. Les textes existants concernent les conditions d'importation de poissons d'ornement précisant la liste des pays en provenance desquels il est autorisé d'importer ces animaux ainsi que les contrôles réalisés aux postes frontières (Règlement CE N° 1251/2008 de la CE du 12 décembre 2008).

La réglementation «Faune sauvage captive» s'applique aussi puisque le *Garra rufa* est une espèce non domestique : Articles L.411-1 à 413-5, R. 411-5 à R. 413-8 du code de l'environnement et de l'arrêté du 11 août 2006.

En tant qu'êtres sensibles, ils sont protégés par les articles L. 214-3 et 215-6 du Code rural et doivent être entretenus dans des conditions conformes à leurs besoins physiologiques. Sont-ils couverts par le mordillement des pieds des élégantes clientes des Instituts de beauté ? On peut se le demander !

C'est le vide juridique relatif qui a été à l'origine de la demande d'avis auprès de l'ANSES qui a publié récemment les conclusions du groupe de travail qui a étudié ce problème.

## **4 - Avis de l'Agence nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES)**

Le Groupe de travail constitué par l'ANSES a estimé que, malgré l'absence de cas d'infection documenté, le risque de transmission interhumaine ou zoonotiques par le biais de l'eau ou des poissons ne pouvait pas être exclu (notamment pour les populations sensibles) au cours de la pratique de « fish pédicure », mais qu'en raison de l'absence de données, il n'est pas en mesure de quantifier ce risque.

L'ANSES a estimé qu'il n'était pas possible de maintenir cette activité en l'état sans un changement profond et rigoureux des pratiques actuelles et un encadrement réglementaire spécifique. Les travaux de réflexion ont abouti à un certain nombre de recommandations :

- Encourager l'acquisition de données en vue de caractériser le risque sanitaire et de relever les cas d'infections liées à la fréquentation d'établissements de « fish pédicure ».
- Veiller à l'application stricte de la réglementation relative à la faune sauvage captive.
- Prévoir un encadrement réglementaire imposant :
  - o des postes de pratique contenant une eau garantissant la qualité sanitaire pour l'utilisateur ;
  - o des procédures d'admission et d'hygiène des usagers, d'hygiène de l'établissement sous la responsabilité de personnels qualifiés ;
  - o le contrôle et l'auto-surveillance du fonctionnement des installations, de la qualité de l'eau des bacs et de l'hygiène générale de l'établissement ;
  - o l'obligation de la traçabilité des lots et le contrôle sanitaire des poissons ;
  - o l'information objective du public sur les dangers liés à la pratique ;
  - o l'information des personnels, y compris les travailleurs temporaires, les stagiaires et les personnels d'entreprise extérieures intervenant au sein de l'établissement, sur les risques d'infection, en particulier par des bactéries multi-résistantes aux antibiotiques, et la nécessité de bien respecter les règles élémentaires d'hygiène au travail ;
  - o la formation des personnels de ces établissements, tant pour assurer la sécurité des usagers que pour assurer leur propre sécurité.

### **Conclusion**

Le bain de pieds est une pratique anodine dont de nombreuses générations ont apprécié et apprécient encore les bienfaits. L'adjonction de petits poissons à l'eau du bain est une nouveauté en Occident alors qu'au Moyen Orient et en Asie, c'est une pratique courante.

A notre époque d'évaluation de tous les risques potentiels, on peut se demander si le danger potentiel de cette mode peut être accepté sans aucun encadrement sanitaire ni réglementaire. Les fournisseurs de matériel et de poissons donnent des informations très objectives ainsi que les précautions à prendre. Cependant, il est inconcevable que la pratique soit soumise à un

examen de la peau par une esthéticienne qui déclare que la peau est saine ou non : c'est de la pratique illégale de la médecine.

### **Discussion**

Dans la discussion qui a suivi, sont intervenus M. Louis ALBERTINI, Mme Françoise BESSON, MM. Jean-Claude FERRAND, Jean-Baptiste HIRIART-URRUTY, Francis LESCURE, Pierre LILE, Mme Andrée MANSAU, MM. Olivier MOCH, Michel SICARD, Georges VAN-HAVERBEKE.

**LA PEINTURE ET SON DOUBLE**  
***OBSERVATIONS SUR LES «AMBASSADEURS»***  
***DE HANS HOLBEIN LE JEUNE.***

Par M. Denis FAVENNEC





### Les éléments

Une sphère céleste, un globe, un luth, quatre flûtes, un cadran solaire cylindrique, un second polyédrique, une équerre, un compas, un quadrant double, un *torquetum*<sup>1</sup>, un fil à plomb, un ouvrage d'arithmétique, un recueil de cantiques, un livre clos, un tapis : au centre, sur une double étagère, le peintre a disposé un amas ordonné d'instruments et d'objets. A gauche et à droite, deux personnages prennent une pose étudiée et regardent avec un air inquiet dans notre direction ; derrière, une tenture verte confère une profondeur restreinte à la scène ; en haut à gauche, plaqué entre le cadre et la tenture, un crucifix d'argent se fait aussi discret que possible ; tout en bas enfin, une chose terne et allongée flotte obliquement sur le pavement : étrangère au reste de la représentation, elle semble se lever pour mieux lui échapper.

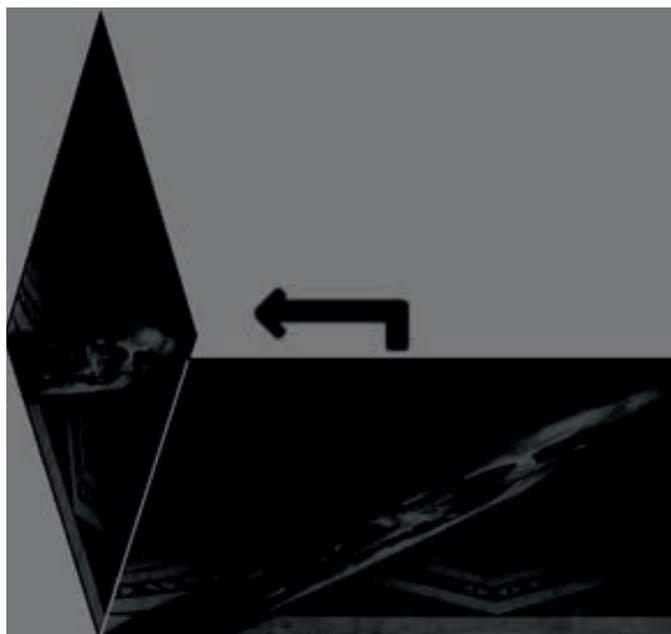
De cette scène hiératique l'auteur et la date sont connus : le tableau est en effet signé « Iohannes Holbein Pingebat 1533 » dans l'ombre du personnage de gauche. Les protagonistes ont un nom<sup>2</sup> : il s'agit, à gauche, de Jean de Dinteville, ambassadeur de François I<sup>er</sup> à la cour de Henri VIII, et à droite de Georges de Selve, évêque de Lavaur, érudit et diplomate, ami intime du premier auquel il a rendu visite à Londres au printemps 1533. L'âge

<sup>1</sup> Le *torquetum* (ou *turquet*) est un instrument permettant de calculer la position des corps célestes.

<sup>2</sup> Ils ont été identifiés par la localisation ancienne du tableau, et surtout grâce à la mise en évidence sur le globe terrestre de la petite ville de Policy en Bourgogne, où Jean de Dinteville possédait son château. Voir à ce sujet l'ouvrage essentiel de Mary Hervey : *Holbein's Ambassadors, the Picture and the Man. A Historical Study*. Londres, George Bell and Sons, 1900.

des personnages, indiqué par deux inscriptions<sup>3</sup>, corrobore leur identité ; en outre, le cadran solaire cylindrique procure le jour (vendredi saint 11 avril)<sup>4</sup> et le polyédrique l'heure exacte (avec un certain flottement : 9h30 sur une des faces, 10h30 sur les autres) de la rencontre. Le tableau n'est donc pas seulement signé et ses acteurs identifiés, il est également *daté* à la minute près, comme si le peintre avait voulu donner l'impression, photographique avant l'heure, d'un instant éternisé<sup>5</sup>.

Redressement du crâne.



La nature morte centrale représente les attributs des quatre arts d'inspiration mathématique composant le *quadrivium*<sup>6</sup> : arithmétique, géométrie, musique et astronomie. Le pavement reprend, avec quelques variations, un motif figurant dans la chapelle d'Edouard le Confesseur à l'abbaye de Westminster, chapelle où étaient intronisés les souverains anglais<sup>7</sup>, et où quelques-uns d'entre eux sont également enterrés. Quant à la chose oblique, c'est, représenté d'un point de vue écarté, un crâne en perspective.

Tels sont les éléments du tableau qui se trouve actuellement à la National Gallery de Londres. Éléments si précis, si minutieusement représentés, qui

<sup>3</sup> Sur une bague pour Jean de Dinteville, et la tranche d'un livre pour Georges de Selve.

<sup>4</sup> Deux dates sont en réalité possibles ; mais l'autre correspond au mois d'août, où il est certain que Georges de Selve n'était plus à Londres. Voir John North, *The Ambassadors' Secret. Holbein and the World of the Renaissance*. Londres, Hambledon and London, 2002, p.90-93.

<sup>5</sup> Nous appellerons dorénavant « ambassadeur » l'un des deux personnages, et le terme « *Ambassadeurs* » désignera le tableau.

<sup>6</sup> Qui formait, avec le *trivium*, les sept arts libéraux enseignés à l'université.

<sup>7</sup> C'est là aussi que sera couronnée reine Anne Boleyn, ce qui déclenchera la crise définitive entre Londres et Rome.

forment une image si cohérente enfin d'un point de vue pictural, que l'impression se dégage d'une énigme à résoudre, énigme dont tous les indices seraient livrés au regard sans qu'une conclusion immédiate s'impose à l'esprit. Que nous assistions à la représentation d'un «Mystère», comme le voulait Jurgis Baltrušaitis<sup>8</sup>, ou que le tableau recèle un «secret», comme le suppose John North<sup>9</sup>, tous les exégètes s'accordent sur un point : pour appréhender ce qu'il offre au regard et donner un sens à cette démonstration de personnes et de choses, le tableau requiert un délai.

### La première scène

Les deux ambassadeurs occupent une espèce de scène ou d'avant-scène peu profonde, coincée entre la surface infranchissable du tableau et la tenture qui recouvre le fond. Une symétrie troublante règle leur posture (tous deux nous font face, appuient un coude sur l'étagère et laissent pendre le bras opposé), leur mimique (ils nous lancent des regards neutres, leurs visages sont par ailleurs plutôt fermés) et jusqu'à leurs traits (tous deux sont jeunes, bruns, barbus). Le laïc et l'ecclésiastique, reliés par les objets exposés, sont distingués seulement par leur carrure et leur costume. En s'écartant du centre et se tournant vers nous, ils semblent offrir le tableau à notre regard.

Scène de présentation, donc, où les deux personnages se tiennent à la fois en retrait et à l'écart, comme deux hérauts d'arme ou deux témoins. Simplement, à la différence d'une *Deisis*<sup>10</sup> ou de la *Madonna del Parto* de Piero della Francesca, fresque dans laquelle deux anges symétriques écartent les rideaux d'une tente pour présenter la Vierge enceinte, les ambassadeurs ne dévoilent ou ne désignent rien, du moins pas explicitement. Ils ne semblent engagés dans aucune action : ils se contentent d'être là, avec la même insistante présence que Holbein a conférée à tous les détails de sa peinture. D'où le premier paradoxe du tableau : dans les *Ambassadeurs* tout est évident, mais rien n'est montré.



*Madonna del Parto*, Piero della Francesca, 1467.

<sup>8</sup> Voir l'analyse essentielle de Jurgis Baltrušaitis : *Anamorphoses ou Thaumaturgus Opticus. Les perspectives dépravées II*. Paris, Flammarion, 1996, p. 124-160.

<sup>9</sup> Voir John North, *op. cit.*

<sup>10</sup> Image d'origine byzantine où la Vierge et le Baptiste, les deux premiers témoins du Christ, se tiennent de part et d'autre de lui comme pour le montrer au spectateur.

Dès lors, c'est l'existence même d'un sujet qui se trouve menacée : quelle pièce se joue dans ce tableau qui n'indique rien, quelle intrigue se noue sur cette scène sans repère ? S'agit-il d'un double portrait avec nature morte ? D'une allégorie théologique, politique ? De la célébration d'un événement privé ? Le genre même de cette machine silencieuse est douteux. Bien sûr, il y a là, face à nous, quelques départs d'histoire, détails ou fragments significatifs qui enclenchent presque une narration : les insignes des personnages, les repères marqués sur le globe, les indications fournies par les instruments de mesure ou de musique, la signature du peintre, les autres inscriptions<sup>11</sup> ; et cette folie du détail, cette profusion d'indices appellent inmanquablement l'interprétation. Mais les signes que le peintre a disséminés dans son œuvre, au lieu d'expliquer ce que nous voyons, pointent vers un sens ou une histoire extérieurs à ce que nous avons sous les yeux.

L'extériorité est d'abord impliquée par la tenture, qui cache peut-être, comme le voile du Temple, des réalités ou vérités d'un autre ordre que celles qui apparaissent sur la scène : le crucifix à moitié recouvert, en haut à gauche, laisse entendre qu'autre chose attend, derrière le rideau. Cette chose, le peintre par l'artifice de la tenture l'indique sans l'afficher : le rideau nous montre que nous ne voyons pas tout. Il instaure à l'intérieur du tableau un horizon d'attente et de doute : y a-t-il réellement quelque chose là derrière ? D'ailleurs, de quel côté sommes-nous ? Car le voile ne nous empêche pas seulement de voir à travers, il nous rend également invisibles aux spectateurs de l'autre bord. Un deuxième élément hors cadre interfère avec la scène principale : la source de lumière, située en haut à droite, qui crée l'ombre (donc donne le jour et l'heure) sur les cadrans solaires, et éclaire les personnages. Cette source lumineuse rend visibles les objets et les corps représentés, mais elle-même n'est pas apparente. Enfin, les objets font référence au monde extérieur, par leur nature (globes, instruments d'astronomie, livres) ou par les indices qu'ils comportent<sup>12</sup>.

Le sens de ce que nous voyons n'en est pas le produit naturel : il vient d'ailleurs. Et ce tableau qui se refuse autant à raconter clairement qu'à signifier directement donne l'impression d'une représentation suspendue : les personnages ont beau se tourner dans notre direction, nous prendre à témoin du spectacle qui se joue, tout semble s'arrêter au moment où nous regardons. Tout, sauf la chose oblique en bas au premier plan, qui seule semble susceptible de mouvement.

---

<sup>11</sup> En particulier, l'inscription renversée *Umbra versa* en bas du quadrant, le mot *Dividirt* qui apparaît sur la page ouverte du livre d'arithmétique, le texte des cantiques (d'inspiration luthérienne), l'âge inscrit sur la tranche du livre.

<sup>12</sup> Le luth possède une corde brisée, un des étuis de flûte est vide, le crâne et le crucifix enfin pointent vers un autre monde.

### L'étrangère

Soulèvement ? Décollement ? Erection<sup>13</sup> ? Il est délicat de décrire exactement le mouvement de la forme terne qui plane sur le pavement, plus délicat encore de nommer cette chose sans pareille. Le motif cependant possède un nom, forgé par le jésuite allemand Gaspard Schott au XVII<sup>e</sup> siècle : il s'agit d'une *anamorphose*, terme d'origine grecque dérivé du préfixe *ana* (qui signifie le retour vers), et du substantif *morphé* (la forme). Le terme suppose donc une déformation, suivie d'un retour à la forme originelle. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, l'Encyclopédie le définit ainsi : « En peinture, anamorphose se dit d'une projection monstrueuse ou d'une représentation défigurée de quelque image, qui est faite sur un plan et qui néanmoins, à un certain point de vue, paraît régulière et faite avec de justes proportions. »<sup>14</sup>

Rappelons que la perspective centrale consiste à choisir une origine (dite aussi point de vue), une surface de projection (fréquemment le plan du tableau), et à projeter sur la surface les corps que l'on souhaite représenter, de la manière suivante : la projection d'un point de l'espace est l'intersection de la droite passant par ce point et par l'origine avec la surface de projection. La projection orthogonale du point de vue sur la surface est appelée point de fuite, et c'est à l'aplomb du point de fuite que l'on doit se placer pour observer un tableau construit en perspective.

Qu'est-ce qu'une anamorphose ? Pratiquement, au lieu qu'en perspective normale le point de fuite est aisément situable (plutôt vers le centre du tableau), une anamorphose place le point de fuite très loin du centre, souvent même en dehors du cadre ; le spectateur qui regarde le tableau en face ne repère donc pas immédiatement le point de vue : une anamorphose est une projection centrale observée en dehors du point de vue. L'œil ne reconstitue pas aisément la forme originelle : à défaut d'imaginer immédiatement l'objet représenté, il aperçoit la déformation même : au lieu du produit de la représentation, l'anamorphose expose sa production — comme si, au théâtre, au lieu d'observer la scène depuis la salle et d'être soumis à l'illusion, le spectateur choisissait de se placer dans la coulisse pour contempler la mécanique du drame. Un procédé classique, pour confectionner de telles images, consiste à partir d'une première représentation perspective de l'objet que l'on souhaite mettre en anamorphose<sup>15</sup>, et à modifier les paramètres de la perspective pour construire l'image finale. L'anamorphose apparaît ainsi comme une « image d'image », une représentation au second degré.

<sup>13</sup> C'est ce dernier mouvement que reconnaît Jacques Lacan dans *Le Séminaire, livre XI. Les quatre concepts fondamentaux de la psychanalyse*. Paris, Seuil, 1973, p. 78-79.

<sup>14</sup> *Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert, Paris, 1751, t.I, p. 404.

<sup>15</sup> A l'aide d'un mécanisme comme le portillon de Dürer, par exemple, ou en quadrillant la première image puis en déformant le quadrillage.

Le propre de l'anamorphose tient à la perte du point de vue, ou à la difficulté de le situer aisément ; en somme, devant une anamorphose, nous *pressentons* que le point de vue existe, mais sa découverte (et le redressement conséquent de la vue) exige un certain délai. L'anamorphose nous montre qu'il y a quelque chose à voir, une chose que nous ne percevons pas pour l'instant parce qu'elle a été étrangement défigurée, mais cette défiguration est réversible : le retour à l'origine reste possible — pour peu que le point de vue soit retrouvé. C'est ainsi le caractère bijectif de la transformation qui se trouve mis en évidence ; c'est aussi le fait que dans l'anamorphose, la forme de départ n'est pas complètement écrasée : une signature de l'original demeure dans l'image déformée.

Il est vraisemblable que la technique de l'anamorphose ait été importée d'Italie en Allemagne par Albrecht Dürer, qui mentionne comme objet de l'un de ses voyages à Bologne en 1506 « l'amour de l'art de la perspective secrète. » C'est en effet l'un de ses élèves, Erhard Schön, qui publie sous forme de gravure vers 1520 des *Vexierbilder* (images secrètes), où dans les lignes tortueuses d'un paysage s'inscrivent les figures des principaux souverains européens : le pape Clément VII, François I<sup>er</sup>, Charles Quint et Ferdinand I<sup>er</sup>. Ces figurations fort étirées et apparemment peu respectueuses des personnages représentés construisent une sorte d'allégorie du paysage politique européen : les traits des puissants apparaissent dans ce qu'on prend tout d'abord pour des lignes montagneuses, et leur jeu conflictuel est représenté par les sinuosités des éléments naturels. Dans un premier temps, lorsqu'on regarde une *Vexierbild* de face, on n'aperçoit qu'un paysage, un peu contourné il est vrai ; c'est seulement lorsqu'on se décale que la représentation secrète apparaît et révèle le sens caché de ce que nous voyons : la figure du souverain comme forme véritable de son territoire.



*Vexierbild*, Erhard Schön, ca. 1525.

Observons ici que les *Ambassadeurs* sont construits selon une double perspective : celle d'abord qui règle la représentation de la scène principale, dont le point de fuite se situe à peu près au centre du tableau : lorsque nous observons ledit tableau de loin, c'est ce point de vue que plus ou moins spontanément nous adoptons, et c'est de ce point de vue que Jean de Dinteville et Georges de Selve, pourvus de tous les instruments du savoir humain, se présentent à nous dans la plus grande gloire de leur mondanité. Puis, lorsqu'on se rapproche du

tableau pour en examiner plus précisément les détails, suivant la direction que pointe l'anamorphose, on voit le crâne peu à peu se relever. Du second point de vue, les ambassadeurs, les instruments, bref tout ce qui remplit la scène principale s'efface et cède définitivement la place à la mort. Tableau «à double détente» donc, où le redoublement des points de vue implique la temporalité d'un délai, et une impossible concomitance entre les deux représentations : l'image oblique et solitaire de la mort d'une part ; de l'autre, la figure splendide et mélancolique du pouvoir. Le pouvoir ou la mort, il faut choisir, on ne peut pas voir les deux en même temps — mais on peut concevoir la façon dont l'une travaille l'autre en profondeur, dans le secret d'une anamorphose.

Si la tenture nous montre que nous ne voyons pas tout, l'anamorphose démontre que nous ne sommes pas au point : non seulement nous ne voyons pas ce qu'il faut regarder, mais nous ne sommes pas là où il faudrait. Ces deux figures de l'invisibilité et du décadage suggèrent que nous voyons mal, «en énigme» pour reprendre la formulation paulinienne<sup>16</sup>. Elles constituent également, à l'intérieur du tableau, deux lieux où se croisent le visible et l'invisible, où l'un et l'autre s'appellent et s'échangent. Mais alors que la tenture fait référence à une autre scène et peut-être au véritable tableau (celui que nous ne verrons jamais), l'anamorphose ne renvoie qu'à elle-même : cette figure sans pendant nous fait savoir que face au tableau, nous sommes déplacés.

### La démise

Parce qu'elle défigure ce qu'elle représente, l'anamorphose permet de représenter une chose à la place d'une autre ; elle permet aussi, plus discrètement, de dissimuler une forme sous une autre : à la manière d'un cryptogramme, certaines gravures du XVI<sup>e</sup> siècle inscrivent dans un paysage ou une nature morte une scène à contenu politique, scatologique, érotique ou théologique — bref, tout ce qu'il vaut mieux ne pas voir en face<sup>17</sup>. La *Vexierbild* d'Erhard Schön en est en quelque sorte le prototype. A côté de ces figurations cachées, d'autres assument crânement leur nature et s'offrent au regard en tant qu'anamorphoses. C'est le cas d'une série de déformations qu'on pourrait qualifier de «souveraines», puisqu'elles s'attaquent au corps même d'un roi mort ou régnant.



*Portrait anamorphotique d'Edouard VI, William Scrots, 1546.*

<sup>16</sup> «A présent nous voyons en énigme, comme dans un miroir ; alors, nous verrons face à face.»  
Saint Paul, I<sup>ère</sup> épître aux Corinthiens.

<sup>17</sup> Voir Baltrušaitis, *op. cit.*, p.25-53.

L'un des premiers exemples connus est le portrait d'Edouard VI d'Angleterre, peint par William Scrots en 1546<sup>18</sup>. Edouard VI n'est pas reconnaissable immédiatement, mais, comme dans le tableau de Holbein que Scrots a peut-être eu l'occasion d'observer, le « vrai » point de vue (ou sa direction) est assez clairement indiqué pour qu'on redresse rapidement l'image. La figure royale fait ainsi l'objet d'une révélation, et lorsqu'il trouve le point de vue le spectateur est surpris de reconnaître le souverain là où il n'y avait que chaos et confusion. Jeu irrévérencieux, qui frise le lèse-majesté, ou allégorie politique ? Cette image n'est pas si provocante qu'elle semble, puisqu'elle manifeste une puissance d'apparition inhérente à la majesté : elle laisse entendre que la forme véritable du roi n'est pas celle que nous voyons, qu'il y a quelque chose de caché dans le portrait souverain.

Un concept semble opératoire en l'espèce, c'est celui des « deux corps du Roi », exposé dans l'ouvrage fondamental d'Ernst Kantorowicz<sup>19</sup> : vers le milieu du XVI<sup>e</sup> siècle, certains juristes anglais ont observé que le souverain était doté de deux corps : son corps « naturel » d'un côté, soumis comme celui de ses sujets aux infirmités, à la décadence et à la mortalité ; de l'autre, son corps « politique » ou « mystique », immortel celui-là puisque garant de la continuité de l'Etat, et qui s'incarne provisoirement dans le premier. On conçoit que le fameux adage « le Roi ne meurt jamais » s'applique au corps mystique plutôt qu'au naturel ; mais celui-là a néanmoins besoin de la mortalité de celui-ci pour agir et se manifester<sup>20</sup>.

Une difficulté apparaît lorsqu'il s'agit de représenter le souverain : bien entendu, seul le corps naturel est représentable (le mystique étant purement invisible et impalpable), mais ce corps a priori semblable aux autres n'en est pas moins travaillé par l'instance immortelle du Roi qui s'incarne provisoirement en lui et le « magnifie » invisiblement<sup>21</sup>. Cette « magnification », qui fait que le Roi déborde du roi, est assurément délicate à représenter en peinture. Un autre problème crucial est celui de la *fidélité* du portrait au corps représenté. Dans le cas du roi, une « image véritable » est nécessaire, puisque la physionomie du souverain, frappée sur les pièces, garantit la valeur de la monnaie : le profil étant réputé plus caractéristique — plus facile à reproduire aussi — c'est ce type de représentation qui l'emporte dans les premiers portraits officiels, comme celui de Jean II<sup>22</sup> en France. Il s'agit de produire

<sup>18</sup> Tableau actuellement à la National Portrait Gallery, à Londres.

<sup>19</sup> Voir Ernst Kantorowicz, *Les Deux Corps du Roi*. Paris, Gallimard, Bibliothèque des Histoires, 1989.

<sup>20</sup> Pour les distinguer, dans la suite de ces pages, le terme « roi » désignera le corps naturel, et « Roi » le corps mystique.

<sup>21</sup> « ... le Corps politique efface toutes les imperfections de l'autre Corps, avec lequel il est amalgamé, et l'élève à un rang plus élevé que s'il était seul en lui-même. » Plowden, *Reports*, 283a, cité par Kantorowicz, *op. cit.*, p.24.

<sup>22</sup> Au musée du Louvre.

un portrait efficace qui, comme les images miraculeuses des personnages sacrés, tire sa puissance à la fois de l'adéquation du modèle à son image, et de l'excès de ce qui est symbolisé (le Roi) sur ce qui est représenté (le roi). Qu'est-ce qu'un roi en peinture, médaille ou monnaie ? C'est l'ombre du Roi qu'on ne verra jamais.

Il existe pourtant un moment où apparaît *réellement* le Roi — ou, plus précisément, la duplicité du corps souverain : c'est celui, mis en lumière par Ernst Kantorowicz, de la «*démise*»<sup>23</sup>. Lorsqu'un roi meurt, abdique ou est renversé, le Roi n'est pas affecté par cet accident du corps naturel : le corps mystique passe immédiatement au successeur. La «*démise*» est la séparation des deux corps, le naturel voué à la décomposition ne coïncidant plus avec le mystique qui va s'incarner ailleurs. Au cours des funérailles, on place parfois une effigie du souverain défunt au-dessus ou à côté du cadavre ; alors que ce dernier est enterré dans un appareil assez sommaire, l'effigie est parée de tous les symboles de la souveraineté : elle représente le Roi en tant que la mort l'a séparé du roi<sup>24</sup>. Le cadavre du roi n'est plus, dès lors, qu'une défiguration de l'effigie qui le surplombe, ce portrait véritable du Roi.

On retrouve la même séparation dans certains monuments funéraires, où figurent ensemble, souvent l'une au-dessus de l'autre, deux statues du défunt : en haut le priant ou gisant, orné de toute la gloire des attributs royaux ; en bas le transi, presque nu, déjà abandonné aux vers<sup>25</sup>. C'est le cas, par exemple, du tombeau de Henri II et Catherine de Médicis à Saint-Denis, où le couple royal est mis en scène deux fois. Dans ces représentations, la «*démise*» est en quelque sorte éternisée, et le dédoublement des corps démontré pour les siècles des siècles.

L'anamorphose d'un souverain, qu'elle s'inscrive dans un paysage ou dans un cadre moins large, est une manière habile autant qu'efficace de figurer l'infigurable : le territoire apparaît comme le vrai portrait du Roi, en tant que ses lignes et limites tracent le contour de l'Etat. Anamorphoser le corps du roi — en le projetant sur un territoire, ou en l'étirant jusqu'à le rendre méconnaissable — c'est rendre visible la Royauté en tant que puissance déformante. Car le Roi ne saurait être rendu visible que dans le passage d'un roi dans l'autre, du mort dans le vif qu'il saisit, c'est-à-dire dans une transition imaginaire. L'anamorphose d'un roi permet donc non seulement de ramener chaque roi au Roi en le défigurant proprement — en le privant de sa figure individuelle et reconnaissable ; elle marque également, comme dans une incarnation renversée, le

<sup>23</sup> « Ce mot [Démise] ne signifie pas que le Corps politique du Roi est mort, mais qu'il y a une Séparation des deux Corps... De sorte que ce mot indique un Transfert du Corps politique du Roi de ce Royaume d'un Corps naturel à un autre. » Plowden, Reports, 233a, cité par Kantorowicz, *op. cit.*, p. 26.

<sup>24</sup> Voir Kantorowicz, *op. cit.*, p. 296-310.

<sup>25</sup> Voir Kantorowicz, *op. cit.*, p. 297-313.

passage du visible dans l'invisible, c'est-à-dire la transformation du roi en Roi. Ainsi le Roi ne se manifeste réellement que dans le passage mystérieux du mort au vivant, il est la chose commune de ces deux corps provisoires. Notons ici que l'anamorphose effectuée sur l'image qu'elle déforme est une opération analogue à celle de la « démise » : il s'agit, là comme ici, d'une défiguration révélatrice, où la mécanique profonde de la représentation (ou de la Monarchie) est mise à nu. La séparation des points de vue répond à celle des corps, la différence entre ces deux opérations tient à ce que l'anamorphose est par définition réversible, alors que la « démise » l'est rarement.



Tombeau de Henri II et Catherine de Médicis,  
Basilique de Saint-Denis, 1560-1573.

### Un portrait véritable

Tout portrait se fonde sur une disparition<sup>26</sup>. Le peintre a peut-être vu, côte à côte, le modèle et son double, mais le portrait ne peut devenir tel que dans la séparation du représentant et du représenté. En d'autres termes,

<sup>26</sup> Il existe, assurément, des portraits non funéraires : images qu'échangent les amants, portraits de corporation, dynastiques ou familiaux... Mais dans tous les cas, l'image sert d'intermédiaire entre celui qui se tient là et celui qui n'y est plus — un portrait est le deuil éclatant d'une présence.

c'est parce que l'original a disparu que le portrait peut apparaître. Voilà qui soulève un paradoxe intéressant : le portrait ne représente (et éternise) qu'une apparence périssable, et lorsque nous regardons l'image, l'original s'est mué le plus souvent en poudre, cendre ou squelette. A l'origine du portrait l'adhérence parfaite, trait pour trait, du modèle à son image s'achève ainsi dans la dissemblance absolue.

Célébrant ce qui n'est plus, le portrait fait œuvre de mémoire, et peut-être plus encore : Léon Battista Alberti remarque en effet dans son traité *De Pictura* que « la peinture renferme une force divine qui non seulement rend présent les absents, comme le fait, dit-on, l'amitié, mais qui, en outre, fait que les morts semblent presque vivants. »<sup>27</sup> Doublement marqué par le temps, le portrait est à la fois l'instrument d'un deuil et l'opérateur d'une résurrection<sup>28</sup>. Il arrive qu'il ne soit pas matériellement éloigné de l'original : c'est le cas des portraits funéraires du Fayoum, masques peints à l'encaustique et apposés sur le cercueil ou le sarcophage du défunt. Mais, le plus souvent, on ne voit pas les deux en même temps : il y a donc un moment, similaire à celui de la « démise », où le portrait se sépare de son modèle. Le genre du portrait oscille ainsi entre deux polarités opposées : l'identification morbide du corps à son image, illustrée par le mythe de Narcisse ; et le transfert, réussi par Dorian Gray, de toute la mortalité du corps vers l'image immortelle. Dans tous les cas, la figuration implique une défiguration parallèle.

Dès le XV<sup>e</sup> siècle, il arrive que l'image d'un crâne ou d'un squelette accompagne la représentation d'une personne peinte « au vif<sup>29</sup> ». Dans ces « vanités », il s'agit clairement de préparer le commanditaire (ainsi que le spectateur) à la mort : ce que souligne fréquemment une inscription en guise de *Memento Mori*<sup>30</sup>. Mais dans toutes ces représentations, il y a séparation des rôles : le mort et le vif ne partagent pas le même espace, ils figurent au revers et à l'avant d'un seul panneau. La nouveauté, avec le crâne des *Ambassadeurs*, est que la mort s'est en quelque sorte insinuée dans la scène principale. Or elle n'est admise qu'« en énigme », visible depuis un point de vue caché, difficile à déceler ; et l'anamorphose, en déformant la mort qui déforme tout, défigure la défiguration même.

<sup>27</sup> Leone Battista Alberti, *La Peinture*, Paris, Seuil, 2004, p. 97.

<sup>28</sup> Comme le signale Pascal Griener : « La tâche du peintre était de parvenir à une confusion harmonieuse entre le portrait et le visage du modèle. Cela impliquait de *transfigurer* les traits de l'individu, sans pour autant modifier la ressemblance. C'était une préfiguration du moment glorieux où, après sa mort, le modèle serait totalement identifié à sa *persona*. » Öskar Bätschmann et Pascal Griener, *Hans Holbein*, Paris, Gallimard, 1997, p.150.

<sup>29</sup> C'est le cas, par exemple, dans le *Diptyque Carondelet*, peint par Jan Gossaert en 1517 (Louvre), et dans un petit polyptyque plus complexe de Hans Memling (ca. 1495, musée de Strasbourg).

<sup>30</sup> Parfois, le squelette ou la tête de mort s'adresse crânement au spectateur, comme dans le « J'ai été ce que vous êtes ; vous serez ce que je suis » au bas de la *Trinité* de Masaccio (1428, Santa Maria Novella, Florence).

A qui appartient le crâne ? Aux personnages représentés (deux pour une seule tête, il va falloir choisir) ? Au spectateur ? Au peintre ? Aux rois enterrés dans la chapelle d'Edouard le Confesseur, dont le pavement des *Ambassadeurs* reprend partiellement le motif ? A tous ? A personne ? Ce crâne inaffecté flotte sur le double portrait comme la forme commune de toute humanité. On peut le rapprocher du crucifix enfoui à moitié sous le rideau : le Golgotha (« lieu du crâne » en hébreu), où a eu lieu la crucifixion, est également réputé être l'endroit où a été enterré Adam, et il n'est pas rare que dans les images de la Crucifixion, la croix se dresse directement à l'aplomb d'une tête de mort. Dans le rapport qu'il instaure entre crâne et croix, le propre des *Ambassadeurs* est de mettre la mort en mouvement, de la montrer à l'instant incertain de son opération. Que le tableau soit daté du vendredi saint 11 avril 1533 n'est peut-être pas hasardeux ; car il est une propriété fondamentale de l'anamorphose que nous n'avons pas encore exploitée : c'est sa réversibilité, qui permet, une fois le point de vue trouvé, de restituer la forme perdue.

### Umbra versa



Détail : à gauche apparaissent les lignes de base du quadrant et l'inscription *umbra versa*.

On peut lire au bas du quadrant (c'est l'instrument d'astronomie composé de demi-cercles et comportant le fil à plomb : on ne le confondra pas avec les deux cadrans solaires) l'inscription retournée : *umbra versa*. Rien que de très logique, puisqu'il faut en effet relever les positions sur le quadrant à l'opposé de l'ombre. Or c'est très exactement ce que nous faisons lorsque nous redressons l'anamorphose des *Ambassadeurs* : pour la contempler depuis son propre point de vue, nous allons à l'opposé de l'ombre qu'elle produit.

Observons ici que l'ombre est le prototype même de l'anamorphose : dans l'allégorie de la Caverne, les ombres déformées projetées sur le mur de fond produisent l'illusion que subissent les prisonniers. Dans les *Ambassadeurs*, les cadrans solaires figurant sur l'étagère haute l'indiquent ainsi que les ombres

portées des personnages : une source lumineuse éclaire la scène, située de notre côté de l'espace. La direction des ombres règle ainsi l'éclairage du tableau, et la lumière rend visible la représentation. Cette source de lumière, personne ne l'occupe — puisqu'elle est à l'infini. Or les ombres des ambassadeurs (qui ne sont que les anamorphoses de leurs corps) ne sont pas cohérentes avec celle que la tête de mort projette sur le pavement : la mort engendre sa propre lumière, comme elle impose sa direction singulière.

Remonter l'ombre à « contre-courant », aller de l'ombre vers la chose, c'est que nous faisons lorsque nous changeons de point de vue pour adopter celui de la mort. Mais, comme dans toute anamorphose, il est également possible d'échanger, de basculer indéfiniment entre les deux points du tableau. Dans une « démise » inverse, nous pouvons aussi bien aller du portrait vers la personne, du crâne vers les ambassadeurs, du crucifié vers le ressuscité — ce que suggère d'ailleurs Holbein lorsqu'il peint son célèbre « Christ mort » en 1521 : loin de faire perdre la foi, comme le supputent les personnages de Dostoïevski dans *L'Idiot*, cette image d'un corps réellement passé par la mort, d'un plus-que-mort, démontre le caractère miraculeux, plus qu'humain, du redressement à venir. L'allongement accentué par le format resserré de l'image — comme si nous étions à l'intérieur du sépulcre — donne d'ailleurs l'impression visuelle d'une anamorphose : à rebours de la mort qui défigure les corps, la Résurrection restaure leur forme véritable.



Détail des *Ambassadeurs* : le crucifix en haut à gauche



Hans Holbein le Jeune, *Christ mort*, 1521, Kunstmuseum, Bâle.

Les commanditaires ne sont du reste pas seuls à avoir affaire à la mort (donc à la Résurrection) : le peintre aussi, qui signe « Hans Holbein pin-gebat » comme si l'œuvre était inachevée au moment où nous l'observons, comme si la mort l'avait surpris au travail. Si donc nous lisons le tableau « à l'envers » (comme semble nous y inciter la consigne *umbra versa*), depuis la mort vers le portrait, tout ce que nous voyons apparaît comme l'anamorphose d'une anamorphose — la défiguration d'une défiguration. Et c'est parce que la mort est rejetée à l'infini, parce qu'elle subit elle aussi sa « démise », que Jean de Dinteville et Georges de Selve, les livres, le pavement, les instruments, le luth et les flûtes, la tenture, le tapis et le crucifix, tous les éléments du tableau revenus de l'ombre et ressuscités en peinture trouvent leur place dans notre regard.

### **Discussion**

Dans la discussion, sont intervenus : Mmes Andrée MANSAU, Anne-Catherine WELTE, M. Serge BORIES, Henri COUSSE, Michel-Joseph DURAND, Pierre LILE.



## RAPPORT GÉNÉRAL DE REMISE DES PRIX POUR L'ANNÉE 2013

Par M. Philippe DORCHIES.

Chaque année, plus de 800 thèses sont soutenues à Toulouse dans les quinze Ecoles doctorales régionales. Notre Académie souhaite récompenser les meilleurs travaux permettant ainsi aux étudiants de recevoir une reconnaissance élargie. En effet, plusieurs Ecoles Doctorales ne décernent plus d'appréciations ni de félicitations aux jeunes doctorants, l'Académie pallie cette absence dommageable. Certains jurys expriment des félicitations orales mais « *Verba volant* »... L'évaluation de la qualité du travail par notre jury constitué de personnalités reconnues dans leurs disciplines et maintenant, pour la plupart, émérites ou honoraires donne beaucoup de liberté et confirme l'objectivité de nos jugements. Ces prix s'adressent à toutes les disciplines et sont diversement dotés. Tous les étudiants peuvent concourir en déposant leur candidature quelle que soit leur spécialité. Cette année 69 candidatures ont été reçues pour les 27 prix qui étaient offerts. Au terme des évaluations et de débats de l'Académie 26 prix ont été attribués.

### ***Prix sponsorisés :***

Le **Prix de l'INNOVATION** doté par la Ville de Toulouse, qui soutient régulièrement notre Académie depuis 1808, récompense des travaux particulièrement innovants comme son nom l'indique. La lauréate est Mademoiselle **Amélie BEDUER** pour sa thèse intitulée : « *Micro/Nano Ingénierie pour le contrôle de la croissance de cellules neuronales et l'élaboration d'une bioprothèse cérébrale à base de cellules souches organisées* » préparée sous la direction du Pr. Christophe Vieu dans la discipline Sciences de la matière. Le rapporteur pour l'Académie, Mr Rousset, a apprécié les connaissances extraordinairement diversifiées d'Amélie Beduer, son esprit de synthèse remarquable et la rigueur de ses analyses. Les résultats performants de cette recherche ouvrent des perspectives très importantes pour le traitement des maladies neurologiques. Un brevet a été déposé en 2012 ce qui atteste de l'intérêt de cette voie d'exploration.

Le **PRIX de la FONDATION LA DEPECHE** récompense un travail concernant le développement de la culture scientifique, technique ou industrielle

du grand public ou des jeunes. Il est attribué cette année, parmi quatre candidats, à l'Association **FERMAT SCIENCES** de Beaumont de Lomagne dont la raison d'être est de « *Développer la culture scientifique, technique ou industrielle en particulier la culture mathématique* ». Notre rapporteur, Monsieur Rouch, a beaucoup apprécié l'action constructive de cette association.

Le **PRIX DU CONSEIL GENERAL** de la Haute Garonne qui a soutenu régulièrement notre Académie de 1905 à 1920 puis sans interruption depuis 1958, couronne des travaux concernant l'Instruction. La lauréate est **Anne CAZENEUVE** pour sa thèse intitulée : « *De l'impossibilité de tout dire : étude des rapports entre représentations sociales et formes d'implication. Le cas de la remise à niveau à l'École Régionale de la Deuxième chance Midi-Pyrénées.* » Ce travail a été préparé dans l'Ecole doctorale CLESCO de l'Université Toulouse 2, Le Mirail, sous la direction de Madame Christine Mias. L'intelligence précise de la lauréate a enchanté notre rapporteur le Pr. Yves Le Pestipon qui a convaincu l'Académie de décerner le prix à cette jeune docteur.

Le **PRIX d'ECONOMIE** est donné cette année à Monsieur **Julien SAUVAGNAT** pour sa thèse intitulée : « *Essays in Corporate Finance and Competition Policy* » préparée sous la direction, de Mr. Patrick REY à la Toulouse School of Economics UT1.

Selon Le Pr Jean Tirolle, notre rapporteur, le dossier de ce lauréat est très solide, et J. Sauvagnat fait preuve d'une grande maîtrise des modèles et des méthodes de l'économie.

Le **Prix Paul SABATIER**, doté par l'Université Paul Sabatier, pour un ouvrage scientifique en **Physique** est attribué à Monsieur **Yvan DOSSMAN** pour sa thèse intitulée : « *Ondes internes générées sur une dorsale océanique : du laboratoire à l'océan* » ; préparée sous la direction du Pr Alexandre Paci et de Francis Auclair au Laboratoire d'Aérodynamique CNRM-GAME.

L'Académie a suivi le choix de son rapporteur, Monsieur Michel Quintard, qui a sélectionné ce travail sur la grande solidité des résultats justifiant totalement l'attribution de ce prix.

Le **Prix Paul SABATIER**, doté par l'Université Paul Sabatier, pour un ouvrage scientifique en **Chimie**, a été attribué à Mademoiselle **Anaïs GODARD** pour sa thèse intitulée : « *Nouveaux procédés verts d'oxydation de l'acide oléique* » ; préparée sous la direction du Pr Sophie THIEBAUD-ROUX, et Pascale DE CARO dans l'Ecole doctorale Sciences de la Matière (SDM).

Mademoiselle Godard était, selon notre rapporteur, Madame Rivière, sans conteste digne de l'attribution de ce prix compte tenu de la qualité de son travail très bien construit et structuré.

Le **Prix Paul SABATIER**, doté par l'Université Paul Sabatier pour un ouvrage scientifique en **Mathématique ou informatique** a été attribué à Monsieur **Dengji ZHAO** pour sa thèse intitulée « *Mécanismes pour les enchères doubles dynamiques* » préparée en cotutelle entre l'Université Toulouse1, Capitole et l'Université de Western Sydney en Australie

Le **Prix Paul SABATIER**, doté par l'Université Paul Sabatier, pour un ouvrage scientifique en **Science de la vie et de la terre** a été attribué à Monsieur **Pierre-Jean MALE** pour sa thèse intitulée : « *Stabilité évolutive des mutualismes et mécanismes de contrôle : le cas d'une relation plante-fourmis* » préparée sous la direction du Dr. Jérôme Orivel dans l'Ecole doctorale SEVAB.

L'Académie, selon l'avis de son rapporteur le Pr Georges Larrouy, a voulu primer cette thèse de qualité exceptionnelle qui explore un domaine passionnant et encore mal connu.

Le **Prix Jean NOUGARO**, doté par l'Institut National polytechnique de Toulouse, récompense un ouvrage traitant des Sciences physiques de l'ingénieur.

Il a été attribué à Monsieur **Cyprien SOULAINÉ** pour sa thèse intitulée : « *Modélisation des écoulements dans les garnissages structurés : de l'échelle du pore à l'échelle de la colonne* » préparée sous la direction du Pr Michel Quintard dans l'école doctorale SDU2E.

Selon Mr S. Bories, rapporteur pour l'Académie, le travail de Cyprien Soulainé est impressionnant par son ampleur et par sa qualité. Ses résultats fondamentaux et originaux sont extrêmement importants pour leurs conséquences pratiques. Cette réussite académique remarquable a déjà été reconnue par un prix L. Escande en 2012.

Le **Prix des SCIENCES DE L'INGENIEUR**, doté par l'Institut National Polytechnique de Toulouse, pour un ouvrage en rapport avec les sciences de l'ingénieur a été attribué à Monsieur **SOULEY MADOUYOU Abdoul Majid**, pour sa thèse intitulée : « *Contribution à l'étude et à la commande d'un système de chauffage par induction polyphasé* » ; préparée sous la direction de Mr Pascal MAUSSION dans l'Ecole doctorale Génie Electrique Electronique Télécommunication (GEET). Le rapporteur de l'Académie, le Pr Bernard Tranoy, a particulièrement apprécié ce travail de recherche et de simulation multi physique théorique et expérimental, approfondi et original, qui associe l'électromagnétisme la thermique, l'électronique de puissance, la commande ... autant de disciplines que le candidat maîtrise bien et a su utiliser à bon escient. Ceci a donné lieu à de nombreuses publications et des brevets en cours.

Le **Prix Théodore OZENNE**, doté par le Crédit Municipal, récompense un ouvrage sur un sujet ayant des implications économiques. Monsieur Théodore Ozenne est un ancien président du Tribunal de commerce de Toulouse (1894) et bienfaiteur de l'Académie. Ce prix est décerné cette année à Mademoiselle **Leslie JACQUEMIN** pour sa thèse intitulée ;

« *Production d'hémicelluloses de pailles et de sons de blé à une échelle pilote : étude des performances techniques et évaluation environnementale d'un agro-procédé* » ; préparée sous la direction du Pr Pierre-Yves Pontalier et Caroline Sablayrolles dans l'Ecole doctorale sciences de la matière (EDSDM).

L'Académie, selon l'avis de son rapporteur le Pr Louis Albertini, a considéré que ce très bon travail de thèse avait été bien conduit. Bien documenté, il s'agit d'une recherche d'envergure qui méritait d'être reconnue par un prix.

Le **Prix SANOFI** récompense une recherche translationnelle en biologie-santé ayant conduit à des applications concrètes. Il a été tout naturellement attribué à Monsieur **Bruno ALIES** pour sa thèse intitulée : « *Interactions des ions métalliques avec les formes tronquées du peptide amyloïde-liées à la maladie d'Alzheimer* », sous la direction de Madame Christelle Hureau dans le cadre de l'école doctorale Sciences de la Matière.

Les travaux de Mr Alies ont été menés de manière remarquable et ont une excellente visibilité internationale. Ils justifient pleinement l'attribution de ce prix comme l'a défendu le Pr Bernard Meunier, devant l'Académie.

#### ***Prix à caractère littéraire***

Le **PRIX Alfred DUMERIL** est décerné à un ouvrage original ou publié dans les trois années précédentes sur un sujet d'histoire politique, sociale ou économique. Professeur d'histoire, Monsieur Alfred Duméril (1825-1897) était doyen de la Faculté des lettres, ancien président et secrétaire perpétuel et bienfaiteur de l'Académie.

Le Lauréat est **Xavier PREVOST**, agrégé d'Economie et de gestion à l'Ecole normale supérieure, il est maintenant élève à l'Ecole des Chartes. Sa thèse en droit est intitulée « *Jacques Cujas (1522-1590). Le droit à l'épreuve de l'humanisme* ». Ce travail s'interroge sur l'humanisme juridique et l'enseignement du droit au XVI<sup>ème</sup> siècle. Notre Rapporteur, Madame Patricia Verdeau, a souligné le travail de recherche très rigoureux de ce candidat.

Le **Prix Georges BASTIDE** est décerné à un ouvrage, original ou publié, de discipline philosophique. Professeur à Toulouse, Georges Bastide (1901-1969) est le plus souvent désigné comme « philosophe de la valeur »,

La lauréate du prix est **Anne COIGNARD** pour sa thèse intitulée « *Lecture romanesque et imagination : le flux subjectif de l'expérience et ses marges* », préparée dans l'École Doctorale de l'École Polytechnique, sous la direction du Pr. Pierre Kerszberg. L'Académie a jugé que ce travail était de très grande qualité et notre rapporteur, Madame Françoise Besson, a rédigé un rapport enthousiaste.

**Le PRIX André FERRAN** est attribué à un ouvrage littéraire.

Compte tenu de sa thèse absolument remarquable : sujet original,

présentation exceptionnelle, rigueur scientifique, c'est Madame **Irina KANTARBAEVA-BILL** qui reçoit ce prix. Ce travail intitulé « *Les Récits des voyageurs britanniques en Asie centrale au XIX<sup>e</sup> siècle* » a été préparé sous la direction de Madame Françoise BESSON dans le cadre de l'Ecole doctorale ALLPH@ de l'Université de Toulouse 2- Le Mirail. Le président de l'Académie, le Dr P. Lile, qui rapportait ce travail le considère comme absolument remarquable et véritablement encyclopédique.

Le **PRIX Sydney FORADO** bénéficiant d'un legs du fondateur du Prix bienfaiteur de l'Académie, est remis à l'auteur d'un ouvrage ou d'une thèse à caractère historique. Le lauréat est Monsieur **Anthony ANDURAND** pour sa thèse intitulée : « *Les Grecs anciens et le « mythe grec » allemand : histoire d'une « affinité élective »* préparée sous la direction de C. BONNET et de P. PAYEN, de l'Ecole doctorale : Temps, Espaces, Sociétés, Cultures (TESC), de l'Université de Toulouse-Le Mirail

Le rapporteur de l'Académie, le Pr Germain Sicard, a estimé que ce travail était très solide et d'une grande richesse, remarquable par l'étude des sources exploitées ainsi que par la finesse de ses conclusions. Le lauréat démontre une belle aptitude à saisir les différents niveaux du mythe.

#### *Prix à caractère scientifique*

Le **PRIX Lucien BABONNEAU** est attribué à un ouvrage de diffusion de la connaissance scientifique.

Il est décerné à Mademoiselle **Laurianne PALIN** pour sa thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, spécialité astrophysique, « *Etude des processus de transport et de conversion d'énergie dans la magnétosphère terrestre à partir des observations THEMIS* » ; préparée dans l'Ecole doctorale SDU2E sous la direction de Monsieur Christian Jacquy. Le Pr H. Rème, le rapporteur de l'Académie, considère que les résultats obtenus au cours de ces travaux contribuent d'une manière significative à la compréhension des phénomènes très complexes de sous-orages. L. Palin a exploité et mis en cohérence une très grande quantité de données expérimentales et de mesures faites dans l'espace et au sol. Cette lauréate a été sélectionnée pour la 54<sup>ème</sup> campagne de vol parabolique de l'Agence Spatiale Européenne.

Le **PRIX Daniel BLANC** est décerné pour honorer la mémoire de cet ancien président de l'Académie, professeur de Physique nucléaire à l'Université P. Sabatier. Ce prix récompense un ouvrage de physique atomique, nucléaire ou médicale. La lauréate est Mlle **Audrey COUTENS** pour sa thèse intitulée : « *La deutération de l'eau dans les régions de formation stellaire : apport des données spectroscopiques Herschel/HIFI* » préparée à l'Institut d'Astrophysique et de planétologie (ex-CESR) sous la direction de Charlotte VASTEL – Astronome adjoint – IRAP, Toulouse et Emmanuel

CAUX – Directeur de recherche – IRAP, Toulouse. Le rapporteur pour l'Académie, le Pr Armand Lattes a reconnu la qualité du travail accompli qui est de portée internationale. Cet avis n'est pas étonnant compte tenu des résultats que Mlle Coutens a obtenu au cours de son cursus : elle a réussi tous ses examens, baccalauréat, DEUG, Licence, Maîtrise, avec mention Très Bien. Les membres de l'Académie ajoutent aussi la mention très bien pour ce travail.

Le **PRIX Fernand CAUJOLLE** a été institué pour honorer la mémoire de ce Professeur de la Faculté de Pharmacie premier directeur du Centre de Recherches sur les Toxicités du CNRS route de Narbonne Ce prix récompense un travail concernant les sciences pharmaceutiques Monsieur **Jean-Paul MOTTA**, pour sa thèse intitulée « *Rôle de la balance protéolytique dans l'immunité de la muqueuse intestinale* » ; préparée dans le Centre de Physiopathologie de Toulouse-Purpan, au sein de l'équipe dirigée par Nathalie Vergnolle et actuellement chercheur post-doctorant à l'Université de Calgary (Canada). Les deux rapporteurs de l'Académie, les Professeurs Georges Larrouy et Hugues Chap ont souligné la très grande qualité de ce travail qui méritait d'être récompensé.

Le **PRIX Dominique CLOS**, destiné à un ouvrage de biologie ou d'écologie, est décerné à Mademoiselle **Audrey TROCHET** pour sa thèse intitulée : « *Effets de facteurs internes (sexe et traits d'histoire de vie) et externes (densité de population, sex-ratio et qualité d'habitat) sur la dispersion et mise en évidence de syndromes de dispersion* », préparée sous la direction de Monsieur Jean Clobert dans l'Ecole doctorale SEVAB.

Les recherches effectuées démontrent que la dispersion, définie comme un mouvement individuel pouvant induire des flux de gènes, est nécessaire au maintien à long terme des populations. Le Pr Delpoux, rapporteur à l'Académie, a fait un éloge appuyé de ce travail.

Le **PRIX Adrien GAUSSAIL** destiné à un ouvrage de mathématiques ou de physique a été décerné à Mlle **Céline ENGEL** pour sa thèse intitulée : « *Optimisation des performances du système optique et estimation de la polarisation instrumentale de l'expérience embarquée sous ballon stratosphérique PILOT* » ; ce travail a été réalisé sous la direction de Jean-Philippe Bernard et Isabelle Ristorcelli, de l'Ecole doctorale SDU2E. M. Zappoli, le rapporteur de l'Académie considère qu'il s'agit d'un excellent travail d'optique instrumentale constituant une contribution utile au développement de l'astrophysique.

Le **Prix Henri GAUSSEN** récompense un ouvrage scientifique traitant de la biologie du développement animal ou végétal. Il a été attribué à Mr **Thomas REY** pour sa thèse intitulée : « *Mise en évidence et caractérisation d'interconnexions moléculaires entre symbiose et résistance chez la légumineuse modèle *Medicago truncatula** » préparée sous la direction du Pr. Christophe Jacquet ; UPS SEVAB.

Le rapporteur pour l'Académie, le Pr Boudet, a particulièrement apprécié l'originalité de cette recherche dans le domaine des relations

plantes-microorganismes. Les conclusions sont novatrices ayant justifié les commentaires très élogieux des rapporteurs de cette thèse et les publications correspondantes.

Le **PRIX Pierre MAURY** récompense un travail concernant l'activité aéronautique astronomique et aérospatiale. Parmi les six candidats de valeur qui ont présenté leurs travaux en relation avec cette très importante activité scientifique et industrielle de notre région, le lauréat est Mr **Nicolas LAPORTE** pour sa thèse intitulée : « *Recherche et étude des premières galaxies* » ; travail effectué sous la direction de Mr Roser PELLO de l'Ecole doctorale SDU2E.

Le Pr H. Rème, rapporteur pour l'Académie, a jugé que N. Laporte présentait une contribution scientifique importante et intéressante. Ce candidat a de nombreux talents et méritait d'être retenu pour l'attribution du prix.

Le **PRIX PICOT de la PEYROUSE** récompense un ouvrage original publié dans les trois dernières années et se rapportant aux Sciences de la terre, de l'océan ou de l'atmosphère.

Le lauréat est **Benoît MEYSSIGNAC** pour sa thèse intitulée : « *La Variabilité Régionale du Niveau de la Mer* » ; réalisée sous la direction de Madame Anny Cazenave de l'Ecole doctorale SDU2E.

L'Académie a suivi sans hésitation le rapport enthousiaste de son rapporteur, Mr Jacques Fontan, qui a souligné la qualité et l'intérêt des travaux présentés.

### ***Prix à caractère médical***

Le **Prix BRETESCHE de Médecine** couronne une Recherche clinique ou de biologie ayant des applications médicales. Sur l'avis de notre rapporteur, le Pr Hugues Chap, l'Académie l'a décerné à **Monsieur le Professeur Pierre FOURNIER** dont la démarche à la fois chirurgicale et biologique bien thématisée est originale et fertile. Cet enseignant-chercheur-clinicien a le grand mérite d'allier une pratique du plus haut niveau à une recherche biologique parfaitement orientée et particulièrement moderne. L'Académie veut, par ce prix prestigieux, honorer un brillant chirurgien enseignant-chercheur toulousain et à travers lui l'école toulousaine d'Ophtalmologie conduite par les Professeurs Jean-Louis Arné et François Malecaze.

Le **Prix Edouard MAUREL** récompense un sujet d'hygiène et de santé publique. Le Docteur Edouard Maurel a été Professeur à la Faculté de médecine, correspondant de l'Académie de médecine et président de notre Académie en 1915 il est aussi bienfaiteur de l'Académie.

Il a été attribué à Mademoiselle **Alice MARMUGI** pour sa thèse intitulée : « *Perturbations métaboliques hépatiques: implication des xénosenseurs CAR (Constitutive Androstane Receptor) et PXR (Pregnane X*

*Receptor) et d'un perturbateur endocrinien, le Bisphénol A»*; préparée sous la direction de Thierry Pineau et de Laila Lakhal dans l'Ecole doctorale «Biologie, Santé et Biotechnologie» (BSB).

Le Professeur Arlet, rapporteur pour l'Académie a été impressionné par ce travail de bonne qualité et tout d'abord par la clarté et la qualité de son style. A. Marmugi apporte des données expérimentales nouvelles qui contribuent à confirmer les premiers travaux cliniques sur le rôle possible du Bisphénol A sur le développement des obésités et des stéatoses hépatiques non alcooliques.

*Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs les lauréats, parmi vos directeurs et jurys de thèses qui vous ont guidés et ont évalué vos travaux, parmi les membres des équipes de recherches dans lesquelles vous avez été intégrés et qui vous ont soutenus, je suis certain que vous avez trouvé en chacun d'eux quatre qualités qui ont fait leurs preuves selon un éminent membre de notre Académie Monsieur Guy Franco auquel j'emprunte les phrases de conclusion de mon rapport de remise des prix de l'Académie : la simplicité, la modestie, la gentillesse et le travail. Selon G. Franco<sup>1</sup>,*

*Etre simple c'est être capable d'aller à l'essentiel : vos thèses nous ont toutes apporté la preuve que vous l'étiez.*

*Etre modeste c'est arriver à se situer avec justesse dans le cours des choses : les qualités que vous avez démontrées dans les discussions approfondies de vos travaux, nous révèlent que vous êtes déjà des scientifiques de valeur.*

*Etre gentil, c'est loin d'être démodé ou fleur bleu, c'est savoir que les autres existent et que tout ce que l'on peut faire pour faciliter leur épanouissement rejailli sur nous : ne l'oubliez pas lorsque vous serez vous même encadrant ou directeur de travaux.*

*Etre courageux dans le travail, c'est savoir être à travers sa propre réalisation dans des actes qui plus que de longs discours vous situent face à vous même et face aux autres.*

*Unanimes, les membres de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles lettres de Toulouse reconnaissent que le flambeau est en bonnes mains et que vous saurez tous continuer à défricher les chemins de la connaissance que vos anciens, que nous sommes, ont continué à ouvrir à la suite de leurs Maîtres.*

*Je ne peux terminer cette présentation sans adresser mes très vifs remerciements à Monsieur Michel Sicard, secrétaire perpétuel de l'Académie et à Monsieur Alain-Michel Boudet, directeur de l'Académie. Grâce à leur important travail de préparation des dossiers, à leur aide efficace et à leur grande disponibilité, mon travail a été grandement facilité.*

---

<sup>1</sup> Guy Franco : «La maison de Juan» Privat Editeur 1986.

# **LISTE DES PRIX MIS AU CONCOURS PAR L'ACADÉMIE EN 2013**

## **PRIX SPONSORISÉS**

**Prix de L'INNOVATION :** (doté par la Ville de Toulouse)  
pour des travaux particulièrement innovants.

**Prix de la FONDATION LA DEPECHE :**  
sujet concernant le développement de la culture scientifique, technique  
ou industrielle.

**Prix du CONSEIL GENERAL :**  
sujet concernant l'instruction.

**Prix d'ECONOMIE :** (doté par l'Université Toulouse I Capitole)  
pour un sujet traitant d'économie.

**Prix Paul SABATIER :**  
4 prix dotés par l'Université Paul Sabatier: mathématiques-informatique,  
physique, chimie, sciences de la vie ou de la terre.

**Prix Jean NOUGARO :**  
sujet traitant des sciences physiques de l'ingénieur doté par l'INP.

**Prix des SCIENCES de L'INGENIEUR :**  
(doté par l'Institut Polytechnique de Toulouse)  
pour un sujet en rapport avec les sciences de l'ingénieur.

**Prix Théodore OZENNE :**  
sujet ayant des implications économiques. Doté par le Crédit Municipal.

**Prix SANOFI :**  
sujet en biologie-santé ayant des applications concrètes.

**PRIX À CARACTÈRE LITTÉRAIRE****Prix Georges BASTIDE :**

sujet de discipline philosophique.

**Prix Alfred DUMERIL :**

histoire politique, sociale ou économique.

**Prix André FERRAN :**

ouvrage littéraire.

**Prix Sydney FORADO :**

sujet à caractère historique.

**Prix DEFENSE de la LANGUE FRANÇAISE :**

sujet en rapport avec la défense de la langue française.

**PRIX À CARACTÈRE SCIENTIFIQUE****Prix Lucien BABONNEAU :**

sujet concernant la diffusion de la connaissance scientifique.

**Prix Daniel BLANC :**

sujet traitant de physique nucléaire, atomique ou médicale.

**Prix Fernand CAUJOLLE :**

sujet se rapportant aux sciences pharmaceutiques.

**Prix Dominique CLOS :**

sujet de biologie ou d'écologie.

**Prix Adrien GAUSSAIL :**

sujet de mathématique ou physique.

**Prix Henri GAUSSEN :**

sujet de biologie du développement animal ou végétal.

**Prix Pierre MAURY :**

activités aéronautiques, astronomiques ou de la recherche spatiale.

**Prix PICOT de LAPEYROUSE :**

sujet en rapport avec les sciences de la Terre, des océans ou de l'atmosphère.

**PRIX À CARACTÈRE MÉDICAL**

**Prix BRETESCHE de médecine :**

sujet de recherche clinique ou biologique ayant des applications médicales.

**Prix Edouard MAUREL :**

sujet d'hygiène ou de santé publique.



**LES MARDIS DE L'HÔTEL D'ASSÉZAT  
CYCLE DE CONFÉRENCES PUBLIQUES  
ANNÉE 2012-2013**



**Mardi 16 octobre 2012**

Monsieur Philippe DANDIN, Directeur de la Climatologie à Météo-France.

**«*DES CAROTTES DE POUSSIÈRES  
POUR COMPRENDRE LE CLIMAT*»**

Les climatologues s'efforcent de reconstituer les évolutions passées du climat, afin d'en toujours mieux comprendre les mécanismes naturels mais aussi le rôle des activités humaines, et ainsi contribuer à affiner les projections climatiques. Ils trouvent ces informations dans diverses sources anciennes ayant

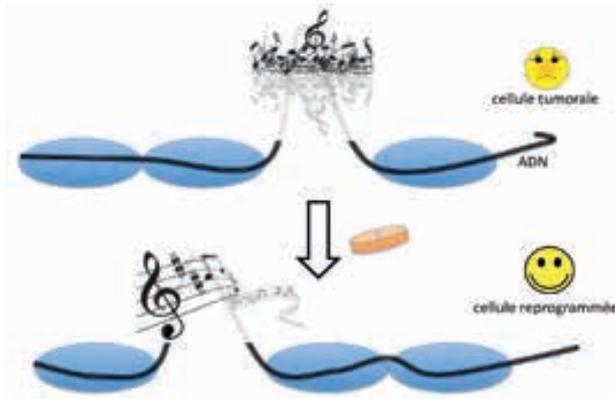
conservé une trace des conditions météorologiques : glaces, sédiments, bois, récits historiques... couvrant une période allant de -900.000 ans (carottes de glace en Antarctique) à la Révolution française. Les météorologues traitent une période plus récente, instrumentée.

L'ancêtre de Météo-France a été créé sous NAPOLÉON III, à la suite de désastres maritimes, au milieu du 19<sup>e</sup> siècle. Auparavant, des sociétés savantes avaient également organisé des collectes d'observations. De l'information est ainsi potentiellement disponible pour l'ensemble des territoires qui furent sous administration françaises, et notamment pour les anciennes colonies. La France dispose d'une riche histoire météorologique. Le service météorologique est un organisme scientifique très technique et au service de la Nation : plonger dans ses archives est également une plongée dans l'Histoire – sciences, techniques, institutions, relations internationales ...

**Mardi 20 novembre 2012**

Madame Paola B. ARIMONDO, Directeur de Recherche CNRS, Unité de Service et de Recherche n°3388.

**« L'ÉPIGÉNÉTIQUE : COMMENT RÉGULER L'ACCÈS À L'INFORMATION GÉNÉTIQUE : UNE NOUVELLE VOIE DE RECHERCHE CONTRE LE CANCER »**



La séquence d'ADN (acide désoxyribonucléique) contenue dans le noyau d'une cellule contient l'ensemble des informations qui lui sont nécessaires pour synthétiser ses composants et ses acteurs. Toutes les cellules d'un même individu possèdent le même patrimoine génétique, la même séquence

d'ADN, mais une cellule du foie va utiliser une certaine partie de cette information et celle du cerveau une autre. Les modifications dites «**épigénétiques**» sont impliquées dans cette régulation de l'information, c.-à-d. dans le fait qu'une partie soit lue ou non. **L'épigénétique** désigne ainsi en particulier les modifications chimiques de l'ADN et autour de l'ADN, qui sont réversibles et transmissibles mais qui n'affectent pas la séquence de l'ADN et donc l'information de la cellule. Ces modifications sont impliquées dans tous les processus biologiques, même dans les maladies comme le cancer. De plus, elles sont réversibles et peuvent donc devenir des approches intéressantes en thérapie : dans certains cas l'information dont a besoin la cellule est présente, il faut juste la rendre accessible. Après une introduction sur l'épigénétique, un exemple d'application pour combattre le cancer va être illustré.



**Dimanche 2 décembre 2012**

Monsieur Lucien REMPLON, Procureur Général Honoraire.

**« LES DUBARRY »**

**Mardi 11 décembre 2012**

Monsieur Claude CHAMBU, Directeur honoraire de centre de recherche TOTAL.

**« CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'ÉLECTRONUCLÉAIRE FRANÇAIS »**



Cette conférence se veut une présentation objective et neutre pour faciliter aux auditeurs le suivi des évolutions envisagées pour cette technologie.

Après une introduction sur les différentes sources d'énergie et des rappels élémentaires de

physique on décrit d'abord les différentes étapes de la fabrication du combustible ; du minerai jusqu'à l'oxyde UOX enrichi à 3,5% en uranium 235. Puis on présente le fonctionnement d'une centrale selon la technologie française PWR. On aborde ensuite les problèmes posés par le combustible usé dont le traitement, spécialité française, aboutit à trois fractions : les uraniums, les plutoniums et les produits de fission. Les deux premières sont recyclées ; la deuxième sous forme de combustible MOX qui ne pourra plus être recyclée. La troisième fraction est très radioactive avec des durées de vie qui peuvent être extrêmement longues et il n'y a pas actuellement de solution de stockage définitif ; après vitrification ces déchets sont entreposés dans des puits ventilés. Enfin on termine sur les technologies du futur envisageables ; d'abord l'EPR puis les réacteurs à neutrons rapides pour une industrialisation envisageable après 2040 puis la fusion pour éventuellement le prochain siècle.

**Mardi 8 janvier 2013**

Monsieur l'abbé J-C MEYER avec la participation de Monsieur le rabbin A. WEILL

**« MGR SALIEGE, L'AIDE AUX JUIFS PERSÉCUTÉS »**



Toile de Renée Gaston-Lagorre

Sous la grande figure de Mgr SALIÈGE, Mgr de SOLAGES et Mgr de COURRÈGES d'Ustou organisèrent une résistance spirituelle en faveur des juifs persécutés. De Hannouka à Pourim, épopée d'une résistance héroïque et salutaire, ou comment faire face à la menace d'anéantissement spirituel et à celle de l'anéantissement physique.

**Mardi 12 février 2013**

Monsieur François BORDES, Conservateur en chef du Patrimoine Directeur des Archives municipales de Toulouse.

**«GERMAINE CHAUMEL PHOTOGRAPHE HUMANISTE»**

Totalement oubliée de l'histoire actuelle de la photographie, Germaine CHAUMEL fut pourtant l'une de ses plus remarquables servantes entre 1935 et 1950 et peut être considérée à juste titre comme l'une des précurseurs de la « photographie humaniste » française. Elle apparaît notamment comme l'une des meilleures représentantes de la « nouvelle vision » photographique qui se développa dans l'entre-deux guerres.

A l'instar de Willy RONIS ou de BRASSAI dans la capitale, Germaine CHAUMEL a flâné dans les rues de Toulouse à la recherche d'un instant éphémère ou d'une rencontre. Son studio a été fréquenté par les vedettes et les notabilités de l'époque. Photo-reporter au service de la presse régionale et internationale, elle a été récompensée par de nombreux prix dans les salons d'art photographique nationaux. L'ensemble de son œuvre, d'une exceptionnelle sensibilité, porte un regard empathique d'une émouvante proximité sur le quotidien des Toulousains.

**Mardi 5 mars 2013**

Monsieur Jean-Louis RUFFIE, Docteur en Histoire

**«LES HABITANTS DE VICDESSOS DANS LEURS MAISONS AU XVII<sup>ÈME</sup> SIÈCLE (PYRENEES ARIÉGEISES)»**

L'auteur tente de faire revivre des montagnards de la haute Ariège, appelée alors le comté de Foix, en les observant dans leurs maisons, à partir de documents strictement d'époque, conservés aux archives départementales : les bâtisses, leurs dimensions, leurs caractères, leurs dispositions intérieures (à partir d'informations diverses), leur mobilier, enfin quelques éléments de la vie quotidienne au XVII<sup>ème</sup> siècle.

**Mardi 19 mars 2013**

Monsieur Robert MARCONIS, Professeur émérite des Universités.

**«LE CANAL DU MIDI : UN AVENIR INCERTAIN POUR UNE VOIE D'EAU HISTORIQUE»**



Désormais classé au Patrimoine mondial par l'UNESCO, le Canal du Midi fut, dès sa mise en eau, en 1681, un remarquable outil économique pour le Languedoc. Victime de la concurrence du chemin de fer au XIX<sup>ème</sup> siècle, puis des transports routiers, le trafic des marchandises a complètement disparu de la voie d'eau dans les années 1980, au moment où se développait le tourisme fluvial attirant des plaisanciers de plus en plus nombreux qui «découvraient» les beautés de cet ouvrage jalonné de remarquables ouvrages d'art, conçus il y a plus de

trois siècles pour assurer son alimentation en eau et permettre l'acheminement des hommes et des marchandises entre Toulouse et la Méditerranée, de part et d'autre du seuil de Naurouze. Entre économie et culture, entre l'État, les collectivités territoriales et des «usagers» aux intérêts souvent antagonistes, l'avenir du canal reste cependant bien incertain en l'absence d'un grand projet cohérent de mise en valeur, respectueux de sa valeur patrimoniale.

**Mardi 9 avril 2013**

Monsieur Max MARTY, Professeur à l'ENSEEIH.

**«QUELLES ÉNERGIES POUR LA FRANCE DE DEMAIN ?»**



Qu'est-ce que l'énergie ?

- Pourquoi y-a-t-il aujourd'hui un problème d'énergie ?

Les différentes solutions proposées seront analysées :

- Avantages, inconvénients, pollution, coût...
- Hydraulique,
- Éolien,
- Solaire photovoltaïque, solaire thermique,
- Electronucléaire,
- Thermiques de types bois, charbon, gaz.
- Comparaison des politiques des états.
- Biodiversité et développement durable.

**Mardi 23 avril 2013**

Pr. Jean-Pierre VINEL, Faculté de Médecine de Toulouse-Purpan

**«L'ONCOPOLE DE TOULOUSE-MIDI-PYRÉNÉES»**



Le projet d'Oncopole de Toulouse Midi-Pyrénées a été lancé en 2004 par Philippe DOUSTE-BLAZY, alors Maire de Toulouse et Président de la Communauté d'Agglomération du Grand Toulouse. Installé sur le site de l'ancienne AZF, à Langlade, il se compose de :

- l'Institut Universitaire du Cancer de Toulouse (IUCT) associant un hôpital dédié au cancer, résultant de la fusion de l'actuel Centre de Lutte Contre

le Cancer (Institut Claudius RÉGAUD) et de services du CHU, notamment l'hématologie clinique et l'anatomie-pathologique, et le Centre de Recherche en Cancérologie de Toulouse (CRCT) unité mixte de recherche Inserm-Université (UMR 1037) regroupant douze équipes.

- Oncomip : réseau régional labellisé par l'INCa qui coordonne l'activité de 65 établissements de la région participant à la prise en charge de patients porteurs de cancers
- L'Institut des Technologies Avancées en Sciences du Vivant, unité Mixte de Service (CNRS, PRES Université de Toulouse), l'UMS 3039, créée le 1<sup>er</sup> janvier 2009, hébergé au sein du Centre Pierre POTIER où elle interagit avec une pépinière d'entreprises de biotechnologie, pour faciliter l'innovation, le transfert technologique et la valorisation
- les laboratoires Pierre FABRE et Sanofi.

### Mardi 4 juin 2013

Monsieur Stéphane AMANT, Ingénieur à Carbone 4

### «*CONSOMMATION D'ENERGIE, POURQUOI ET COMMENT CHANGER DE MODÈLE ?*»



Alors que le Débat National sur la Transition Energétique bat son plein, on ne peut que déplorer l'insuffisance du niveau de compréhension des enjeux énergétiques dans l'opinion publique. En dehors du sempiternel débat sur le nucléaire ou des discussions de comptoir sur le prix des carburants, point de salut, le sujet ne passionne pas les foules ... Pourtant, aujourd'hui, la robustesse et la performance de notre système socio-économique reposent sur un approvisionnement énergétique, sous toutes ses formes, en grande quantité. Cet exposé a donc la modeste ambition de fournir les éléments nécessaires pour comprendre et, le cas échéant, participer au débat, au-delà des idées reçues et des raccourcis réducteurs.

- en préambule le rôle crucial de l'énergie dans notre société moderne
- l'état des lieux de la consommation énergétique dans le Monde, mais aussi et surtout en France, afin de permettre le cadrage des enjeux.

- les particularités de la région Midi-Pyrénées dans le panorama français
- la répartition entre les différents usages et les différents types de consommateurs
- le coût de l'énergie: à la fois faible et élevé
- le climat ne doit pas être oublié
- la transition: une étape incontournable
- la transition ne sera pas un long fleuve tranquille : les obstacles à surmonter
- le triptyque désormais connu de «sobriété, efficacité, substitution»
- quelques perspectives liées à la R & D
- en conclusion, changer de modèle, c'est une opportunité à ne pas laisser passer

## **COMPTE RENDU MORAL 2012-2013**

L'Académie a tenu 17 séances. Le bureau de l'Académie s'est réuni 6 fois. Pierre LILE est le Président et Alain BOUDET le directeur. L'Assemblée générale a réélu M. Jacques TOURNET, secrétaire adjoint, élu M<sup>me</sup> Andrée MANSAU, bibliothécaire adjointe et renouvelé les comités. Dix conférences publiques ont été organisées ainsi qu'une participation à la Novela par plusieurs conférenciers de notre Académie. M. Lucien REMPLON a présenté une conférence sur « les DUBARRY » lors de la séance publique solennelle. Le rapporteur général M. Guy AHSELL de TOULZA a résumé les mérites des lauréats. Les prix ont tous été financés. Etaient présents ou représentés le Président du Conseil Général, le président du Conseil Régional, le maire de Toulouse, les présidents des Universités et le directeur du Crédit Municipal.

### **A été élu membre titulaire de l'Académie :**

- M. Guy AHSELL de TOULZA (Classe des Inscriptions et Belles Lettres)

### **Ont été élus membres correspondants non-résidents de l'Académie :**

- M<sup>me</sup> Jannine DROUIN (Classe des Inscriptions et Belles Lettres)
- M. Denis FAVENNEC (Classe des Inscriptions et Belles Lettres)

### **Ont été élus membres correspondants étrangers :**

- M. Boudjema HAMADA (Sciences)
- M. Manuel CASTELLET (Sciences)



## TRAVAUX DE L'ACADÉMIE 2012-2013

**11 octobre 2012** – Ouverture de l'année académique par le président Georges LARROUY. Transmission des pouvoirs à M. Pierre LILE pour les années académiques 2012 à 2014. Installation de M. Alain BOUDET, directeur pour les années académiques 2012 à 2014. Attribution des prix décernés par l'Académie pour l'année académique 2011-2012. Communication de M. Georges SOUBEILLE : « *Pierre ROUSSEAU (1716-1785) : l'étonnant parcours d'un grand journaliste Toulousain* ».

**25 octobre 2012**- Communication de M. Jean-Paul BOUNHOURE : « *Effets délétères cardiaques et pulmonaires de la pollution atmosphérique* ».

**8 novembre 2012** – Election comme membre correspondant étranger dans la classe des Sciences de M. Boudjema HAMADA par M.Armand LATTES. Communication de M. Yves LE PESTIPON : « *Eloge de l'éloge de Jean de PIN* ».

**22 novembre 2012** – Eloge de M. Yves LAPORTE par M. Jacques ARLET. Communication de M. Paul REY : « *Histoire de l'écosystème au développement durable* ».

**2 décembre 2012** – Allocution du Président Pierre LILE. Conférence par M. Lucien REMPLON, procureur général honoraire « *LES DUBARRY* ». Remise des prix annuels sur le rapport général de M. Guy AHLSELL de TOULZA.

**13 décembre 2012** – Eloge de M. Jean COMBES par M. Henri MASCART. Communication de M. Alain BOUDET : « *Aliments, santé : entre science, bon sens et marketing* ».

**10 janvier 2013** – Election comme membre correspondant dans la classe des Inscriptions et Belles Lettres de M<sup>me</sup> Jeannine DROUIN par M<sup>me</sup> Anne-Catherine WELTE. Communication de M. Henri REME: « *Comètes et astéroïdes : mythes, origine et importance* ».

**24 janvier 2013** – Assemblée générale. Approbation du rapport d'activité, du rapport financier 2012 et projet de budget pour 2013. Renouvellement des membres du Bureau et des Comités. M<sup>me</sup> Andrée MANSOU est élue bibliothécaire adjointe.

**14 février 2013** – Election, comme membre correspondant dans la classe des Inscriptions et Belles Lettres, de M. Denis FAVENNEC par M. Yves Le PESTIPON. Communication de M. Christian JOAQUIM : « *Atome, technologie et molécule-machine* ».

**21 février 2013** – Election, comme membre titulaire dans la classe des Inscriptions et Belles Lettres, de M. Guy AHLSELL de TOULZA par M. Bernard MONTAGNES. Communication de M. Michel QUINTARD : « *Pollution des sols : mécanismes physicochimiques et scénarios de pollution* ».

**14 mars 2013** – Eloge de M. Pierre TRAINAR par M. Germain SICARD. Communication de M<sup>me</sup>. Anne-Catherine WELTE : « *Ruses et artifices dans la préhistoire* ».

**28 mars 2013** – Communication de M. Georges LARROUY : « *Les populations amérindiennes* ».

**11 avril 2013** – Election comme membre correspondant - étranger dans la classe des Sciences de M. Manuel CASTELLET par M. Henri MASCART. Communication de M. Olivier MOCH : « *La culture scientifique et technique, champ d'action du monde associatif* ».

**25 avril 2013** – Eloge de M. Pierre BOURBON par M. Jean OUSTRIN. Communication de M. Jean-Pierre MARICHY : « *Géopolitique des conflits du XXI<sup>ème</sup> siècle* ».

**16 mai 2013** – Communication de M. Serge BORIES : « *Un savant trop modeste* ».

**30 mai 2013** – Communication de M. Philippe DORCHIES : « *Un fait de société : les poissons docteurs* ».

**13 juin 2013** – Communication de M. Denis FAVENNEC : « *Analyse des implications esthétiques et mathématiques de l'anamorphose réalisée par Hans HOLBEIN le Jeune dans le tableau dit : Les Ambassadeurs* ».

Clôture de l'année académique.

## **BIENFAITEURS DE L'ACADÉMIE DEPUIS L'ORIGINE JUSQU'À LA RÉVOLUTION**

LES ÉTATS DE LA PROVINCE DE LANGUEDOC

LA VILLE DE TOULOUSE

RIQUET, COMTE DE CARAMAN (Victor Pierre François), Lieutenant général des armées, associé honoraire (1698-1739).

NIQUET DE SÉRANE (Antoine Joseph de), Premier président du Parlement (1739).

AIGNAN, BARON D'ORBESSAN (Antoine Marie de), Président à mortier, Secrétaire perpétuel (1739).

RIQUET DE BONREPOS (Jean Gabriel Amable Alexandre), Procureur général, associé honoraire (1739).

HELIOT (Benoît d'), Abbé de Perrai-Neuf, associé ordinaire (1779).

### **DEPUIS LE RETABLISSEMENT EN 1807**

LA VILLE DE TOULOUSE (depuis 1808).

LE MINISTÈRE DES AFFAIRES CULTURELLES (depuis 1971).

LE CONSEIL GÉNÉRAL DE LA HAUTE-GARONNE (de 1905 à 1920 et depuis 1958).

L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE (depuis 1951).

L'INDUSTRIE ET LE COMMERCE TOULOUSAINS ET RÉGIONAUX (depuis 1952).

VAISSE-CIBIEL (Emilien), avocat, ancien Président de l'Académie (1882).

GAUSSAIL (le docteur Adrien), Professeur à l'École de Médecine, ancien Président de l'Académie (1883).

MAURY (Pierre), négociant (1892).

OZENNE (Théodore), ancien Président du Tribunal de Commerce (1894).

CLOS (le docteur Dominique), Professeur à la Faculté des Sciences, correspondant de l'Institut, ancien Président de l'Académie (1909).

MAUREL (le docteur Edouard), Professeur à la Faculté de Médecine, correspondant de l'Académie de Médecine, ancien Président de l'Académie (1915).

DUMERIL (Alfred), doyen de la Faculté des Lettres, ancien Président et Secrétaire perpétuel de l'Académie (1927).

ABADIE-DUTEMPS (Ernest), associé ordinaire (1928).

PRIVAT (Edouard), associé ordinaire (1935).

BABOULET (Edouard) (1945).

GAUSSEN (Henri) (1981).

ENDERS (John) (1985).

FORADO (Sydney) (1997).

SALLES (Alice) (2001).

## REMERCIEMENTS

L'Académie remercie tous les donateurs qui leur apportent leur soutien pour la publication de ses *Mémoires* :

- la Ville de Toulouse,
- le Conseil Général de la Haute-Garonne,
- le Conseil Régional de Midi-Pyrénées,
- l'Institut National Polytechnique,
- l'Université des Sciences sociales,
- l'Université Paul Sabatier,
- Laboratoires Pierre Fabre,
- Caisse d'Épargne « Écureuil » de Haute-Garonne.
- Crédit Mutuel Municipal.

## TABLE DES MATIÈRES

Notice historique .....	7
État des Membres de l'Académie 2012-2013 .....	11
SOUBEILLE Georges : « Pierre ROUSSEAU (1716-1785) : l'étonnant parcours d'un grand journaliste Toulousain » .....	27
BOUNHOURE Jean-Paul : « Effets délétères cardiovasculaires et pulmonaires de la pollution atmosphérique » .....	39
LE PESTIPON Yves : Eloge de l'éloge de Jean DE PIN .....	51
ARLET Jacques : Éloge de M. Yves LAPORTE .....	61
REY Paul : « Histoire de l'écosystème au développement durable » .....	65
MASCART Henri : Eloge de M. Jean COMBES .....	111
BOUDET Alain : « Aliments, santé : entre science, bon sens et marketing » .....	113
MEYER Jean-Claude : « Sous l'autorité de Mgr SALIÈGE L'aide aux Juifs persécutés » .....	127
REME Henri : « Comètes et astéroïdes mythes, nature et importance » ..	137
QUINTARD Michel : « Pollution des sols : mécanismes physicochimiques et scénarios de pollution » .....	153
SICARD Germain : Eloge de M. Pierre TRAINAR .....	171
WELTÉ Anne-Catherine : « Ruses et artifices des hommes préhistoriques » .....	175
LARROUY Georges : « Le peuplement pré-colombien des Amériques » .....	199
MOCH Oliver : « La culture scientifique et technique, champ d'action du monde associatif » .....	209
OUSTRIN Jean : Eloge de M. Pierre BOURBON .....	221
MARICHY Jean-Pierre : « Géopolitique des conflits au XXI <sup>e</sup> siècle » .....	223
BORIES Serge : « Un savant trop modeste Henri Poincaré (1854-1912) » .....	237
DORCHIES Philippe : « Un fait de société : les poissons docteurs » .....	255
FAVENNEC Denis : « La peinture et son double, observations sur les ambassadeurs de Hans Holbein le Jeune » .....	267
Rapport Général de remise des prix pour l'année 2013 .....	283
Liste des prix mis au concours par l'Académie en 2013 .....	291
Les Mardis de l'Hôtel d'Assézat .....	295
Compte rendu moral 2012-2013 .....	303
Travaux de l'Académie 2012-2013 .....	305
Bienfaiteurs de l'Académie et remerciements aux donateurs .....	307



# PUBLICATIONS

## De l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse

### Depuis sa fondation en 1746, jusqu'à nos jours

Ces publications forment 174 volumes des Mémoires divisés en 19 séries suivant le tableau ci-dessous :

1 <sup>re</sup> Série,	4 tomes	in-4°	.....	1782-1790
2 <sup>e</sup> —	6 —	in-8°	.....	1827-1843
3 <sup>e</sup> —	6 —	—	annuels .....	1844-1850
4 <sup>e</sup> —	6 —	—	.....	1851-1856
5 <sup>e</sup> —	6 —	—	.....	1857-1862
6 <sup>e</sup> —	6 —	—	.....	1863-1868
7 <sup>e</sup> —	6 —	—	.....	1869-1878
8 <sup>e</sup> —	14 —	—	semestriels .....	1879-1885
—	et 3 —	—	annuels .....	1886-1888
9 <sup>e</sup> —	9 —	—	.....	1889-1897
			3 volumes de «bulletins» .....	1898-1900
10 <sup>e</sup> —	12 tomes	in-8°	annuels .....	1901-1912
11 <sup>e</sup> —	10 —	—	.....	1913-1922
12 <sup>e</sup> —	16 —	—	.....	1923-1938
13 <sup>e</sup> —	10 —	—	.....	1939-1959
14 <sup>e</sup> —	10 tomes	parus .....		1960-1969
15 <sup>e</sup> —	10 tomes	parus .....		1970-1979
16 <sup>e</sup> —	10 tomes	parus .....		1980-1989
17 <sup>e</sup> —	10 tomes	parus .....		1990-1999
18 <sup>e</sup> —	10 tomes	parus .....		2000-2009
19 <sup>e</sup> —	4 tomes	parus .....		2010-2019

Chaque tome comporte une table des matières

Actes du Colloque :

en 2001 : "Toulouse au XIX<sup>e</sup> siècle"

Cinq tables générales ont été publiées :

en 1854 pour les 3 premières séries (publiée à part) ;

en 1864 pour la 4<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> série (publiée à part) ;

en 1868 pour la 6<sup>e</sup> série (fin du volume seulement) ;

en 1880 pour la 7<sup>e</sup> série (publiée à part) ;

en 1978 pour les volumes parus de 1879 à 1977 (publiée à part).

en 2001 pour les volumes parus de 1992 à 2000 (publiée à part).

Un « annuaire » de l'Académie a été publié en 1814, 1816, 1819, 1823, 1826, 1827 et de 1846 à 1886 (format in-18), soit 47 brochures. Une table des matières des annuaires a été insérée dans celui de 1880.

Des renseignements historiques et bibliographiques sur l'Académie figurent dans les volumes de Mémoires des années 1847, 1877, 1888, 1905 à 1908, 1912, 1930 et depuis 1958.

Les demandes de volumes ou de photocopies doivent être adressées à M. le Président de l'Académie, Hôtel d'Assézat, place d'Assézat, Toulouse.

---

Imprimerie RELIEFDOC

17, avenue Prat Gimont

31130 BALMA

Tél. : 05 61 24 49 98

Fax : 05 61 36 53 39

---

Dépôt légal 4<sup>e</sup> trimestre 2013