

BULLETIN N° 168
ACADÉMIE EUROPEENNE
INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



Séance du mardi 9 octobre 2012:

Conférence de François ROBERT

Directeur de recherche au CNRS

Directeur de l'UMR 7202 CNRS –MNHN.

LMCM : Laboratoire de Minéralogie et Cosmochimie du Muséum

Président du Programme National de Planétologie – CNRS

"Comment reconstituer la synthèse organique dans le système solaire primitif ?"

Prochaine séance :

mardi 13 novembre à 16h Institut Henri Poincaré salle 201

11, rue Pierre et Marie Curie Paris 5^{ème}

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE AEIS

Réflexions sur la Thématique d'un futur Colloque

Réflexions sur les perspectives de publication des actes de nos colloques

Académie Européenne Interdisciplinaire des Sciences

Siège Social : Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme 54, bd Raspail 75006 Paris

Nouveau Site Web : <http://www.science-inter.com>

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

FONDATION DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME

PRESIDENT : Pr Victor MASTRANGELO
VICE PRESIDENT : Pr Jean-Pierre FRANÇOISE
SECRETAIRE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN
TRESORIER GENERAL : Claude ELBAZ

PRESIDENT FONDATEUR : Dr. Lucien LEVY (†)
PRESIDENT D'HONNEUR : Gilbert BELAUBRE
SECRETAIRE GENERAL D'HONNEUR : Pr. P. LIACOPOULOS (†)

MEMBRE S CONSULTATIFS DU CA :
 Gilbert BELAUBRE
 François BEGON
 Bruno BLONDEL
 Patrice CROSSA-REYNAUD
 Michel GONDRAN

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUDJI
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES : Pr Brigitte DEBUIRE

SECTION DE NICE :
PRESIDENT : Doyen René DARS

SECTION DE NANCY :
PRESIDENT : Pr Pierre NABET

octobre 2012

N°168

TABLE DES MATIERES

- P. 03 Compte-rendu de la séance du mardi 9 octobre 2012
- p.09** Compte-rendu de la section Nice Côte d'Azur du 19 septembre 2012
- P.14 Annonces
- P.20 Documents

Prochaine séance:

mardi 13 novembre à 16h Institut Henri Poincaré salle 201
11 rue Pierre et Marie Curie Paris 5^{ème}

ASSEMBLEE GENERALE AEIS

Réflexions sur la Thématique d'un futur Colloque
Réflexions sur les perspectives de publication des actes de nos colloques

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES
Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

Séance du
Mardi 9 octobre 2012

Maison de l'AX 17h30.

La séance est ouverte à 17 h30 sous la Présidence de Victor MASTRANGELO et en la présence de nos collègues Gilbert BELAUBRE, Alain CARDON,, Françoise DUTHEIL, Claude ELBAZ , Michel GONDRAN, Irène HERPE-LITWIN, Jacques LEVY, Pierre MARCHAIS, Pierre PESQUIES, Alain STAHL Jean SCHMETS.

Etaient excusés François BEGON, Bruno BLONDEL, Michel CABANAC, Gilles COHEN-TANNOUDJI, Daniel COURGEAU, Jean -Pierre FRANCOISE , Robert FRANCK, Walter GONZALEZ, Gérard LEVY, Saadi LAHLOU, Valérie LEFEVRE-SEGUIN , Emmanuel NUNEZ, Jean SCHMETS.

I) La séance est dédiée à la Conférence de François ROBERT :

"Comment reconstituer la synthèse organique dans le système solaire primitif ?"

Notre Président nous présente notre conférencier: **François ROBERT** est Directeur de recherche au CNRS , Directeur de l'UMR 7202 CNRS –MNHN. Il travaille au Laboratoire de Minéralogie et Cosmochimie du Muséum. Il est également Président du Programme National de Planétologie au CNRS.

Après avoir en 1982 soutenu une Thèse d'Etat portant sur "*Compositions isotopiques des chondrites*" il obtient en 1984 un "Research fellowship" au CALTECH à Pasadena dans le Laboratoire du Pr Samuel EPSTEIN. De retour en France en 1986 il obtient un poste de chargé de recherches au CNRS au laboratoire de Géochimie des Isotopes stables à l'Université de Jussieu Paris VII dans le laboratoire du Pr JAVOY. En 1990 il y est nommé Directeur de Recherches. De 1992 à 2000, il est nommé Directeur de recherche CNRS au Laboratoire de Minéralogie (Muséum d'Histoire Naturelle). Depuis 2008, il est nommé Directeur de l'UMR 7202 CNRS –MNHN. LMCM (Laboratoire de Minéralogie et Cosmochimie du Muséum).

Parmi ses nombreuses responsabilités administratives il exerce entre autres celles de :

- Correspondant scientifique de la Société Astronomique de France (1995-2002)
- Membre du GDR-CNRS Exobiologie (1998-2002).
- Membre du groupe Système Solaire au CNES (2000-2004)
- Responsable du programme PNP « Terre Primitive » (2002-2004; Programme CNRS INSU-PNP)
- Membre du comité CAPTEM-NASA : gestion collection Interplanetary Dust Particles (2000-2006)
- **Co-investigateur pour la mission spatiale MSL Mars Science Lab. (2003-2010).**
- **Co-investigateur pour la mission spatiale UREY-Nasa (2010).**
- Membre du CNU (2004-07; section 36).
- **Responsable au CNES de la mission NASA StarDust (2005-07)**
- Sous Directeur du Département Histoire de la Terre au Muséum (2005-)
- Membre du Conseil Scientifique du Muséum (2006-)
- Président du Programme National de Planétologie – CNRS (2007-)

Ses principales thématiques de recherche centrées sur la cosmochimie sont:

Roches sédimentaires

Les traces de la Vie dans les plus vieux sédiments terrestres.

La température des océans anciens.

Matière extraterrestre

La synthèse organique durant la formation du système solaire.

L'activité du soleil jeune enregistrée par les compositions isotopiques

L'origine de l'eau dans le système solaire.

Physico-chimie

Approches Théoriques des fractionnements isotopiques

Cinétiques des échanges isotopiques

Il est également l'auteur de très nombreuses publications scientifiques (98 publications internationales) et décoré de la Leonard Medal de la Meteoritical Society

La parole est donnée à notre Conférencier qui nous présente:

Comment reconstituer la synthèse organique dans le système solaire primitif?

C'est en étudiant la nature chimique des chondrites carbonées¹ qui sont des météorites pierreuses que l'on peut essayer de répondre à la question. Cet exercice qu'on appelle *cosmochimie* se heurte à des difficultés liées au contraste entre des objets pouvant se situer à des Années Lumière (AL) et contenant des molécules de taille microscopique. Les chondrites carbonées sont des fossiles des premiers solides du système solaire qui se sont formés il y a environ 4 milliards d'années à partir du soleil et qui se sont très peu transformés. C'est à partir de l'accrétion de ces éléments que se seraient formées les planètes.

Les Chondrites carbonées (CCs) comportent deux types de matière organique:

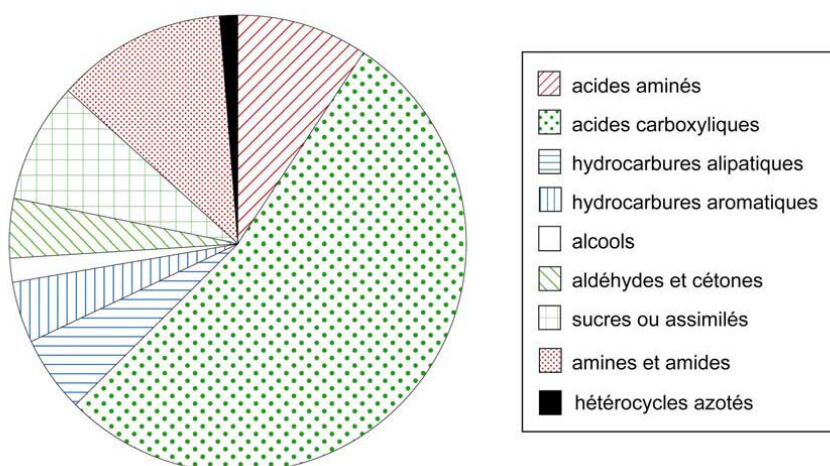
- la Matière Organique Insoluble (MOI)
- la Matière Organique Soluble (MOS) .

Dans la **MOI**, les composants sont toujours associés à de l'eau, des argiles comme le montrent les compositions des deux météorites ci-dessous:

Météorite Orgueil ² : Organics: 3,5 wt% C - Argiles: 20 wt% Eau	Météorite Murchison : Organics: 1,2 wt% C - Argiles: 2.5 wt% Eau
--	--

La **Matière Organique Insoluble (MOI)** représente en général plus de 80% de la masse de des substances carbonées et la **Matière Organique Soluble (MOS)** moins de 15%. Elle est composée de matière insoluble dans la plupart des solvants .

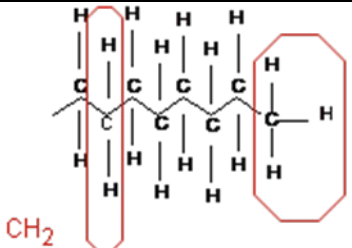

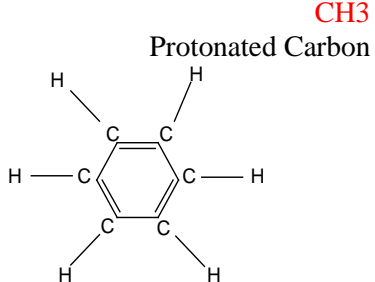
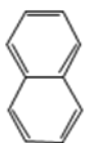
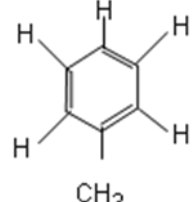
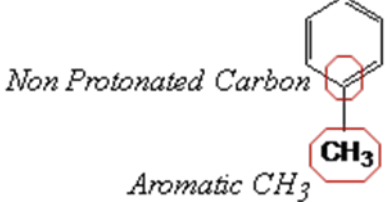
La **Matière Organique soluble (MOS)** contient un certain nombre de substances d'intérêt biologique ; **Acides aminés, Hétérocycles azotés, Amines et amides**. D'origine abiotique, elle comporte une plus grande diversité sur les chondrites que dans le vivant (très grande diversité des isomères, enrichissement en isotopes lourds) . La figure ci-dessous montre la répartition de la MOS sur la chondrite de Murchison (Australie) détectée en 1988:

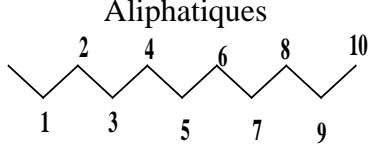
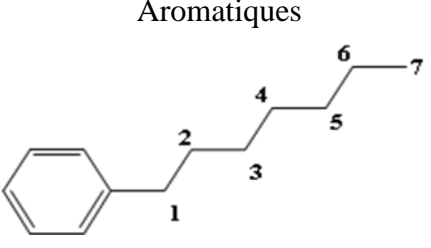
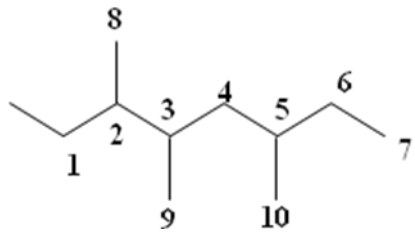
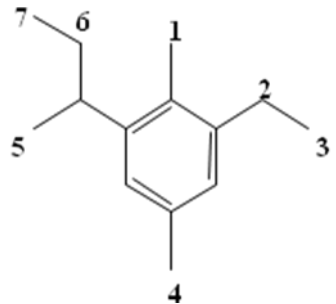


¹ Chondrite est un terme utilisé en astronomie pour désigner un certain type de météorite pierreuse (moins de 35% de métal). Cette catégorie renferme les météorites les plus primitives et est elle même divisée en plusieurs sous groupes de météorites : les chondrites ordinaires, les chondrites primitives, les chondrites carbonées et les chondrites à Enstatite. Une chondrite carbonée ou chondrite de type C est une météorite chondritique.

² La météorite d'orgueil, qui est de type extrêmement rare, celui des chondrites carbonées de type CI, est tombée en 1864 près d'Orgueil dans le Tarn et Garonne. Celle de Murchison est tombée en Australie en 1969

Notre conférencier nous donne les principales définitions des composés dans les tableaux ci dessous:

Aliphatique		Représentation Schématique	
Aromatique		Représentation Schématique	
Aromatique + Aliphatique		Représentation Schématique	

<p>Aliphatiques</p> 	<p>Aromatiques</p> 
<p>« Aliphatiques Ramifiés »</p> 	<p>« Aromatiques Substitués »</p> 

Notre conférencier nous explique les techniques utilisées pour déterminer les structures chimiques des molécules de la MOI:

I) Méthodes destructrices suivies de Chromatographie gazeuse/ Spectrométrie de masse
Dégradation thermique
Dégradation chimique
II) Méthodes non destructrices
Résonance Magnétique Nucléaire(NMR)
Spectroscopie IR Traitée par Transformée de FOURIER(FTIR)
Spectroscopie d'absorption en zone limite des rayons X (XANES)
Résonance Paramagnétique Electronique (EPR)
Microscopie Electronique de Haute Résolution (HRTEM)

L'ensemble de ces composants interagit pour donner une grande diversité de molécules très complexes. Les chaînes aliphatiques s'y avèrent très différentes de celles trouvées dans la matière biologique: Tout comme dans le milieu interstellaire **leur synthèse n'est pas gouvernée par des enzymes** .

Par spectroscopie Infra Rouge (IR) on a déterminé les rapports CH_2/CH_3 . Ce rapport converge vers une valeur voisine de 1,5 très différente de celle obtenue dans le milieu biologique. **Ceci est en défaveur d'une présence de la vie** .

Par ailleurs, les chaînes sont ramifiées et combinées avec des aromatiques. Dans la matière insoluble (MOI) les nombres de cycles sont assez limités. ce qui diffère du milieu interstellaire où les molécules sont beaucoup plus grosses que dans les météorites. En moyenne il y a peu de polymérisations massives sur les météorites où le rayonnement UV à température élevée dégrade les chaînes aromatiques.

En ce qui concerne la présence de O_2 , N_2 , et d'autres molécules gazeuses dans les météorites on n'y trouve pas de trace d'hydrolyse. Par ailleurs, on ne trouve pas de relation entre les petites molécules solubles et le monde biologique.

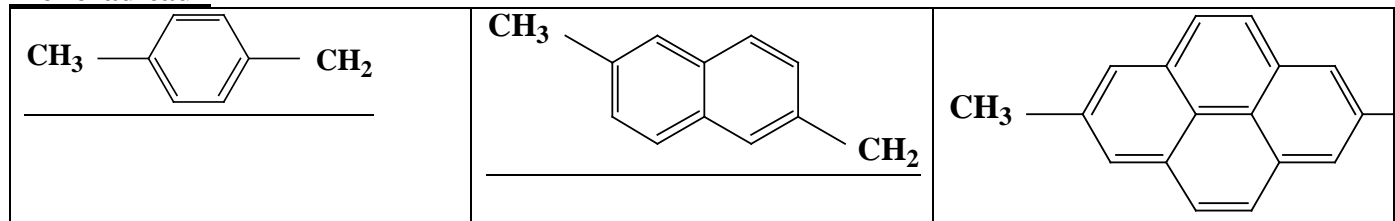
Certains polymères contiennent des trous contenant des gaz rares avec des isotopes caractéristiques des gaz planétaires (très différents des gaz solaires). Il semblerait donc que la matière organique piège les gaz planétaires. Par ailleurs , la matière des météorites est très riche en H_2 lui même très riche en Deutérium. L'étude du rapport D/H apporte de nombreuses informations:

Les énergies de liaison C-H diffère selon que l'on est en présence de chaînes aliphatiques, aromatiques ou benzyliques. Les liaisons ont été enrichies postérieurement en Deutérium et elles l'ont été d'autant plus que la liaison C-H est fragile. Il en résulte une très grosse hétérogénéité du rapport D/H dans les grosses molécules.

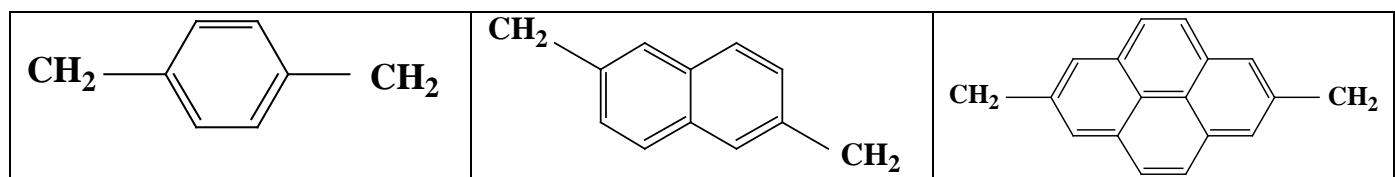
Ainsi, dans les radicaux organiques, il existe des monoradicaux CH_2 , des diradicaux. Les monoradicaux sont très riches en Deutérium (D) avec un rapport D/H très élevé.

Les radicaux organiques

Monoradicaux



Diradicaux (sans contrepartie dans les kérogènes terrestres)



Dans la matière organique des météorites, ces radicaux sont concentrés dans des zones micrométriques.

Cet énorme enrichissement serait dû au froid. Dans le milieu interstellaire on trouve des ions H_3^+ , avec un rapport $\text{H}_2\text{D}^+/\text{H}_3^+$ très élevé. Ceci serait dû au fait que la formation d'une étoile -phénomène très violent- est le siège de nombreuses réactions nucléaires dans les disques qui gravitent autour d'elle. Par ailleurs, en milieu riche en UV existe une importante ionisation d'où des réactions du type:

- (1) $\text{HD} + \text{H}_3^+ \rightarrow \text{H}_2\text{D}^+ + \text{H}_2$
- (2) $\text{H}_2\text{D}^+ + (\text{HC})_n \rightarrow (\text{HC})_{n-1} + \text{DC} + \text{H}_2 + \text{H} + \text{e}$

Se pose le problème: . Peut-on simuler en laboratoire, sous un rayonnement ionisant, la synthèse de la matière organique insoluble ?

Conclusions: ce que l'on sait et ce que l'on croit...

La Matière Organique :

- est formée en phase gazeuse par une aromatisation progressive des chaînes aliphatiques (aromatiques très substitués)
- est condensée à partir de la phase gazeuse (présence de di-radicaux)
- représente une distribution statistique de toutes les liaisons organiques possibles (pas de catalyseur)
- est condensée sur des grains (pas de photolyse des petites unités aromatiques)
- a enfermé le gaz protosolaire (xénon)
- a subi une oxydation vraisemblablement secondaire (dans les corps parents)
- n'est pas la source des petites molécules dites pré-biotiques (pas de liaison N-H ou N-H₂)
- n'est pas un produit interstellaire (deutérium)

Après cette brillante présentation sont abordés quelques problèmes concernant notre Académie:

I) Etat des publications du Colloque sur l'Emergence

Selon notre Collègue Gilbert BELAUBRE, les éditions SPRINGER qui ont repris METHODOS ont pour le moment repoussé l'édition anglaise que nous leur avons proposée . Le referee a surtout critiqué la qualité de l'anglais et non le fond du sujet qui tentait de mettre en exergue , essentiellement en biologie, le caractère "bottom-up" versus "top-down" de l'émergence avec des transitions produisant des systèmes complexes de plus en plus structurés.

Cette théorie est principalement basée sur les travaux bien connus de John HOLLAND de l'Institut de Santa Fe . Il faudrait peut-être demander que d'autres referees se penchent sur notre texte et passer à l'édition française. A ce propos, notre Collègue Michel GONDRAN propose la mise ne ligne d'une édition électronique. Mais cette dernière proposition reçoit pour objection le fait qu'elle entraverait la publication papier d'un éditeur.

II) Problème du changement de date pour nos séances

Du fait de l'indisponibilité de la salle de l'AX certains seconds mardis du mois, il nous a été suggéré de faire nos réunions **le 1er lundi du mois à 17h30 à partir du 7 janvier.**

Après quoi, notre séance prend fin,

Irène HERPE-LITWIN

Comptes-rendus de la section

Nice-Côte d'Azur

*Le scientifique se heurte à l'énigme de trois infinis :
l'infiniment grand, l'infiniment petit et l'infiniment complexe,
c'est-à-dire la vie et l'intelligence.*

Bruno Guideroni – astrophysicien.

Compte rendu de la séance du 19 septembre 2012 (162^{ème} séance)

Présents :

Richard Beaud, Pierre Bourgeot, Patrice Crossa-Raynaud, Guy Darcourt, René Dars,
Pierre Gouirand, Yves Ignazi, Jacques Lebraty, Maurice Lethurgez, Maurice Papo.

Excusés :

Jean Aubouin, René Blanchet, François Cuzin, François Demard, Michel Lazdunski,
Jean-Marie Rainaud.

1- Approbation du compte rendu de la 161^{ème} séance.

Le compte rendu est approuvé à l'unanimité des présents.

2- Les deux mois écoulés.

- Gouirand : avec mes amis hôteliers, nous nous sommes rendu compte que nous étions sans doute la dernière génération pouvant faire une sorte d'inventaire des patrimoines hôteliers du 19^{ème} siècle sur la Côte d'Azur. Entre 1840 et 1940, il y a eu une floraison de grands palaces, unique en son genre, sauf à Paris et Londres. Nous en avons recensé environ 180.

Il y a ceux qui existent encore, comme le Negresco, le Martinez, l'Hôtel du Cap, le Westminster, ceux qui ont été transformés en appartements comme le Winter Palace, le Regina, le Grand Hôtel et enfin, ceux qui ont disparu comme le Ruhl.

Ces hôtels étaient gérés le plus souvent par ceux qui les avaient construits, d'où des relations particulières entre eux, le personnel et les clients.

Par exemple, lorsqu'un client arrivait, le personnel se chargeait non seulement des bagages, mais les défaisaient et les rangeaient. Tous les soirs, on donnait un coup de fer au smoking de Monsieur et à la robe

de Madame. On cirait les chaussures. Toute une série de services très personnels que nous racontons dans un livre où nous décrivons aussi les architectures et les commodités.

Nous espérons que le Conseil général acceptera de publier ce livre.

- Controverse sur les OGM : une publication récente inquiète l'opinion sur la dangerosité des OGM de la firme Monsanto. Les résultats annoncés par un chercheur indépendant ont en effet de quoi inquiéter. Ils méritent une vérification soignée (échantillonnage, souche des rats utilisés, etc.) car ils viennent en contradiction avec les observations faites dans tous les élevages du monde (bovins, ovins, volailles) où ces OGM sont communément utilisés. En outre, de nombreux autres travaux n'ont pas donné ces résultats. Mais surtout, on a tendance à assimiler les OGM de Monsanto porteurs effectivement de la toxine Bt détruisant les larves de chenille de Pyrale et/ou résistants à l'herbicide maison, le Roundup, à tous les autres créés depuis à partir d'une technique différente. Les OGM SAFE par exemple, sont obtenus grâce à des croisements effectués à l'intérieur de la même famille botanique. C'est ainsi qu'on a obtenu des pommes de terre résistantes au mildiou en les croisant avec d'autres solanées sauvages.

Ces variétés ont pourtant été refusées par le gouvernement et les écologistes.

On continuera donc à traiter nos cultures ou à préconiser les cultures « bio » qui présentent un risque manifeste d'épidémie dans la mesure où elles seraient plus répandues (elles sont protégées par les cultures traitées qui les entourent).

Le retour aux techniques culturales du 18^{ème} siècle n'est sans doute pas la solution, même s'il est évident qu'il faut diminuer l'apport des engrais et des pesticides (l'agriculture raisonnée).

Dans cette controverse s'opposent, dans les médias, comme dans bien d'autres domaines, des « avocats » incompetents et péremptoires à des scientifiques compétents mais formés à douter. Le jeu n'est pas égal.

3- Prochain cycle de conférences : « La vie ».

Il apparaît que pour ce cycle, il convient de commencer par le début, c'est-à-dire l'apparition de la vie sur Terre.

Pour cela, nous pourrions solliciter les interventions successives de :

- Mme Cornelia Meinert – CNRS Sophia Antipolis. Spécialiste de l'astrochimie : « Les molécules de chimie organique dans l'espace ».
- Prof. Louis Le Sergeant d'Hendecourt – CNRS Paris Sud. De la chimie organique aux molécules biologiques : « Le mur de l'émergence ».
- Prof. François Roddier – astrophysicien (<http://www.francois-roddier.fr>) « Thermodynamique de l'évolution (rôle de l'entropie) ».
- Prof. François Cuzin : « Les ARN ».

Nous avons demandé enfin à notre confrère Richard Beaud de réfléchir à une série d'exposés regroupés autour de « Science et philosophie », par exemple :

- Déterminisme et incertitude
- L'émergence de la conscience et de la pensée
- La nature de l'Homme,
- La création artistique.

On pourrait en outre inclure :

- La sédimentation (quelle est l'importance de ce phénomène lié à la vie organique qui fixe et précipite le carbone atmosphérique dans les profondeurs ?)
- Les mythologies.

Notre confrère Guy Darcourt propose d'inviter M. Dumont pour nous parler des nanotechnologies.

Annances

Notre Collègue **Daniel COURGEAU**
nous fait part de la parution de son nouvel ouvrage:

Probability and Social Science

Methodos Series Volume 10

Relatif aux relations méthodologiques entre les deux approches

<http://www.springer.com/social+sciences/book/978-94-007-2878-3>

Cet ouvrage examine en profondeur les relations méthodologiques entretenues entre théories probabilistes et statistiques d'une part et sciences sociales d'autre part. Il traite de l'histoire de la pensée et des méthodes usuelles.

Tout d'abord, il examine en détail l'histoire des différents paradigmes et axiomes en probabilistes, depuis leur émergence au XVII^{ème} siècle jusqu'aux développements les plus récents de trois concepts majeurs: probabilité objective, subjective et logiciste. Il montre les inférences statistiques qu'ils permettent ainsi que les différentes applications aux sciences sociales et les principaux problèmes rencontrés.

D'un autre côté, en allant des sciences sociales - tout particulièrement les sciences des populations - vers les probabilités, on montre les différents usages qu'elles ont faits des concepts probabilistes au cours de leur histoire, depuis le XVII^{ème} siècle, en conformité avec leurs paradigmes: approches multi-niveaux relatives à l'échantillonnage, la longitude, l'histoire des événements, leur hiérarchie et leur contexte. Alors que les liens ont pu parfois paraître lâches, ils ont le plus souvent été très serrés. Quelques progrès en théorie des probabilités sont dus à la recherche de réponses à des questions suscitées par les sciences sociales.; Réciproquement, celles-ci ont progressé grâce aux avancées en probabilités.

Cette approche duelle est source d'un nouvel éclairage sur l'histoire du développement des sciences sociales, des probabilités, et de la statistique et sur la continuité de la pertinence de leurs liens. Elle permet également de résoudre de nombre de problèmes méthodologiques rencontrés tout au long de leur histoire.

Un extrait vous en est communiqué dans les documents page 33

Notre Collègue **Christian HERVE** nous fait part du programme de la Société Française et Francophone d'Ethique Médicale

Journée de la Société Française et Francophone d'Ethique Médicale (SFFEM)

Lundi 3 décembre 2012

« Les nouveaux modèles de médecine, enjeux cliniques, scientifiques et éthiques »

Personnes pressenties

8h30 : accueil des auditeurs

9h00/9h15 : Introduction par le Pr Christian Hervé, les mouvements de la pensée et l'ESi3S

9h15/9h45 : La médecine personnalisée par le Pr Eric Thervet,

10h/10h30 : La médecine palliative par le Pr Régis Aubry

10h45-11h15 : Pause Café

11h15/11h45 : La médecine de la maladie chronique par le Pr Serge Perrot

12h00/14h : Déjeuner

14h/14h30 : La médecine de solidarité interhumaine, par le Dr Marie France Mamzer

14h45/15h15 : La médecine de prévention par le Pr Jacques Blacher

15h30/16h : La précarité et les urgences médico-judiciaires par le Pr Jean-louis Pourriat

16h15/16h45 : La médecine et l'informatique, par le Pr Anita Burgun

17h00/17h30 : Audition et remise des deux prix Jean Bernard et Yves Pélicier par le Pr Patrick Berche, doyen de la faculté de médecine Paris Descartes, prix accordés aux meilleurs affiches présentées lors du congrès réalisées respectivement par un sénior et un junior.

17h30 : Conclusion par un grand témoin, Pr Sadek Béloucif

18h00 : Assemblée générale de la SFFEM.

Journée de la Société Française et Francophone d'Éthique Médicale (SFFEM)

Mardi 4 décembre 2012

Salle du Conseil, Université Paris Descartes 12, rue de l'École de médecine

« Les nouveaux modèles de formation en éthique médicale »

Personnes présentes

9h00/09h15 : accueil par le Pr le Pr Frédéric Dardel, président de l'Université Paris Descartes et par le doyen de la faculté de médecine, le Pr Patrick Berche

9h15/9h30 : Introduction : De la pluridisciplinarité et de l'IDEX à une collaboration InterPRES en Ile-de-France, par le Pr Jean François Girard, président du PRES Sorbonne Paris Cité

9h30/10h : De l'organisation, de l'éthique clinique et du management , Le concept ESi3S par Michel Daigne, Centrale Santé.

10h15/11h15 : Les patients et les formations des médecins à propos d'une formation «De l'étudiant médecin au médecin responsable, EM2R » : tels qu'ils les espèrent, Table Ronde par Patrice Marvanne, groupe des patients de l'Institut Curie, Claude Rambaud, Le lien et le CISS, Catherine Vergely, groupe des parents de l'IGR.

11h30/12h : Les différents modes de réalisation d'un corpus de connaissances éthiques pour l'enseignement et la recherche : De Rodin à E-Ethics par le Pr Christian Hervé, LEM

12h00/14h : Déjeuner

14h/14h30 : L'éthique dans le domaine de la santé à l'Assistance Publique par le Pr Emmanuel Hirsch, Espace éthique de l'APHP

14h45/15h15 : L'enseignement des travaux des membres du CCNE par le Pr Pierre Le Coz, rapporteur de l'avis n° 84 du Comité Consultatif National d'Éthique sur « La formation à l'éthique médicale »

15h30/16h30 : L'enseignement des travaux des comités internationaux par Mme Michèle Stanton Jean, Université de Montréal et le Pr Gérard Teboul, Université Paris XII à propos de la Déclaration universelle sur la bioéthique et les droits de l'homme du 19 octobre 2005 et de la convention du Conseil de l'Europe, du 4 avril 1997, pour la protection des Droits de l'Homme et de la dignité de l'être humain à l'égard des applications de la biologie et de la médecine: Convention sur les Droits de l'Homme et la biomédecine

16h45/17h15 : L'éthique et les professions de santé par Alain Cordier, Haute Autorité de Santé

17h30/18h : Synthèse par Michel Doucin, ambassadeur chargé de la bioéthique et de la responsabilité sociale des entreprises de la bioéthique et des entreprises

Documents

I) Pour illustrer la communication de notre conférencier, nous présentons deux extraits de la Thèse " **Etude moléculaire et isotopique en deutérium de la matière organique insoluble des chondrites carbonées**" écrite par Laurent REMUSAT sous la direction de Sylvie DERENNE et François ROBERT.

p.17: "*La matière organique des météorites et la vie terrestre*", chapitre 1,4 de " introduction bibliographique" de la Thèse de Laurent REMUSAT (2005)

P. 20 "Conclusions et perspectives", chapitre 6, de la Thèse de Laurent REMUSAT (2005)

et par ailleurs

P.24 un article écrit de Sylvie DERENNE et François ROBERT dans *Meteoritics & Planetary Science* 1–15 (2010) doi: 10.1111/j.1945-5100.2010.01122.x "**Model of molecular structure of the insoluble organic matter isolated from Murchison meteorite**"

II) en vue de la préparation de nos réflexions sur les perspectives de publication de nos colloques, notre Collègue Robert FRANCK nous a proposé les siennes:

p. 30 : Quelques réflexions pour l'Assemblée du 13 novembre au sujet de la publication des Colloques de l'A.E.I.S.

III) En accompagnement de la présentation de son ouvrage "PROBABILITY AND SOCIAL SCIENCE" notre collègue nous en envoie un survol

P. 33 "**OVERVIEW OF ENTIRE VOLUME**" tiré de l'introduction à l'ouvrage de Daniel COURGEAU

La matière organique des météorites et la vie terrestre

Thèse de Laurent REMUSAT (2005)

" Etude moléculaire et isotopique en deutérium de la matière organique insoluble des chondrites carbonées "

La vie, telle qu'elle est présente sur Terre, est constituée des éléments chimiquement actifs les plus abondants dans l'espace : l'hydrogène, l'oxygène, le carbone et l'azote (Ehrenfreund et al., 2002). Pourtant sur Terre, ces éléments sont peu abondants comparés aux éléments qui constituent les roches silicatées et les métaux qui composent la planète (silicium, fer, magnésium ...). Les éléments nécessaires à la vie pourraient provenir de l'eau et du dioxyde de carbone produits lors du dégazage du manteau terrestre de la Terre primitive, mais l'origine de l'azote reste mal comprise. Cependant il est certain que ces éléments ont été apportés par les comètes et les météorites qui ont participé à la formation de la Terre, mais sous quelle forme ? Organique ou minérale ? Cette question est très importante pour comprendre l'apparition de la vie et son développement.

Notre propos n'est pas de présenter les différentes théories sur l'apparition de la vie ou sur la recherche d'autres formes de vie dans l'espace. Ces thèmes s'éloignent de notre étude et constituent aussi bien des problèmes biologiques, chimiques et physiques que philosophiques : en effet une forme de vie extraterrestre est supposée comme telle si elle est suffisamment différente de la vie sur Terre, mais alors quels vont être les critères pour définir une forme de vie, que devons-nous chercher pour rechercher des traces de vie extraterrestre ? Comment être sûr de ne pas manquer ces traces ? Ainsi la recherche de vie extraterrestre dans les météorites reste encore un problème idéologique car, entre les problèmes de contamination et notre manque de connaissance sur le concept de la vie, les doutes subsisteront toujours (Van Loon, 2005).

Aucune forme de vie extraterrestre n'a, à ce jour, été décrite. Des observations de traces de vie fossiles ou de conséquence d'activité biologique ont souvent été décrites, comme récemment pour la météorite martienne ALH 84001 (McKay et al., 1996). Cependant à chaque fois une contamination terrestre a été avancée pour expliquer les observations décrites. Malgré tout certaines observations peuvent être intéressantes, comme l'observation de structures organisées dans des extraits chloroforme/méthanol de Murchison qui ressemblent à ce que donnent des membranes cellulaires (Deamer, 1985). Les météorites ont très probablement joué un rôle dans la constitution d'un réservoir d'H, C, O et N pour la vie sur la Terre primitive.

Les météorites contiennent un certain nombre de composés organiques qui sont d'intérêt biologique, c'est-à-dire qui entrent dans le fonctionnement des êtres vivants. La détection de composés azotés pouvant dériver de la dégradation d'acides aminés ou de composés d'intérêt biologique (Bandurski et Nagy, 1976) a lancé l'idée que la MOI pouvait être le précurseur de ces molécules qui ont pu être utiles à l'apparition de la vie sur la Terre primitive. Ces composés ont-ils pu influencer l'apparition de la vie sur Terre ?

L'apport de matière organique extraterrestre est d'autant plus important que l'on sait maintenant que les conditions oxydantes de l'atmosphère de la Terre primitive (CO_2 , H_2O , N_2) ne sont pas favorables à la formation de grandes quantités de molécules organiques réduites. Les théories de Miller et Urey sur la formation de composés organiques, comme les acides aminés, sur la Terre primitive (Miller et al., 1976) ont été mises en défaut car leurs compositions initiales ne correspondent pas à l'idée actuelle que l'on a de l'atmosphère primitive. Cependant les réactions qu'ils ont développées ont pu très bien se réaliser sur d'autres corps (comme les corps parents de certaines météorites).

Le stock de matière organique prébiotique serait essentiellement d'origine cométaire et de particules interstellaires (IDPs), les sources organiques terrestres (réactions de type Miller-Urey, réactions hydrothermales, etc ...) étant 10 à 1000 fois plus faibles (Ehrenfreund et al., 2002). Cet apport ne tient pas compte des météorites, qui se sont écrasées sur Terre à un moment où celle-ci était trop chaude pour conserver des molécules organiques. Par contre les comètes se sont abattues sur Terre plus tard, quand la Terre s'était refroidie. De plus les IDPs et micrométéorites continuent à tomber sur Terre et constituent la source majeure d'apport organique extraterrestre actuel (Maurette et al., 2000), estimé à 200 tonnes par an. Comme l'hydrolyse des hydrocarbures polycycliques (HAPs), composés majoritairement produits par altération de la MOI, en présence d'argiles peut produire des acides aminés (Shock et Schulte, 1990), toute la matière organique extraterrestre cométaire et météoritique peut avoir influencé l'apparition et le développement de la vie primitive. Ce lien entre matière organique extraterrestre et vie ouvre des perspectives en exobiologie si l'on considère que de la matière organique abiotique extraterrestre semblable à celle des météorites que nous connaissons a pu être distribuée sur d'autres planètes solaires ou extrasolaires par des mécanismes semblables à ceux qui se sont déroulés pour la Terre primitive (Maurette et al., 2000).

L'apport organique extraterrestre doit aussi prendre en compte la conservation de la matière organique lors des impacts, car l'énergie dégagée par l'impact peut élever énormément la température, pendant un instant très bref ; l'élévation brutale de pression peut aussi dégrader les composés organiques. De nombreux indices laissent penser que les impacts cométaires et météoritiques importants libèrent de la matière organique peu altérée sur Terre, par exemple des acides aminés extraterrestres ont été retrouvés au niveau des sédiments marquant la crise Crétacé/Tertiaire (Zhao et Bada, 1989). Des calculs de conservation de composés lors de l'impact de comètes (Pierazzo et Chyba, 1999) montrent que pour certains paramètres de l'impacteur (vitesse, angle de chute, taille...) une quantité non négligeable d'acides aminés peut être préservée et être apportée à la Terre primitive. Des modélisations analogiques d'impacts (Mimura et Toyama, 2005) sur des analogues de chondrites carbonées vont dans le même sens et montrent que, même si les hautes pressions générées lors des impacts entraînent la destruction des HAPs ainsi que la formation d'autres HAPs secondaires, une partie de la matière organique des chondrites carbonées peut avoir été libérée sur Terre lors d'impacts importants.

La matière organique extraterrestre a aussi pu influencer la vie primitive dans sa chiralité. Comme énoncé dans la partie 1.2.1.1, le léger excès de forme L des acides aminés extraterrestres a pu influencer l'adoption des formes L dans le monde vivant (Brack, 1992 ; Chyba, 1997), qui se traduit par une quasi absence d'acides aminés D dans les êtres vivants actuels. Cette spécificité racémique est due à la spécificité isomérique des protéines et des mécanismes biochimiques dans les cellules vivantes, qui ne savent métaboliser et produire que certains énantiomères (acides aminés L, sucres D ...). Ainsi cette caractéristique moléculaire fondamentale des êtres vivants terrestres pourrait être héritée d'un très léger excès d'une forme énantiomérique dans certains acides aminés extraterrestres qui auraient servi de matière première à la vie primitive.

1.5 Problématique

En conclusion de cette partie qui résume l'état des connaissances sur la matière organique dans les météorites, ainsi que la matière organique dans l'espace et les liens probables entre la matière organique extraterrestre et la vie sur la Terre, plusieurs questions se posent. Ces questions constituent la problématique de cette thèse. Comment la matière organique insoluble a-t-elle été synthétisée ? La fraction soluble dérive-t-elle de l'insoluble ?

Quelle est l'histoire de la matière organique insoluble entre sa synthèse et son analyse ? Quels indices l'étude de la matière organique insoluble apporte-t-elle sur l'étude du système solaire et sur son évolution ? La matière organique insoluble a-t-elle pu servir de matière première pour la vie primitive ?

En particulier pour la synthèse de la MOI, plusieurs théories sont proposées : soit la MOI provient de l'assemblage de précurseurs formés par catalyse sur des surfaces minérales (réactions du type Fisher-Tropsch) ou sous l'effet d'arcs électriques, dans des environnements solaires ; soit par des réactions de type ion/molécule dans des environnements interstellaires ou protosolaires ; soit par altération hydrothermale d'un précurseur organique lors de la phase hydrothermale sur le corps parent. L'étude combinée de la structure et de la composition isotopique moléculaire peut apporter une réponse à cette question.

chapitre 6 : Conclusions et perspectives

Thèse de Laurent REMUSAT (2005)

" Etude moléculaire et isotopique en deutérium de la matière organique insoluble des chondrites carbonées "

Les résultats précédemment décrits apportent de nouvelles informations structurales sur la MOI. Ils apportent aussi quelques réponses sur la relation entre matière organique soluble et insoluble des chondrites carbonées, ainsi que sur les conditions de synthèse de la MOI.

6.1 La structure moléculaire de la MOI

La RMN ^{13}C à l'état solide, ainsi que les études en microscopie électronique à transmission à haute résolution ont révélé le caractère aromatique de la MOI. Ces unités aromatiques de taille relativement réduite sont reliées entre elles par des chaînes aliphatiques ramifiées ce qui donne une structure condensée complexe. Les pyrolyses libèrent des composés aromatiques portant des substituants alkylés, résultats du cracking de cette structure.

L'oxydation au tétr oxyde de ruthénium permet de caractériser les chaînes aliphatiques. Elles sont relativement courtes, avec un maximum de 7 carbones sur la chaîne principale. Ces chaînes sont ramifiées, avec des groupes méthyles ou éthyles. De plus il est apparu que certaines chaînes pouvaient relier plusieurs unités aromatiques entre elles, ce qui révèle un fort degré de ramification de la structure globale.

Les oxydations couplées aux données de pyrolyses montrent que l'oxygène, qui représente environ 15% des résidus acides (attention, une part de cet oxygène provient des minéraux et oxydes réfractaires à l'attaque acide), est contenu dans les liaisons aliphatiques sous la forme de fonctions éther ou ester. Ces fonctions ajoutent un degré dans la complexité de la structure chimique en augmentant la ramification. Ces liaisons peuvent être le résultat de l'altération hydrothermale sur le corps parent par oxydation de la matière organique préexistante.

L'azote pour sa part n'est pas libéré par pyrolyse, ce qui montre qu'il est contenu dans des structures thermiquement stables comme des unités aromatiques. Cette hypothèse est confirmée par la RMN ^{15}N à l'état solide qui révèle que l'azote est contenu dans des unités de type pyrrole. Ces données excluent la présence en quantité significative de fonctions amines ou amides.

Ces données structurales permettent de proposer un modèle qualitatif pour la structure chimique de la MOI des chondrites carbonées, représenté en figure 6-1. Ce modèle utilise les données de la RMN ^{13}C à l'état solide pour le rapport carbones protonés sur non protonés (qui détermine le nombre de liaisons aliphatiques reliées aux unités aromatiques), de microscopie électronique à transmission haute résolution pour la taille des unités aromatiques, d'oxydation au tétr oxyde de ruthénium pour les chaînes aliphatiques et des données de pyrolyses pour les hétéroéléments.

La comparaison entre les MOI d'Orgueil et de Murchison révèle peu de différence. Rappelons que ces deux chondrites carbonées se différencient par le degré d'altération hydrothermale qu'elles ont subie, plus intense pour Orgueil (d'après les minéraux ; Bunch et Chang, 1980). Au niveau des unités aromatiques, les données préexistantes indiquent qu'elles ont une taille équivalente dans Orgueil et Murchison (Gardinier et al., 2000 ; Derenne et al., 2005). Les données d'oxydations indiquent que les chaînes aliphatiques de Murchison sont légèrement plus courtes. Pour ce qui est des hétéroéléments se pose le problème de l'homogénéité des échantillons. En effet, même avec des échantillons bruts de plusieurs grammes, les analyses élémentaires des résidus d'attaques acides d'échantillons différents de la même météorite montrent des variations (relativement faibles, mais assez significatives) de teneurs

d'oxygène et d'azote. Il est donc difficile de comparer les deux météorites sur ce point, même s'il apparaît très probable, compte tenu de l'histoire sur le corps parent, que la MOI d'Orgueil contienne plus d'oxygène que celle de Murchison.

Néanmoins il apparaît très nettement que ces MOI extraterrestres sont très différentes de leurs équivalents (par rapport au H/C) terrestres. Les échantillons terrestres ont par exemple des chaînes aliphatiques moins ramifiées et beaucoup plus longues. Ceci est le résultat de processus de synthèse différents : les kérogènes et charbons terrestres sont formés par maturation et dégradation de matière organique d'origine végétale et bactérienne dans des bassins sédimentaires. La matière organique extraterrestre est formée dans l'espace, dans des conditions de températures et de pressions inconnues sur Terre, à partir de précurseurs issus de formes simples de carbone comme le CO ou le CH₄.

6.2 La relation entre la fraction insoluble et les fractions solubles

Le problème de la relation entre la matière organique insoluble et les produits solubles détectés dans les chondrites carbonées est très ancien. En effet la première, qui constitue plus de 75% de la matière organique dans les météorites, est plus résistante que les produits solubles et donc est plus susceptible à avoir résisté aux impacts météoritiques sur Terre.

Il apparaît nettement, à la faveur des résultats apportés dans cette thèse, que les molécules les plus intéressantes pour une forme de vie primitive, les acides aminés, ne peuvent dériver de la fraction insoluble par altération hydrothermale sur le corps parent. Ainsi le contenu en acides aminés des météorites ne provient pas de l'altération de la MOI. Il y a donc plusieurs processus d'organosynthèse dans l'espace. Ceci ne veut pas dire que la MOI n'a pas joué le moindre rôle dans l'apparition de la vie. En effet des études ont montré qu'il était possible de former des acides aminés à partir de HAPs (qui constituent la MOI) sous certaines conditions catalytiques (Shock et Schulte, 1990). De plus l'absence de relation entre les acides aminés extraterrestres et la MOI n'implique pas l'absence de relation avec tous les composés solubles. Ainsi il est très probable que les hydrocarbures aromatiques de la fraction soluble dérivent de la MOI (Sephton et al., 1998 ; Sephton et Gilmour, 2000).

Il apparaît donc que la fraction soluble est complexe. Elle est très probablement le résultat de l'assemblage de plusieurs familles de composés formés par des réactions indépendantes (dégradation de la MOI, synthèse sur le corps parent par altération d'un précurseur interstellaire ...). Ceci explique entre autres pourquoi les compositions isotopiques mesurées dans la fraction soluble sont si variées.

La réponse à la question de la parenté entre les solubles et l'insoluble peut donc être : «tout dépend de la famille de composé soluble ». Il reste cependant très probable que les composés organiques des météorites ont joué un rôle important dans la soupe prébiotique, associés aux molécules organiques prébiotiques terrestres (Bada et Lazcano, 2002).

6.3 L'origine de la Matière Organique Insoluble

L'étude isotopique en deutérium reportée dans cette thèse permet de proposer un scénario de synthèse de la MOI (figure 6-2). Comme le montrent les isotopes de l'oxygène et du carbone (Robert et Epstein, 1982 ; Halbout et al., 1990), la MOI se serait formée dans la nébuleuse protosolaire. Elle aurait alors acquis un rapport D/H proche de celui du gaz présolaire, vers 40×10^{-6} . Ensuite, à la faveur des turbulences qui agitaient la nébuleuse, elle aurait été transportée dans des régions périphériques, où des conditions de température et de rayonnements différents permettent l'enrichissement du gaz en deutérium. Par échange isotopique avec ce gaz, la MOI a acquis son D/H élevé qui a longtemps été interprété comme la signature du milieu interstellaire.

Les événements qui ont ensuite touché la MOI, comme l'altération hydrothermale sur le corps parent, n'ont pas eu l'intensité suffisante pour effacer cet enrichissement en D.

6.4 Perspectives

Malgré les nouvelles données apportées par cette thèse, des problèmes restent sans réponse et de nouvelles questions se posent.

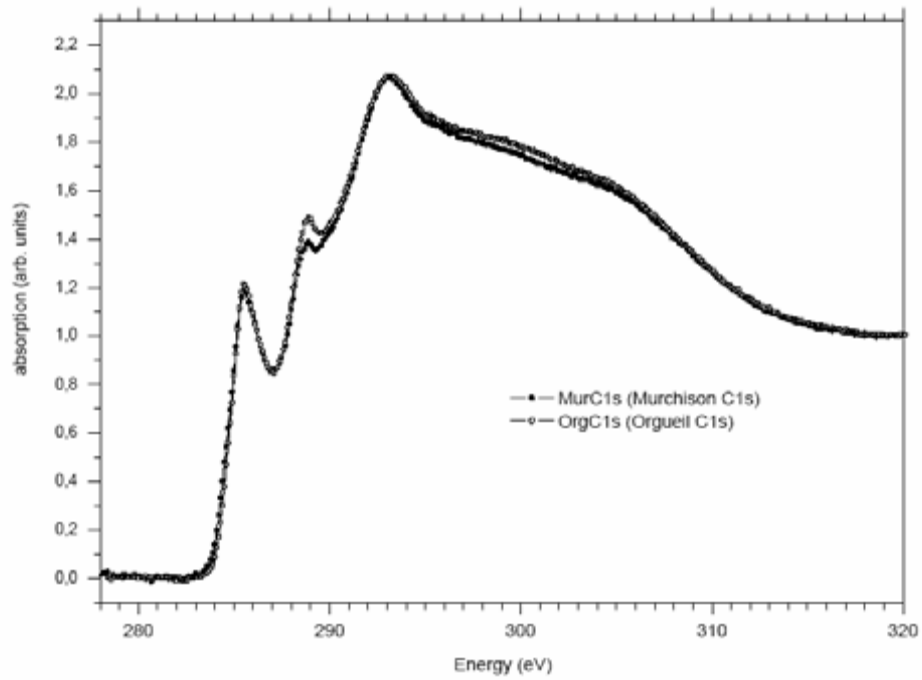
La plupart des études moléculaires ont surtout porté sur la MOI de seulement trois chondrites carbonées : Orgueil, Murchison et Cold Bokkeveld, pour des raisons de disponibilité d'échantillon et d'abondance organique. Au début de cette thèse nous avons envisagé d'étudier la MOI de Kainsaz, une CO3, c'est-à-dire une chondrite carbonée moins hydratée que les précédentes. Malheureusement les résultats préliminaires ont été peu encourageant : le faible signal RPE produit n'a pas montré clairement la signature extraterrestre attendue et l'analyse en RMN ^{13}C à l'état solide n'a pu être possible car l'échantillon a montré des propriétés magnétiques interférant avec l'appareil. Après imagerie à la microsonde ionique réalisée par J. Aléon, il s'avère que notre résidu d'attaque est riche en oxydes réfractaires à l'attaque HF/HCl. Ce sont, très probablement, ces oxydes qui ont gêné les analyses spectroscopiques précédemment décrites.

Il pourrait être cependant utile de pyrolyser cet échantillon et de comparer le pyrolysate obtenu à celui des MOI d'Orgueil et de Murchison. De plus l'analyse élémentaire n'a pas été réalisée, pour garder un maximum de matériau pour les analyses isotopiques.

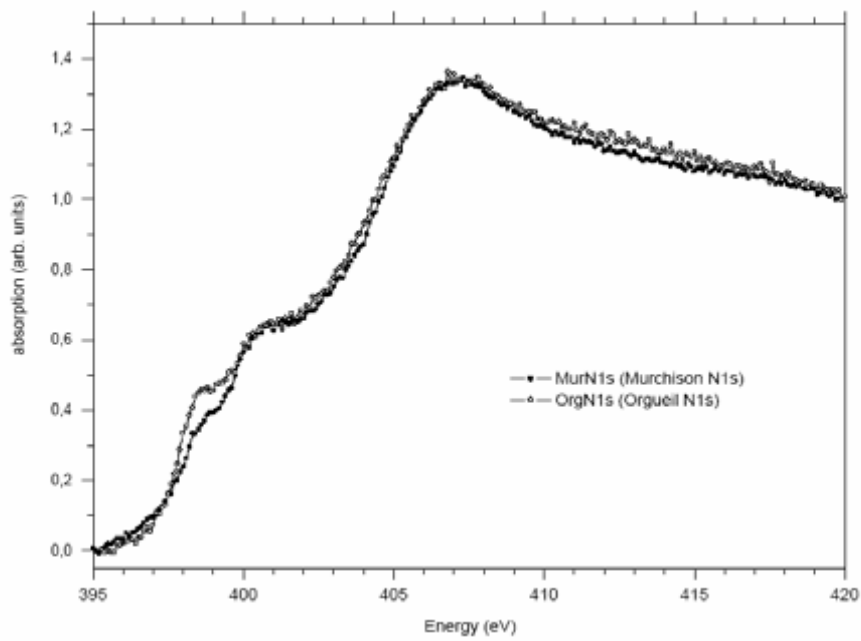
Nous avons aussi réalisé le spectre XANES (X-ray Absorption Near Edge Structure) au seuil K de l'azote des MOI d'Orgueil et de Murchison (figure 1-19). Les données XANES sur l'azote étant très difficiles à interpréter, nous avons essayé d'acquérir les mêmes types de spectres pour des standards montrant des fonctions azotées susceptibles d'être présentes dans la MOI. Malheureusement de nombreuses difficultés techniques ont empêché l'acquisition de ces spectres, ce qui nous a empêché d'identifier avec cette technique les fonctions azotées présentes dans la MOI. L'étude de la figure 1-19 permet néanmoins de montrer que les fonctions azotées dans les deux MOI sont probablement les mêmes. De plus il existe une légère différence entre les deux MOI, mais non déterminée pour l'instant. Un autre choix de standards à utiliser pourrait peut-être débloquer cette situation et permettre de mieux identifier les fonctions azotées. De plus l'utilisation d'une technique proche, le XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) appliquée à l'azote pourrait aussi compléter cette étude des fonctions azotées.

Les conclusions tirées de cette étude amènent maintenant la communauté à s'intéresser à d'autres problèmes comme l'association entre la matière organique et les minéraux. En effet si cette association est bien connue, il sera possible d'établir une chronologie entre la synthèse de la MOI, son enrichissement isotopique et son association avec les grains de silicates pour former les corps parents des météorites. En particulier, est-ce que la matière organique est associée dès sa synthèse à des grains silicatés, ce qui implique qu'elle s'enrichit en deutérium après, ou bien au contraire, est-ce que l'association avec les minéraux se fait après l'enrichissement isotopique ?

Il reste aussi à définir un mécanisme d'organosynthèse dans l'espace qui forme les molécules. Plusieurs hypothèses ont été proposées, mais aucun consensus sur le schéma de synthèse ne se dégage. Enfin il reste à définir comment le stock organique important que constitue la MOI a pu être utilisé par les réactions prébiotiques et quel rôle il a pu jouer dans l'apparition et le développement de la vie sur Terre.



a)



b)

Figure 1-19 : spectres XANES pour le carbone (a) et l'azote (b) de la MOI d'Orgueil et de Murchison

Model of molecular structure of the insoluble organic matter isolated from Murchison meteorite

Sylvie DERENNE¹* and François ROBERT²

¹BioEMCo, UMR CNRS 7618, UPMC, 4 Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

²Laboratoire de Minéralogie et Cosmochimie du Muséum (LMCM), UMR-7202 CNRS-INSU, Museum National d'Histoire Naturelle, 61 rue Buffon, 75231 Paris Cedex 05, France

*Corresponding author. E-mail: sylvie.derenne@upmc.fr

Meteoritics & Planetary Science 1–15 (2010)

doi: 10.1111/j.1945-5100.2010.01122.x

INTRODUCTION

Carbonaceous chondrites are known to contain substantial amounts (up to 4%) of organic matter, most of which occurs as insoluble organic matter (IOM). Numerous studies performed since the 1970s aimed at deciphering the chemical structure of this IOM, mostly in the Murchison meteorite. Indeed, a precise knowledge of the structure of the organic macromolecule contains irreplaceable information that traces its mechanisms of synthesis and its conditions of formation. During the last 10 yr, we have participated in this work, with the aim of reconstructing the overall molecular structure of Murchison IOM. This led us to propose a preliminary model (Remusat et al. 2007). The latter was qualitative and limited to a small number of moieties and as mentioned by the authors themselves “to draw a molecular model should be the goal of a future work.”

The main weakness of this model structure appears to be the large size of the aromatic units, which turns out to be impossible to balance with short aliphatic chains as required by molecular parameters. In this article, we propose such a more complete modeled structure that takes into account all these parameters. The IOM, which constitutes more than 75 wt% of the bulk organic matter, is isolated from the bulk rock through water and solvent extractions to remove soluble organic compounds and successive HF/HCl treatments to dissolve most of the mineral matrix. Such acid treatments are known not to alter the IOM (Durand and Nicaise 1980).

Acid insoluble residues are enriched in IOM but contain inorganic material mainly consisting of natural oxides, sulfides, and chlorides according to X-ray diffraction. The chemical structure of IOM isolated from Murchison has been studied by both destructive and nondestructive methods. The former include thermal and chemical degradations followed by gas chromatography/mass spectrometry (GCMS) (Studier et al. 1972; Levy et al. 1973; Hayatsu et al. 1977, 1980, 1983; De Vries et al. 1993; Komiya and Shimoyama 1996; Sephton et al. 1998, 2000, 2004; Remusat et al. 2005a, 2005b; Huang et al. 2007; Yabuta et al. 2007) and the latter contain mainly spectroscopic techniques (nuclear magnetic resonance [NMR], Fourier transform infrared [FTIR] spectroscopy, X-ray absorption near edge spectroscopy [XANES], and electron paramagnetic resonance [EPR]) along with high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) (Cronin et al. 1987; Ehrenfreund et al. 1992; Gardinier et al. 2000; Cody et al. 2002, 2008; Cody and Alexander 2005; Binet et al. 2002, 2004a, 2004b; Derenne et al. 2002, 2005; Yabuta et al. 2005; Wirick et al. 2006).

Although each technique alone cannot provide definite information on the chemical structure of such a complex material, the combination of the results can be used to reconstruct the molecular structure of the IOM. However, quantitative data are key parameters to build up such a model and to assess its validity. Therefore, we will only use the studies reporting such parameters to construct the model, and our qualitative observations will be used to support discussions. It is also important to note that variations in the bulk elemental compositions were reported in the literature (probably depending on the isolation procedures of the acid residues). To overcome this analytical bias, all the quantitative parameters used in the present work were obtained on the same residue, which contained 19% mineral matter (Gardinier et al. 2000).

The details of this structure reveal information of the conditions of the formation in space of the IOM. Therefore, the last section of the article discusses the possible organosynthetic pathways in the cosmochemical context of the formation of the solar system.

MODELING THE CHEMICAL STRUCTURE OF THE IOM

Analytical Constraints, Analytical methods including spectroscopic, microscopic, and degradation techniques were used to determine the analytical constraints that are discussed below. Experimental conditions for these methods were described in detail in the source papers; they are only briefly reported in the Appendix.

Aromatic Moieties

The elemental composition of the IOM isolated from Murchison points to a rather high aromaticity with hydrogen to carbon atomic ratios around 0.7 (Gardiner et al. 2000).

The aromatic nature of the IOM from Murchison was further evidenced by the occurrence of an intense band at 1600 cm⁻¹ in its FTIR spectrum (Gardiner et al. 2000) and of a strong absorption at 285.5 eV in C-XANES, corresponding to the 1s-P* transition of the aromatic carbons as in polyaromatic hydrocarbons (Derenne et al. 2002; Wirick et al. 2006; Cody et al. 2008).

Moreover, a strong aromaticity was inferred from the pioneer solid-state ¹³C NMR study, the Murchison IOM spectrum being dominated by a peak around 130 ppm in the (Cronin et al. 1987). Extensive CP/MAS ¹³C NMR studies using variable contact time and IRCP sequence (Gardiner et al. 2000) and interrupted decoupling experiments (Cody et al. 2002) revealed that most of these aromatic carbons were nonprotonated, thus leading to two hypotheses: the polyaromatic units are either very large (hence a large number of nonprotonated core carbons) or, if smaller, they must be highly substituted. The HRTEM and EPR results reported below clearly support the second assumption.

In HRTEM, aromatic layers appear as fringes. Such layers can be isolated or stacked together to form coherent domains. Image analysis was developed to derive semiquantitative data from the HRTEM images (Rouzaud and Clinard 2002). In Murchison IOM, the distribution of the fringe lengths indicates that the aromatic layers in the meteorites are of rather small size, most of them exhibiting diameter between 0.25 and 1 nm, i.e., 1–4 ring large, the average values corresponding to two to three rings (Derenne et al. 2005). In addition, a relatively low level of organization is inferred from the rather high contribution of isolated fringes (65%). This is confirmed when coherent domains are considered as more than 70% of them are made up with only two stacked layers, nearly 30% comprising three layers. Finally, the average interlayer spacing is of 0.49 nm, i.e., far from graphite (0.3354 nm).

The occurrence of aromatic moieties was also inferred from chemical degradation studies, especially oxidations using trifluoroacetic acid, nitric acid, potassium dichromate, cupric oxide, or ruthenium tetroxide as reagents (Hayatsu et al. 1977, 1980; Remusat et al. 2005a, 2005b). However, the formation of benzene hexa- and tetracarboxylic acids was first considered to reveal the occurrence of highly condensed polyaromatic units (Hayatsu et al. 1977), but this interpretation was revisited (Hayatsu and Anders 1981).

Indeed, the high degree of carboxylation of the aromatic oxidation products is also consistent with a high degree of substitution of the initial aromatic units. More recently, RuO₄ oxidation products pointed to less condensed aromatic units in Murchison IOM than in high rank coals (Remusat et al. 2005a, 2005b). One- to four-ring aromatic products are extensively generated during pyrolyses with a lower abundance of the larger compounds (Studier et al. 1972; Hayatsu et al. 1977; Komiyama and Shimoyama 1996; Sephton et al. 1998, 2000; Remusat et al. 2005b; Yabuta et al. 2007). As demonstrated

by the above spectroscopic data, these aromatics are pre-existing in the IOM and thus are not mainly derived from secondary aromatization upon pyrolyses. Although the larger aromatics are the more difficult to detect upon GCMS, the decrease of the abundance of the aromatic products when their size increases is consistent with the small size of the polyaromatic units derived from HRTEM. In addition, the presence of polyaromatic units containing pentagonal rings such as indene or acenaphthene was reported in several pyrolytic studies (Komiya and Shimoyama 1996; Sephton et al. 2000; Remusat et al. 2005b) and especially in Yabuta et al. (2007) although no quantification was performed and hence no relative abundance can be assessed for these compounds.

Aliphatic Linkages

Fourier transform infrared and ^{13}C NMR show that aliphatic carbons contribute along with aromatic ones to the molecular structure of the IOM. Based on the CH_2 to CH_3 ratio, both techniques point to a high branching level in the aliphatic chains (Ehrenfreund et al. 1992; Gardinier et al. 2000). A number of chemical degradations were performed on Murchison IOM as far back as 1977 using a wide range of reagents such as trifluoroacetic acid, nitric acid, dichromate, copper oxide, and ruthenium tetroxide (Hayatsu et al. 1977, 1980; Remusat et al. 2005a, 2005b). Nitric acid did not yield any aliphatic acid but benzene polycarboxylic acids with up to three carboxylic groups (Hayatsu et al. 1977). Oxidation with dichromate mainly resulted in the formation of aromatic acids, but small amounts of aliphatic diacids (C3–C5) and monoacids (C3–C7) were also identified (Hayatsu et al. 1977), the diacids being also detected upon copper oxide oxidation (Hayatsu et al. 1980). Diacids were supposed to be derived from hydroaromatics with five- to six-membered rings (Hayatsu et al. 1977). In contrast, monoacids were considered to represent alkyl substituents or bridging groups between aromatic units.

However, it was mentioned that acids lower than propionic were probably lost and that those with more than seven carbon atoms may have escaped detection due to their low-intensity molecular ion (Hayatsu et al. 1977). Trifluoroacetic acid also led to the formation of small amounts of aliphatic compounds (alkanes and alkenes, the latter being dominant), but their origin was not clear. As a result, little information on the aliphatic linkages can be derived from these chemical degradations.

In contrast, ruthenium tetroxide is a mild and selective oxidizing agent that preferentially destroys aromatic rings converting them into CO_2 . The aliphatic and acyclic structures released appear as carboxylic acids. These carboxylic functional groups mark either points of attachment in the kerogen or positions of labile functional groups, such as carbon–carbon double bonds and ether links (Stock and Wang 1986). This method was shown to be especially efficient to investigate the aliphatic structures in kerogens (Boucher et al. 1990). This oxidation reveals the short length of the chains (less than three carbons for side chains born by aromatic moieties and from two to seven carbons for aliphatic bridges between aromatic units) (Remusat et al. 2005a, 2005b; Huang et al. 2007). The short length of these chains is consistent with the lack of n -alkane/ n -alk-1-ene doublets upon pyrolysis GC-MS as they are usually detected for carbon numbers higher than eight.

However, when gases released upon pyrolysis are studied, alkanes and alkenes from methane to C4-compounds are indeed identified (Remusat et al. 2005b). Aliphatic linkages released through RuO_4 oxidation also exhibit a high branching level, with substitution by methyl or ethyl groups. These substitutions are randomized as there is an isomeric diversity. Moreover, the occurrence of aliphatic chains linking several aromatic units (Remusat et al. 2005a, 2005b) is consistent with the high degree of crosslinking evidenced by solid-state ^{13}C NMR.

Oxygen Localization

Besides carbon and hydrogen, oxygen is the most abundant element of the IOM. Spectroscopic analyses reveal several forms of oxygen-containing functional groups. Indeed, C-XANES spectra exhibit a strong absorption at 288.9 eV (Wirick et al. 2006). $1s\text{-P}^*$ transition of carbons in carbonyl groups is

known to occur at approximately 289 eV but C–H* resonances typical of sp³-coordinated carbons with a high content of hydrogen have been reported at 289.2 eV. The XANES peak in the meteorite spectra thus suggests the presence of oxygen-containing functions. Solid-state ¹³C NMR confirmed the presence of low amounts of carbonyl groups (resonance at 200 ppm) and revealed substantial amounts of carbon linked to oxygen (as in ether or aliphatic alcohols, at 55 ppm) and involved in carboxylic groups (acids and/or esters, around 168 ppm) (Gardinier et al. 2000; Cody et al. 2002). The presence of these groups is further supported by a high yield in CO₂ and CO upon vacuum pyrolysis of the IOM. The production of these gases reflects decarboxylation and decarbonylation reactions which take place upon heating (Remusat et al. 2005b).

Oxygen-containing nongaseous pyrolysis products were also identified; in addition to phenol, they comprise various aromatic ketones. These products support the presence of phenolic ethers that were previously suggested based on CuO oxidation (Hayatsu et al. 1977) or hydrous pyrolysis (Sephton et al. 1998) although in the latter experiments, the oxygen atom might have originated from the reagent. However, as pyrolysis polar products are poorly detected using an apolar column in GC/MS, a specific method was developed: the pyrolysis in the presence of tetramethylammonium hydroxide (Challinor 1989).

Tetramethylammonium hydroxide is both a base and a methylating agent, cleavage of polar bonds is enhanced and pyrolysis products are methylated in situ. Using this technique, aromatic acid methyl esters were identified along with dimethyl esters of short-chain diacids, thus revealing the presence of ester linkages between aromatic moieties (Remusat et al. 2005b).

When aliphatic linkages are considered, the most precise information on oxygen groups was provided by RuO₄ oxidation which released hydroxy- and carboxy esters, thus showing that ether and ester functional groups occur within these linkages (Remusat et al. 2005a, 2005b).

Table 1. Summary of the chemical and molecular parameters of Murchison IOM used to model the chemical structure. Parameter Experimental value Analytical techniques Other literature data

- 1 Aliphatic CH₂/aliphatic CH₃ 2.0 ± 0.2 [1] ¹³C NMR, FTIR 1.57–1.79[2]
 2 Nonprotonated aromatic C/protonated aromatic C
 2.80 ± 0.28 [1] ¹³C NMR 2.33[2]; 1.86–2.70[3]
 3 Aromatic C/aliphatic C 3.0 ± 0.3 [1] ¹³C NMR 2.76[2]; 3.08–3.28[3]; 1.82–2.17[4]
 4 Acid C/total C 0.070 ± 0.014 [1] ¹³C NMR 0.074[2]
 5 Thiophenic S/aliphatic S 3.17 ± 0.31 [5] S-XANES
 6 N as nitriles/total N $0.15 \pm 0.05a$ [5] ¹⁵N NMR
 7 Average number of rings (2-D) 2.3 ± 0.3 [6] HRTEM
 8 H/C 0.70 ± 0.04 [1] Elemental analysis 0.70[7–9]; 0.71[10]; 0.38[11]; 0.52[12]; 0.48[13]; 0.53[14]
 9 O/C 0.22 ± 0.02 [15] Elemental analysis 0.16b[7]; 0.12[10, 13]; 0.25[14]
 10 N/C 0.03 ± 0.006 [5] Elemental analysis 0.031[7]; 0.027[10, 16]; 0.015[12]; 0.012[13]; 0.034[8];
 0.044[17]; 0.029[14]; 0.035[18]; 0.039[9]
 11 S/C Elemental analysis 0.021[10, 13]

Small aromatic units EPR, ¹³C NMR, HRTEM

Short chains ¹³C NMR, oxidation-GC-MS

Highly branched aliphatics FTIR, ¹³C NMR,
 oxidation-GC-MS

Highly substituted aromatics FTIR, ¹³C NMR,
 pyrolysis GC-MS

Note: NMR = nuclear magnetic resonance; FTIR = Fourier transform infrared; XANES = X-ray absorption near-edge spectroscopy; HRTEM= high-resolution transmission electron microscopy; EPR = electron paramagnetic resonance; GC-MS = gas chromatography–mass spectrometry.

[1] Gardinier et al. (2000); [2] Cody et al. (2002); [3] Cody and Alexander (2005); [4] Yabuta et al. (2005); [5] Remusat et al. (2005b); [6] Derenne et al. (2005); [7] Hayatsu et al. (1977); [8] Komiya and Shimoyama (1996); [9] Yabuta et al. (2005); [10] Hayatsu and Anders (1981); [11] Robert and Epstein (1982); [12] Kerridge et al. (1987); [13] Zinner et al. (1988); [14] Cody et al. (2002); [15] Binet et al. (2002); [16] Alexander et al. (1998); [17] Pearson et al. (2000); [18] Sephton et al. (2003).

a Value determined for Orgueil insoluble organic matter (IOM).

b Calculated by difference.

Sulfur Speciation

A number of sulfur-containing products are released upon pyrolysis of the Murchison IOM (Levy et al. 1973; Komiya and Shimoyama 1996) in agreement with a substantial sulfur content in the IOM. This content largely varies in literature (Table 1). This probably reflects that, depending on the isolation procedure, elemental sulfur (S₈) is more or less eliminated.

In the present model, we used the organic sulfur content determined by Hayatsu and Anders (1981).

All the sulfur-containing pyrolysis products comprise thiophene rings, but these rings can either be pre-existing or formed upon pyrolysis (Remusat et al. 2005b). To investigate this question, K-edge sulfur XANES was performed on Murchison IOM revealing only 24% of the organic sulfur in thiophenes, the remaining 76% being in aliphatic sulfides (Derenne et al. 2002; Remusat et al. 2005b).

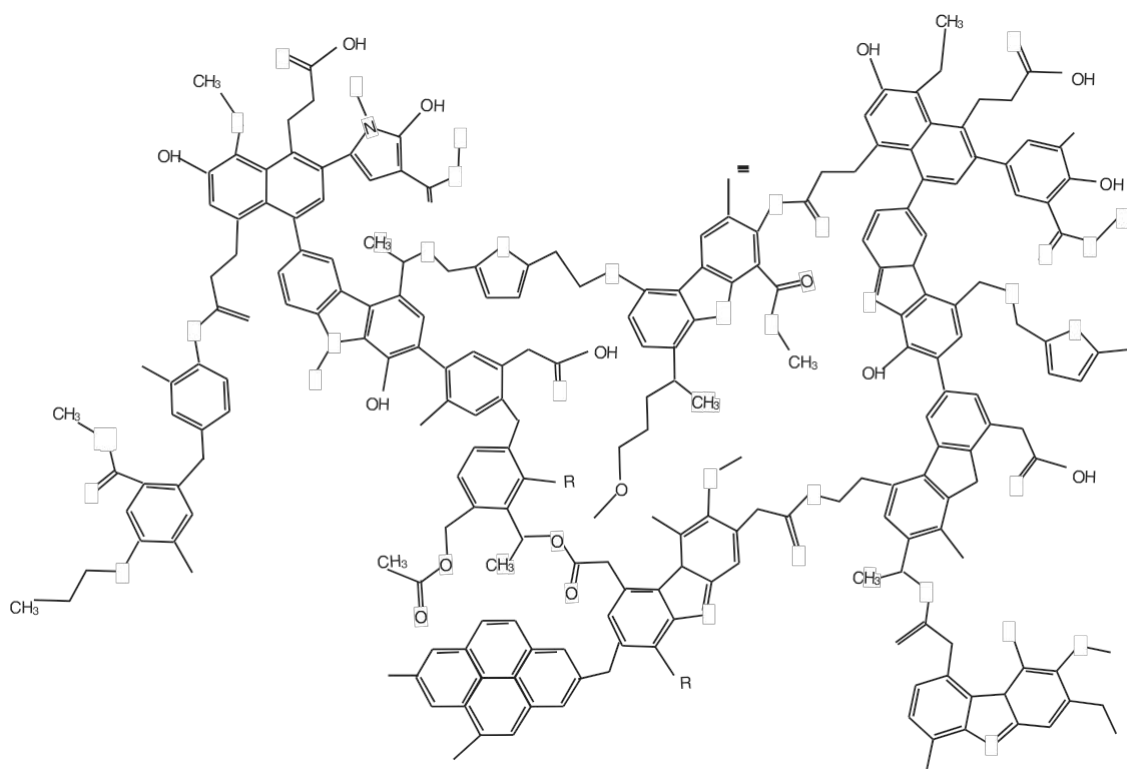


Fig. 1. Model of molecular structure of the insoluble organic matter of Murchison built from measured elemental and molecular parameters (cf. Fig. 2). R stands for an organic moiety.

Nitrogen Speciation

Among heteroelements, nitrogen was also shown to occur in the IOM. A low amount of only one nitrogen containing product, namely benzonitrile, could be detected in the pyrolysate from Murchison. The use of tetramethylammonium hydroxide did not improve such detection pointing to the lack (or at most very low contribution) of polar N-containing functions such as amide or amine. This was confirmed by solid-state ^{15}N NMR on Orgueil IOM which revealed that nitrogen is mainly involved in heterocyclic units such as pyrroles. It must be noted that Orgueil led to the same results as Murchison when nitrogen products are considered. The lack of amide/amine functions was confirmed for Orgueil by solid-state ^{15}N NMR. The conclusions derived from Orgueil on nitrogen speciation probably also holds for Murchison. The high thermal stability of these structures is in agreement with the lack of N-containing pyrolysis products and the release of N_2 only at high temperatures (900 °C) (Remusat et al. 2005b). A low contribution of nitrile groups can be put forward from the NMR spectrum of Orgueil IOM with a [Pyrrole N] to [Nitrile N] ratio being of approximately 5. No other occurrence for N (amide or amine) was detected with a detection limit of 5% relative to total N in the IOM.

Statistical Model of the IOM Structure Taken together, the results derived from the different techniques described above led to a set of parameters that we used to build a model of molecular structure of the IOM. The 11 quantitative parameters that have been used are reported in Table 1. In this Table, for comparative purposes, we also report literature values of the same parameters obtained through elemental analysis and NMR on Murchison IOM samples isolated by other laboratories. The resulting structure (Fig. 1) accounts for molecular units (atoms or functional groups) whose abundance is higher than 3%. As a result, rare molecular occurrences are ignored to limit the structure around 200 carbon atoms. This does not affect the overall structure within the error bars assigned to each parameter. The adjustment between modeled and measured parameters is reported in Fig. 2, which shows that within $\pm 10\%$ the model fits all available data.

Quelques réflexions pour l'Assemblée du 13 novembre au sujet de la publication des Colloques de l'A.E.I.S.

Par notre Collègue Robert FRANCK

1. les objectifs de l'A.E.I.S.

Extrait du site de l'Académie :

L'Académie « a pour but la recherche, la diffusion et la formation dans tous les domaines de la science. L'Académie se propose de rassembler et de faire étudier dans une interdisciplinarité les différentes recherches et pensées scientifiques, d'établir un langage commun entre les scientifiques, nécessaire pour une mutuelle compréhension, de faire connaître les plus récentes découvertes, inventions ou réalisations des domaines de la connaissance et ainsi de participer à l'élargissement de la pensée, en particulier sur les sujets frontières des différentes disciplines, pour atténuer la rigueur des délimitations, souvent artificielles.

(...) L'Académie organise des séminaires réguliers à Paris, Nice et Nancy (...) Des colloques interdisciplinaires sur des thèmes scientifiques et de société sont organisés de façon périodique avec les institutions et les organismes intéressés par ces sujets. (...) »

2. quelle forme donner à la publication des Actes des colloques

1.

Il faut fixer une orientation aux publications de l'Académie. Cette orientation ressort clairement des objectifs de l'Académie rappelés ci-dessus : l'interdisciplinarité, l'établissement d'un langage commun entre les scientifiques, et l'approfondissement des sujets frontières entre les disciplines. Nombre de chercheurs partagent ces préoccupations, mais celles-ci ne font guère l'objet d'études et de publications. Comme ces préoccupations ont guidé jusqu'à présent la mise sur pied des colloques ainsi que les réunions de travail et les rencontres préparatoires à ces colloques, il faut qu'elles guident maintenant la préparation des publications de l'Académie, et qu'elles soient présentes et apparentes dans chacun des futurs ouvrages.

Si nous fixons une même orientation à la publication des différents colloques, nous pouvons envisager de créer au sein d'une maison d'édition une petite collection homogène – ou série autonome – de l'Académie. Par sa spécificité et son originalité, elle fera la différence parmi les autres collections et ouvrages qui portent sur les sciences.

2.

Le but de la collection, de ce point de vue, ne sera *pas* la vulgarisation ou la diffusion de connaissances scientifiques ; le but sera de faire connaître les travaux de l'Académie et ses résultats. Ces travaux consistent à réunir des chercheurs de différentes disciplines pour faire le point sur des questions majeures à la charnière de plusieurs disciplines, et pour tenter d'approfondir ces questions et de mieux les maîtriser à l'aide d'un langage commun. Ce travail peut difficilement être effectué aujourd'hui dans une unité de recherche (car il est peu valorisable à court terme dans le cursus des chercheurs, dans les publications scientifiques, pour obtenir des sources de financement etc.). L'A.E.I.S., par contre, est un lieu privilégié pour effectuer ce travail et ses publications peuvent devenir une ressource pour les chercheurs de différentes disciplines.

La nature interdisciplinaire du travail exige le recours à un langage commun, accessible à des chercheurs non spécialisés dans les disciplines qui leur sont étrangères ; nos publications seront donc, *de facto*, accessibles à un public plus large non spécialisé et pourront répondre à un souci de vulgarisation de qualité. Et nous devons veiller à ce que chaque volume soit de lecture aussi accessible et agréable que possible.

3.

Quoiqu'issues de nos colloques, il est préférable de ne pas présenter nos publications sous la forme d'*Actes* de colloques, juxtaposant les contributions des participants. Car les éditeurs ne sont pas friands de publier des *Actes*, sauf s'ils sont assurés de les vendre aux participants eux-mêmes. En outre, cette forme de publication ne refléterait pas convenablement le travail et les objectifs de l'Académie. Celle-ci a pour ambition d'*intégrer* autant que possible l'apport des différents contributeurs en une *recherche commune interdisciplinaire*. C'est cela qui constituera l'originalité des ouvrages et de la collection. Ce travail d'intégration a été remarquablement réalisé par Gilbert Belaubre dans son Introduction et ses Conclusions au volume sur l'émergence. Mais ce fut le travail d'un seul homme, non le travail de deux années de réunions préparatoires à ce colloque. Ceci appelle une réflexion sur les manières dont nous pourrions renforcer à l'avenir les échanges entre les collaborateurs invités, ainsi qu'entre eux et des membres de l'Académie, *avant* un colloque. Et aussi une réflexion sur la forme à donner aux ouvrages chargés de refléter les travaux de l'Académie, et de refléter les résultats atteints par les travaux menés en commun. Cette forme peut varier d'un volume à l'autre selon le sujet traité et la nature des contributions.

Etant donné que l'ensemble des contributions à un colloque est reproduit sur le site électronique de l'Académie, nous pouvons prendre la liberté de ne pas reprendre toutes les contributions dans le livre publié dans la collection, et de sélectionner au contraire les contributions qui contribuent effectivement à certains résultats, de manière à renforcer la cohérence de l'ouvrage. Cela implique que la préparation de chacun des ouvrages soit confiée, dès les premières réunions d'échanges avec les collègues invités, à la direction d'un membre de l'Académie familier du sujet traité, secondé par exemple de deux autres collègues.

4.

Les colloques que nous pouvons actuellement *envisager* de publier sont au nombre de sept.

- biologie et conscience
- physique et conscience
- les fractales
- l'émergence
- théories et modèles en sciences sociales
- origines de la vie
- ondes/particules

Il est souhaitable que l'Assemblée de l'Académie décide de ceux qui seront publiables, et le cas échéant de ceux que nous ne retenons pas.

5.

Nous pourrions ainsi informer clairement les maisons d'éditions que nous contacterons de nos projets actuels de publication. Et nous organiser dès à présent pour achever la préparation des manuscrits en répartissant entre nous les responsabilités, et en fixant un calendrier.

3. maisons d'édition auxquelles nous pourrions nous adresser

1. Belin. [Belin édite également 'Pour la science. Coll. Bibliothèque scientifique']
2. CNRS Editions
3. Dunod
4. EDP Sciences
5. Ellipses
6. Fayard. Collection 'Le Temps des Sciences'
7. Flammarion. Collection 'Champs – Sciences'
8. Hermann
9. Odile Jacob
10. Vuibert

Critères de choix d'une maison d'édition :

- Une maison qui édite une ou plusieurs collections de sciences
- qui publie des auteurs de référence
- qui publie des ouvrages traitant de questions scientifiques fondamentales
- qui accepte d'accueillir une 'collection' de l'Académie, ou une 'série' autonome de l'Académie au sein d'une 'collection' déjà existante
- qui est réputée

N.B. Nous pouvons nous adresser en même temps à plusieurs maisons d'édition pour établir le contact et recueillir de plus amples informations sur elles.

Robert Franck

General introduction
"Probability and Social Science"
Methodos Series Volume 10
Daniel COURGEAU

Overview of entire volume

This volume will be structured as follows: Part I From probability to social science

Introduction to Part I

Depending on the historical period examined and the authors, the number of alternative theories of probability is very variable and ultimately leads us to distinguish three broad types: objective probability, subjective probability, and logical probability. The last two categories can be grouped under the heading of epistemic probability.

Chapter 1 The objectivist approach

Classical probability theory relied from the outset—as early as Aristotle—on the notion of fairness. In 1654, Pascal referred to it for the purpose of defining a fair wager. But the notion, fully applicable to games of chance, did not hold up when transposed to the social sciences. These needed to assume that the now unknown probability of a demographic event—or, more generally, a social event—nevertheless existed, and remained the same throughout the period observed. This led to the notion of frequentist probability. The nineteenth-century debates over its validity showed that it cannot be applied to all feelings of uncertainty. The approach is suited to only a small number of social phenomena—particularly demographic ones.

The paradigm of objective probability had to reconcile the notions of equipossibility and physical impossibility. While the first was not specific to objective probability, the second proved indispensable, contrary to what later happened for epistemic probability. Objective probability is confined to events that can repeat themselves in identical conditions. Therefore, we cannot speak of the probability that a proposition, unique by nature, is true.

A proper search for axioms, however, did not become possible until after the establishment of set theory and axiomatics in the late nineteenth century. Setting aside many other attempts, we describe in greater detail two main types of axiomatization of probability, which were to formalize the two notions of paradigm. The first, introduced by von Mises in 1919, defined the notion of collective as the origin of probability. But many authors questioned the notion's consistency, undermining von Mises's axiomatics. In the end, it was the second type, introduced by Kolmogorov in 1933, that won the acceptance of most authors working on objective probability.

At this point, it is important to see how to apply objective probability to the statistics supplied by the physical and social sciences: this is known as the problem of statistical inference. The aim is to make the best use of the incomplete information available in order to move from data on a given phenomenon to the prediction of a similar phenomenon in the future. But, as the notion of 'an objective probability that a proposition is true' is meaningless, all we can estimate here is the probability of obtaining the observed sample if the hypothesis underlying the prediction is met.

We give some examples of applications of this approach to the social sciences. In developing political arithmetic, Graunt and Arbuthnott still used the notion clumsily. Another application concerns epidemiology, with the analysis of the effects of inoculation to prevent smallpox. Likewise, in sociology,

Durkheim sought to identify social phenomena stripped of all extraneous elements by using the method of concomitant variations, i.e., a regression method.

This approach raises various problems. For example, while it allows a proper analysis of the outcomes of games with no cheating, it cannot determine whether a player is cheating or not. Similarly, the statistical inference made possible by objective probability is imperfectly suited to the study of decision-making. And it is suitable for analyzing only a small proportion of social phenomena.

Chapter 2 The epistemic approach: subjectivist interpretation

To apply probability calculus to the greatest possible number of feelings of uncertainty, however subjective they may be, we must abandon the notion of frequency—the foundation of objective probability—and hence the notion of physical impossibility. In 1713, Jacob Bernoulli envisaged what is now called a direct approach, which actually takes the probability of the studied event as a given. In 1763, Bayes solved the problem of the inverse approach, which assumes not only that the probability is unknown, but that its very existence is hypothetical. This leads to the notion of epistemic probability, which becomes fully subjective when one takes the view that it can be defined only for a specific individual, and not for an event as in the objective approach. As a result, the scope of application is substantially enlarged. For instance, we no longer need to assume the lack of cheating, for this probability is also defined in situations where players cheat, and the probability that a proposition is true now has a clear meaning.

The subjective-probability paradigm must rely on notions that differ from those underlying the objective approach. The notion of coherence in individual behavior must be reconciled with the notion of utility of winning for the individual. Coherence means that the reasoning of individuals must not contain any intrinsic contradiction, even as they are free to adopt any probability value that they prefer for an event. The notion of utility, introduced by Daniel Bernoulli in 1738, represents the subjective value of the stakes and will depend on each individual's condition. We can complete this paradigm by introducing the notion of belief, which is not probabilistic but allows the formalization of a psychological level outside the forecasting domain, and that of plausibility in order to reintroduce probability.

We must now apply a set of axioms to characterize the choice made by a rational individual faced with an uncertainty situation. Here as well, many axiomatizations have been proposed and we shall describe only the main ones. In 1931, de Finetti showed that a set of personal opinions, if it satisfied certain axioms, could be represented by a numerical measure. His axioms specified the notion of coherence. Savage completed them in 1954 by introducing the notion of utility, which arithmetizes the preference relationship between actions. Interestingly, the resulting quantitative probability satisfies Kolmogorov's axioms. Some criticisms of the axioms led to modifications introducing the notion of belief, which exists independently of the notion of probability examined in this volume. We shall therefore give only a brief presentation of it: Suppes in 1974 and Shafer in 1985 proposed axiomatizations incorporating two probabilities; Smets, in 1990, proposed an axiomatization that did not even include the concept of probability.

The objectivist approach offered only a partial solution to the problem of inference by twisting its meaning. By contrast, the subjectivist approach provided a perfectly clear answer. Using a prior distribution and a data set, it allows an estimation—under certain conditions—of a posterior distribution that predicts a future phenomenon. To ensure this outcome, the notion of exchangeable events, introduced by de Finetti, becomes indispensable.

We give examples of applications. The first concerns the combination of testimonies and is applicable in jurisprudence, artificial intelligence, and other areas. This problem has been addressed by many researchers over several centuries: the earliest solution used results found by Hooper in 1699; the

latest uses Smets's theory of 1990. In our second example, the notion of exchangeability is applied to educational-science data for the purpose of drawing a correct statistical inference.

The approach is open to several criticisms. Psychological experiments have shown that, depending on how events are described, the subjective probabilities actually chosen by individuals do not necessarily meet the coherence principle. Although subjectivists reply that they study rational choices, the psychological problems posed by actual choices remain a fundamental issue. Moreover, an individual cannot always make choices transitively or even decide which choices to make: in such cases, his or her feelings of uncertainty cannot be represented by subjective probability. We also examine the criticisms of Savage's axiomatics by Allais in 1953 and show that the attempted modifications of his axioms cannot adequately explain all the phenomena connected to the choice paradox. The subjectivist approach seems too closely tied to individual psychology. Could a more logical yet still epistemic approach offer a means to avoid such criticisms?

Chapter 3 The epistemic approach: logicist interpretation

While a subjective probability is defined only for a given individual, a logical probability must be definable in the same manner for all individuals. For this, rather than start from the notion of personal odds for each individual, we must return to Pascal's notion of fair odds: when an individual wagers on a random event, fair odds yield a zero loss or zero expected gain. Yet fair odds will always reflect a degree of belief and are therefore applicable to all situations involving uncertain events, such as subjective probabilities.

The logical-probability paradigm introduced the logical notion of consistency, which specifies the required relationship between a proposition and the information available. Subjective probability depends on the individual. By contrast, logical probability, when obtainable in different ways, must yield the same result. It must also use all the information available for defining it. To this end, it incorporates the notion of entropy proposed by Shannon in 1948. Lastly, its focus is not on repetitive events, as in objective probability, or a single event, as in subjective probability, but on propositions made about events.

At this point it is useful to provide an axiomatics of the logic of propositions, introduced by Boole in 1854. It forms a basis for describing the main axiomatics of logical probability. The axiomatics proposed by Jeffreys in 1939 was initially rejected by most probabilists, philosophers, and statisticians of the time, but came to be recognized as highly innovative. However, without the notion of entropy, introduced later, Jeffreys was led to question the uniqueness of the choice of the prior probability. In 1961, Richard Cox showed that it was possible to derive the rules of probability from two axioms independent of the notion of set. One could thus use Kolmogorov's axioms, applying them now not to sets but to propositions. However, these axioms contain implicit conditions that van Horn later spelled out in order to make them more comprehensive. Similarly, while Cox effectively introduced the notion of entropy, it is Jaynes (2003) who showed more clearly how to use it to estimate a distribution of prior probabilities under different information scenarios.

For its application to social science, the epistemic approach concentrated on the incomplete information available on a phenomenon in order to draw inferences on the outcome of future experiments, using the consistency condition. It would no longer consider the personal probability that different individuals may choose, but those that they should choose on the basis of information shared by all. Statistical inference and probability would then form an inseparable whole.

We give examples of the use of logical probability in social science. The first example, from demography, is Laplace's application to the masculinity proportion at birth in 1781. The second is an application to legal science, which we illustrate with a wide-ranging review of results from 1785 to 2003, from Condorcet to Jaynes, via Laplace, Quetelet, Poisson, and others.

We conclude with a discussion of problems posed by this approach. The first is that impossibility and logical necessity are incompatible with the notion of zero probability for certain events when they can actually occur. But this criticism, which would be valid for an Aristotelian deductive logic, does not apply to a logic of plausible reasoning. The second problem is the difficulty, in certain cases, of finding a single prior distribution, although in many other cases we can deduce a non-informative distribution directly from the distribution of observations. This leads to a more general problem of dependency between the language used to pose a problem and the prior probability that can be deduced from it. We offer some solutions, but it is important to realize that the problem is inherent in all forms of epistemic probability, whether logical or subjective.

Conclusion to Part I

We begin by setting the three different approaches described in the preceding chapters in the context of the history of probability. The classical theory of probability that prevailed from the mid-seventeenth century to the first half of the nineteenth century was a unified theory in which the three aspects were closely linked: the probability of an event was simultaneously objective (considering its long-term frequency when it could be measured), subjective (considering the degree of our belief in its occurrence), and logical (considering the notion of fair odds). This type of probability was used in all fields, particularly the social sciences. In the first half of the nineteenth century, many criticisms led specialists to prefer the objective approach, which soon established its dominance for reasons that we discuss. In the 1930s, Kolmogorov's axiomatization of objective probability was swiftly followed by an in-depth examination of subjective and logical probabilities, although this did not result in their immediate adoption. They did not regain a stronger position until the second half of the twentieth century. However, they did not loosen the grip of objective probability—particularly in the social sciences, where it prevails to this day. We conclude with a methodological reflection on this revival of subjective and logical approaches, which leads us to examine if there is some cumulativeness in probability.

Part II From population sciences to probability

Introduction to Part II

We now examine the development of population sciences to show their methodological ties with probability throughout their history. While we cannot discuss all the social sciences—our work is not an encyclopedia—we show, when possible, that some methods used in this field are also suited to many other social sciences. We can thus extend the conclusions of these chapters beyond the specific field of population sciences.

Chapter 4 The dispersion of measures in population sciences

The aspect of probability that played a crucial role in the history of population sciences pertains to the dispersion of measures, either around their mean value, called rate (first sense of 'dispersion'), or as a function of other characteristics of the population studied (second sense). We devote particular attention to the use of statistical regression methods.

From the outset, Graunt's wager on the probability of dying is based on other hypotheses than Pascal's wager on the outcome of a game. Whereas Pascal can assume without too much difficulty that the odds are fair, it is far harder for Graunt to assume that the probability of dying is identical for all members of a population. Although the only information available to him was the number of observed deaths, he nevertheless chose that course in order to establish political arithmetic by positing an identical probability for all persons between ages 10 and 60. We show his errors, and how other researchers with access to fuller data improved his estimate by demonstrating that one should regard mortality as a function of age. Moving in the other direction, the introduction of the law of large numbers allowed Nicolas Bernoulli to refute Arbuthnot's argument on the distribution by sex of births in London from 1629 to 1710.

At the beginning of the 19th century, Laplace's application of the multiplier method, which allows a transition from observed births to the total population, supplied an estimate of the French population in 1782 within precise limits, confirmed by modern studies in historical demography. One might have thought that the regression methods developed by Gauss between 1795 and 1809 would have provided applications of interest for population sciences, but it took nearly a century for the methods to be used in cross-sectional (period) analysis.

The reason for the delay is that in the 19th century, at the same time as the abandonment of epistemic methods in probability, the dissemination of exhaustive censuses in Europe led to the rejection of Bayesian methods in population sciences. There was no longer any point in calculating the variance of a rate once the variance had become so insignificant. For dispersion in the second sense (see above), after a long reflection described in next chapter, cross-sectional analysis was finally able—in the late 19th century—to use the aggregated regression models to study the effect of different characteristics on rates. However, the advent of longitudinal analysis at the end of World War II, by introducing the time lived by the individual, no longer allowed the use of regression methods in the absence of a theory that could perform these regressions throughout an individual's life.

Such a theory did take shape in the 1970s—driven, in fact, by the social sciences. By the early 1980s, it was being used in population and other social sciences. Known as the event-history approach, it was first developed by David Cox in 1972 and Aalen in 1975 in an objectivist framework. More recently, it has been adapted to the Bayesian framework, which allows a better integration of all the information relevant to the topic of study. In both cases, the approach reintroduces the notions of variance and regression model, now applied to the flow of time. It was later extended by a contextual, then multilevel approach. These make it possible to avoid the ecological fallacy (a risk with aggregate models) and the atomistic fallacy (a risk with event-history models) once individuals' living environments have been properly taken into account.

We conclude this chapter by presenting a very recent study conducted by Caussinus and Courgeau (2010, 2011) in paleodemography. The study shows that it is possible to estimate the age structure of a past population for which no age measurements exist but for which proxy indicators are available. After a detailed criticism of methods proposed in the past, we show that only a fully Bayesian approach allows a correct estimate of the age structure and its dispersion from samples of a few dozen observed individuals.

Chapter 5 Closer links between population sciences and probability

We now look at how the complex experience of a human lifetime has become a better-defined object for population sciences, while losing some of its complexity in exchange.

The notions of population and individual formed the basic framework of population sciences. While Plato and Aristotle managed to address some aspects of both notions, we show why they did not succeed in establishing a science of population. The concept of population did not take shape until the seventeenth century with the notions of 'comprehension' and 'extent' (*étendue*) introduced by the logicians of Port Royal. In today's language, we would speak instead of the intension of the term population, which establishes its properties and characteristics, and its extension, which consists of the set of individuals who satisfy these properties. To define the concept of individual, we must replace its unlimited and unknowable character of the observed individual—fully recognized by Aristotle—and reduce it to a small set of aspects that can be addressed by a science. We thus arrive at the notion of abstract individual, called the statistical individual, whose characteristics we describe.

The object of population sciences is not the study of births, deaths, and migration flows that concern the members of a population, but indeed the study of their fertility, mortality, and mobility, measured by their probability. This clearly establishes close links between probability and population

sciences, and the reason for their near-simultaneous emergence in the seventeenth century. Ultimately, population sciences were to study the changes to the population caused by the above-mentioned events. Depending on the perspective from which the changes have been viewed, different approaches have been applied.

The first perspective was the cross-sectional analysis, which prevailed from the earliest days up to the end of World War II. It holds that the social facts of a given period exist independently of the individuals who experience them and that they are explained by the various characteristics of the society to which the individuals belong. As early as 1767, Euler framed the independence hypothesis and defined the notion of stationary or stable population. The methods to study forms of dependence were developed later. We follow the path taken by several authors throughout the nineteenth century, and describe how they eventually showed—with the aid of the notion of correlation—that the least-squares method, used to study astronomic phenomena, was also suited to the social sciences. Durkheim applied it to demographic and social data at the end of the 19th century. Under this approach, the statistical individual became, in fact, a group of individuals defined by their age and various characteristics. Their aggregated behavior was observed in specific units such as geographic regions.

But these methods posed a number of problems—examined in detail here—which led researchers in population sciences at the end of World War II to incorporate personal ‘lived time’ into their approach. This was a two-stage process.

The initial longitudinal analysis observed the life of a cohort over time, and determined what would be the frequency of the studied phenomenon and its time distribution in the absence of disturbing phenomena. The approach assumed that the studied phenomena and disturbing phenomena are independent, and that the studied cohort is homogeneous. These assumptions overcame some of the objections to cross-sectional analysis. In the longitudinal approach, the statistical individual still consists of a group of homogeneous individuals, but they are tracked over their entire lives instead of being observed at a given point in time.

This approach, however, raised new problems, of which the most important were: (1) the impossibility of studying—as in cross-sectional analysis—the effect of various characteristics of the population on the probability of the studied events and (2) the impossibility of determining whether the condition of independence between phenomena is effectively met.

The consequent introduction of an event-history analysis solved these difficulties. Event-history methods originated in the martingale theory elaborated by Doob in 1953, which allows the study of ever more complex stochastic processes. To answer questions posed by demographers in particular, Aalen developed stochastic counting processes in 1975. They provided a solid probabilistic foundation for the analysis of life histories that began to take shape in demography in the early 1980s. The event-history approach could now properly integrate an analysis of dependence between events and an analysis of the heterogeneity of populations, thereby solving the difficulties encountered in longitudinal analysis. Statistical individuals were now assumed to follow an identical complex random process, whose parameters could be estimated with the aid of a sample of observed individuals. We also show that this approach, initially developed in an objectivist context, was extended to the epistemic approach.

As before, we review some of the criticisms of this approach, notably the problems raised by unobserved characteristics and by the existence of other aggregation levels, which frailty models attempt to incorporate.

First, we discuss a hierarchical, latent vision that covers a wide spectrum of models described briefly here, with a more detailed examination of frailty models. These assume an underlying distribution of individual probabilities and try to estimate it. However, the distribution is unknown, whereas only one

model exists that can be estimated without observed heterogeneity: as a result, an infinity of distributions will fit observed data identically.

We also discuss the introduction of epistemic models, with fuller details on the artificial neural network method. It should be noted, however, that such models supply a ‘black box’ for effectively predicting a given distribution, without actually explaining the phenomenon studied.

We therefore turn now to a contextual analysis, followed by a fully multilevel analysis. Contextual analysis incorporates both individual and group characteristics into event-history models. This avoids two fallacies: (1) the ecological fallacy that an aggregate-level study can generate, and (2) the atomistic fallacy inherent in a pure event-history analysis. However, contextual analysis ignores potential intra-group dependence between individuals, which may produce overly narrow confidence intervals. Multilevel analysis overcomes this drawback by introducing random effects at group level in addition to individual variance.

To conclude, we present some of the objections to the approach, most notably that it fails to take into account the mechanisms for moving from more aggregated levels to the individual level. Only a new paradigm could allow advances in this field.

Conclusion to Part II

Our study has thus shown that nearly all population studies paradigms display such close ties with probability as to make it impossible to separate the two disciplines: population study is the application of probabilistic concepts to populations. We have also shown that, throughout their history, the social sciences have used the successive approaches to probability to address specific issues. For instance, in the late eighteenth and early nineteenth centuries, Laplace and Duvillard applied logical probability to a number of demographic subjects. By contrast, the late nineteenth century and the first half of the twentieth century saw the triumph of objective probability with the use of census data and aggregate regression methods. While the objectivist approach prevailed in the early days of event-history analysis, the epistemic approach later became important owing to the smallness of the populations observed. The same is true for the multilevel approach.

We also examine shortly here the role of counterfactual causality in social science and give some arguments against its use. Lastly we try to show how some cumulativity is possible in population sciences.

General Conclusion

Our general conclusion summarizes the main findings of our study, emphasizing what can and what cannot be generalized from population sciences to the other social sciences. While we cannot explore all the vaster implications of this issue—our book is not an encyclopedia—we suggest some ways of gaining a clearer picture of the situation.

Accordingly, we examine in greater detail the links between sociology or artificial intelligence and probability in order to understand their limits and to see the alternatives to statistical logic.

This leads us to discuss in more details the problem of causality in probability and social science and to go further than the counterfactual approach previously discussed. The role that mechanisms play in social sciences seems very important to explore simultaneously with their multilevel character.

We move on to various questions to which our book has provided only partial answers, and we suggest various approaches to supplement those answers.

For instance, we have solved the delicate problem of individual cases by means of the notion of statistical individual. This allows the introduction of many time-dependent individual characteristics into an event-history analysis where, initially, all individuals were equally likely to experience the event. True, there will always be unobserved characteristics capable of influencing the phenomenon, and an effect specific to each individual: his or her frailty. The more general problem is thus the transition from the individual to the population, under these various conditions. We show the formal relationships that link the parameters of an analysis of event histories at individual level and population level. We discuss recent approaches introducing more complex stochastic processes.

Lastly, we discuss the problem of forecasting in the social sciences, which implies the use of probability. We show the importance of using epistemic methods to solve the forecasting problem, with particular reference to the results obtained by microsimulation methods.

All the recent examples given in the conclusion show the enduring relevance of the methodological problem addressed in our work—a problem whose history we have recounted from its seventeenth-century origins to the present.