

DEMOGRAPHIE DES MATHÉMATICIENS DES MATHÉMATIQUES A L'INDUSTRIE LA FUITE DES CERVEAUX

par

**Daniel Barsky, Mireille Chaleyat-Maurel, Gilles Christol,
Claude Godbillon, Eliane Klein, Jean-Yves Mérindol,
Colette Moeglin, Jean-Louis Ovaert, Annie Raoult,
Michel Roussignol, Jacques Simon**

Table des Matières

- I. Quelques données chiffrées sur les mathématiques post-bac
- II. La fuite des cerveaux
- III. Les mathématiques dans le monde économique
- IV. A propos du nombre des mathématiciennes
- V. Le recrutement dans l'enseignement supérieur et au CNRS
- VI. Et la formation
- VII. Compte-rendu de la table ronde
- VIII. Essai d'évaluation du flux d'entrée dans la recherche mathématique en France
- Annexe 1. Données chiffrées sur les élèves des classes scientifiques des lycées et sur l'évolution du nombre de bacheliers.
- Annexe 2. Données chiffrées sur les classes préparatoires scientifiques.
- Annexe 3. Données chiffrées sur les enseignants de mathématiques du type lycée.
- Annexe 4. Données chiffrées sur les enseignants du supérieur et les chercheurs du CNRS.
- Annexe 5. Données chiffrées sur le nombre de mathématiciennes.

I. QUELQUES DONNEES CHIFFREES SUR LES MATHEMATIQUES AU NIVEAU POST-BAC par Daniel Barsky

Traditionnellement les mathématiques françaises sont considérées comme les troisièmes du monde. Le resteront-elles ? Dans ce rapport nous ne répondons pas à cette question, mais nous essayons de donner quelques chiffres qui permettent de juger du dynamisme actuel des mathématiques, de leur ouverture sur le monde économique, et des problèmes à venir.

Ce rapport donne un aperçu sur les points suivants

- Le nombre d'étudiants après le baccalauréat engagés dans des études où les mathématiques occupent une place importante,
- La démographie des enseignants de mathématiques après le baccalauréat,
- Le financement de la recherche mathématique,
- Les débouchés actuels et à venir pour les étudiants de mathématiques,
- Les applications et les utilisations des mathématiques.

1. Les étudiants¹⁾

On considère les étudiants dont le cursus comporte une part très importante de mathématiques. Ces étudiants se recrutent essentiellement sur les **bac C** et **E**. Les filières envisagées sont :

au niveau du premier cycle :

- Les classes préparatoires scientifiques,
- Les DEUG **A²⁾** et les DEUG **MASS³⁾** (plus une partie des DEUG B),

1) Extrait d'une étude en cours de réalisation pour la *Gazette des Mathématiciens* et le Colloque, par Martin Andler et Bernard Helffer. La première partie, premier et deuxième cycle, est publiée dans le n° 35 de Janvier 1988. La deuxième partie, troisième cycle, est parue dans le n° 36 de Mars 1988.

2) DEUG : Diplôme d'Etudes Universitaires Générales.

3) MASS : Mathématiques Appliquées aux Sciences Sociales.

DEMOGRAPHIE DES MATHÉMATICIENS

au niveau du second cycle :

- Les licences de Mathématiques,
- Les licences M A S,
- Les Maîtrises de Mathématiques Pures,
- Les Maîtrises M A S, M A S F¹⁾, et les M I M²⁾,

au niveau du troisième cycle :

- Les Magistères de mathématiques (ce ne sont pas des diplômes de troisième cycle, mais des diplômes de niveau Bac+5 de type ingénieur),
- Les DEA³⁾ de mathématiques pures et appliquées, et les DESS⁴⁾ de mathématiques,
- Les thèses.

Les chiffres pour l'enseignement supérieur sont le résultat d'une enquête en cours de **publication**⁵⁾, les chiffres définitifs du 3ème cycle ne sont pas encore connus et reposent sur le dépouillement des dossiers de demandes de bourses MRES pour le troisième cycle.

Baccalauréat (reçus) ⁶⁾	260 000
Bacc C+E (reçus)	40 000
Classes préparatoires scientifiques (flux 1ère année) ⁷⁾	16 000
DEUG A (diplômes délivrés)	6 000
DEUG M A S (diplômes délivrés)	600
Licence de mathématiques (diplômes délivrés)	1 000
Licence MASS (diplômes délivrés)	150
Maîtrise de mathématiques Pures (diplômes délivrés)	300
Maîtrise M A S F et M I M (diplômes délivrés)	350
Maîtrise MASS (diplômes délivrés)	85

1) M A S F : Mathématiques et Applications aux Sciences Fondamentales

2) M I M : Maîtrises d'Ingénieries Mathématiques

3) D E A : Diplôme d'Etudes Approfondies, niveau BAC+5

4) D E S S : Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées, niveau BAC+5, comportant un stage en entreprise

Cf. Supra note 1) p.2 de ce document

Cf. annexe 1

Cf. annexe 2

Magistères de mathématiques ¹⁾ (inscrits en première année)	75
DEA et D E S de mathématiques pures et appliquées (délivrés à des Français) ²⁾	250
DEA et D E S de mathématiques pures et appliquées (délivrés à des étrangers)	250
Thèses délivrées à des Français	140
Thèses délivrées à des étrangers	150

Indiquons que le nombre de licences de mathématiques est passé de 400 dans les années 1950 à 1000 dans les années 1965 puis à plus de 2000 dans les années 1970 pour retomber à 1000 dans les années 1980. Une partie de la chute du nombre de licences et de maîtrises de mathématiques délivrées tient probablement à la création des nouvelles filières **MIAGE**³⁾ et Informatique :

MIAGE (diplômes délivrés en 1986)	762
Maîtrises d'informatique (diplômes délivrés en 1984)	>600

2. Les enseignants et les chercheurs⁴⁾

Dans les classes préparatoires⁵⁾, les 900 enseignants de mathématiques sont des agrégés.

Les enseignants de mathématiques de l'Enseignement Supérieur sont regroupés pour la presque totalité dans la 23^{ème} section du CSU. Ils sont au nombre de 2280, sur un total de 40 000 enseignants du supérieur, et se répartissent, en 1986, de la manière suivante⁶⁾ :

-
- 1) Les Magistères sont de création récente, les premiers diplômés sortiront en 1988.
 - 2) La distinction, au niveau des diplômes de troisième cycle, entre Français et étrangers, a été faite pour pouvoir apprécier le nombre de candidats potentiels à des postes de type recherche ou enseignement supérieur. Les étrangers rentrent en effet dans leur pays d'origine pour la plupart.
 - 3) Maîtrises d'Informatique Appliquée à la Gestion ; cette filière a été créée il y a une **dizaine** d'années.
 - 4) Extraits d'une enquête pour le Colloque. Une partie des chiffres a été publiée dans la *Gazette des Mathématiciens* n° 33, avril 1987, pages 14-40 sous le titre "Bilan de la Commission 3, 83-86" par Daniel Barsky. Voir aussi les annexes à la fin du document.
 - 5) Voir annexe 3
 - 6) Voir annexe 4

Professeurs	650
Maîtres de Conférences et Maîtres Assistants	1080
Assistants	<u>550</u>
TOTAL (1986)	2280

Il y a 219 chercheurs en mathématiques au CNRS, dans la section 3 de mathématiques et modèles mathématiques, sur un total de 10 000 chercheurs au CNRS soit 2,2% de l'effectif, plus quelques chercheurs, par exemple en mathématiques discrètes dans la section d'informatique. Les chercheurs de la section 3 se répartissent en 1986 de la manière suivante¹⁾ :

Directeurs de Recherches	<u>41</u>
Chargés de Recherches	<u>178</u>
TOTAL (1986)	219

Il faudrait ajouter à ces emplois permanents de mathématiciens les enseignants de mathématiques dans les Ecoles d'Ingénieurs dont les effectifs sont difficiles à cerner car beaucoup d'entre eux ne sont pas à temps plein dans une école donnée. Il faudrait y ajouter par exemple les statisticiens de médecine et les mathématiciens employés par d'autres grands organismes de recherches, l'industrie électronique et électrique, aéronautique et spatiale, pétrolière, informatique et des télécommunications, hydraulique, bancaire et des assurances, pharmaceutique, logicielle, les industries agroalimentaires, etc... La difficulté provient de ce que les profils de ces chercheurs sont complexes. Ils sont à la fois chercheurs, ingénieurs, administratifs... Au total on peut estimer à environ 3500 le nombre de mathématiciens professionnels.

A ces emplois permanents s'ajoutent des emplois temporaires :

Assistants Normaliens Doctorants ²⁾	45
Allocataires d'Enseignement ³⁾	35

1) Voir annexe 4

2) Il s'agit d'emplois d'une durée de 2 ans prolongeable au plus pour un an, réservés aux élèves des Ecoles Normales Supérieures, comportant une obligation d'enseignement et destinés à leur permettre d'acquérir une formation à la recherche (préparation d'une thèse)

3) Il s'agit d'emplois du même type que ceux des Assistants Normaliens Doctorants, la durée est de 3 ans. Les agrégés et capésiens ne peuvent pas y postuler, ce qui est gênant en mathématiques.

Boursiers MRES¹⁾
Bourses de Doctorats pour Ingénieurs²⁾

130
8

Il faut ajouter à ces emplois non permanents les bourses destinées à la formation à et par la recherche financées par des entreprises (CIFRE et autres) qui sont en nombre restreint pour l'instant.

La pyramide des âges des enseignants du supérieur est très défavorable. En 1986, sur 2280 enseignants relevant de la 23ème section du CSU et 219 membres de la section 3 du CNRS, la répartition est la suivante :

23ème section du CSU

moins de 30 ans	23	âgés de 42 ans	210
moins de 35 ans	139	âgés de 42 à 49 ans	1130

section 3 du CNRS

moins de 30 ans	55	moins de 35 ans	128
-----------------	----	-----------------	-----

Cette pyramide des âges³⁾ montre la faiblesse du recrutement de jeunes dans l'enseignement supérieur depuis des années. Au CNRS la situation est meilleure grâce à la priorité accordée au recrutement des jeunes.

On estime classiquement qu'une population active ayant une carrière de 35 ans environ doit avoir un taux de renouvellement de 3 à 4% par an. L'âge moyen du recrutement au CNRS est de 26/28 ans ces dernières années, idéalement il devrait être du même ordre dans l'enseignement supérieur, compte tenu de la durée des études nécessaires à l'obtention d'une thèse. On devrait donc avoir dans ces conditions au minimum de 500 à 800 mathématiciens de moins de 35 ans dans l'enseignement supérieur et au CNRS ; nous n'en sommes pas à la moitié, même en ajoutant les normaliens d'octoants et les allocataires d'enseignement.

-
- 1) Les bourses du MRES permettent à des étudiants titulaires d'un DEA de préparer une thèse en 2 ans (avec une possibilité de prolongation à 3 ans pour 10% de l'effectif). Leur montant est de 4500 francs par mois.
 - 2) Ces bourses, gérées par le CNRS, permettent à des diplômés de Grandes Ecoles d'Ingénieurs ou des Ecoles Normales Supérieures, de préparer une thèse dans des domaines liés aux applications. Leur durée est de 2 à 3 ans (actuellement plutôt 2 ans et 6 mois). Leur montant est de 6500 francs par mois. Elles peuvent être cofinancées par les Régions ou par des Entreprises (dans ce cas leur montant atteint 8500 francs par mois).
 - 3) Voir la partie du document consacrée au recrutement et Annexe 4

Année	82	83	84	85	86	87
recrutements CNRS	21	17	10	12	14	12*
démissions CNRS	7	5	3	5	6	4*
recrutement enseignement supérieur (hors transformations)	32*	44*	55*	15*	(+150 postes des budgets 85/86 qui ne seront pourvus qu'en 1988 au plus tôt).	

*

Il s'agit d'estimations.

Depuis 1984 on assiste à un phénomène de "fuite des cerveaux"¹⁾ vers les Etats-Unis, qui touche les enseignants du supérieur, les chercheurs au CNRS, essentiellement dans la tranche d'âge 32-43 ans. Ce phénomène est dû, semble-t-il, d'une part à l'absence de perspectives de carrière même pour des chercheurs brillants, d'autre part au manque de considération qui s'attache à la recherche et enfin au manque de moyens. Il s'accélère depuis un ou deux ans. En outre les jeunes thésards s'expatrient aussi aux USA par suite de l'absence de postes à l'université et au CNRS, et de l'absence presque totale de soutien financier après la thèse pour une période d'un an au moins.

3. Le financement des mathématiques

La recherche en mathématiques est financée essentiellement par des crédits publics provenant du CNRS pour 25% à 30% et de la Direction de la Recherche du MRES²⁾ pour la suite (dans des disciplines voisines le soutien est partagé à moitié entre CNRS et MRES³⁾. Il y a un développement des contrats passés avec les entreprises par des laboratoires de mathématiques⁴⁾. Les montants de ces contrats sont difficiles à cerner, nous nous contenterons de donner quelques exemples dans le chapitre suivant sur les débouchés.

1) Voir le rapport "La fuite des cerveaux".

2) Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur

3) Cf. par exemple "Objectifs et moyens de la recherche universitaire, bilan de l'exercice 1983", in *La documentation française*, 1986.

4) Ces contrats sont, soit de type fondamental comme les contrats européens de type Stimulation, Esprit, Procope, soit de type industriel. Dans tous les cas la gestion de ces contrats prend du temps et nécessite du personnel administratif et technique qui fait défaut actuellement. Rappelons que l'ensemble des formations associées au CNRS disposent de moins de 150 ingénieurs, techniciens ou administratifs, pour plus de 40 formations associées et 1500 enseignants et chercheurs.

Les chercheurs, enseignants et boursiers de troisième cycle des formations associées ou recommandées représentent 1800 personnes environ. Le total des crédits CNRS et DR du MRES et Ecole polytechnique pour la recherche mathématique dans les formations associées au CNRS ou recommandées par la DR du MRES, se présentait en 1985 (dernière année connue), hors personnel, dans ses grandes lignes comme suit :

CNRS (total)	7 900 kF
DR du MRES (formations associées)	11 000 kF
DR du MRES (formations recommandées)	3 300 kF
Divers (Ecole polytechnique, IHES, bibliothèques)	<u>3 800 kF</u>
TOTAL	26 000 kF

A ces crédits on peut estimer qu'il faut ajouter environ 3 000 à 4 000 kF pour les équipes qui ne sont ni recommandées ni associées¹). En outre il y a 70 bourses MRES à 4500 francs par mois sur 24 mois, 2 à 4 Bourses de Doctorat pour Ingénieurs à 6500 francs par mois sur 24 mois (8000 francs si elle est cofinancée par l'industrie) et quelques conventions CIFRE ou industrielles.

Pour avoir quelques éléments de comparaison remarquons que le financement des équipes associées ou recommandées représente moins que le financement annuel du réacteur Orphée au laboratoire Léon Brillouin à Saclay (28 000 kF) lequel n'est qu'un des 6 ou 7 équipements lourds de la physique de base. Le soutien fédéral et universitaire des Etats-Unis à la recherche mathématique est de l'ordre de 200 à 250 millions de dollars pour 9 000 à 10 000 mathématiciens. La comparaison est difficile avec les chiffres français car ces crédits comportent une part de salaires (les 2 mois de *summer money* par exemple, ...) et il n'est pas sûr que la définition du mathématicien soit la même des deux côtés de l'Atlantique. On peut, quand même, estimer que les Etats-Unis consacrent entre 5 et 10 fois plus de crédits par chercheur mathématicien que la France (à structure comparable).

Chaque enseignant ou chercheur, associé ou recommandé, reçoit globalement 13 à 15 kF par an. Si l'on ôte de cette somme le soutien aux bibliothèques de recherche (cf. ci-dessous), les crédits spéciaux

1) Ce chiffre est difficile à estimer car ces crédits sont répartis au niveau des Universités et il ne semble pas qu'il y ait de documents de synthèse au niveau national.

pour l'équipement informatique (cf. ci-dessous), le soutien aux colloques, aux revues, etc., les frais généraux engagés par les universités pour les fluides (eau, gaz, électricité...), le chauffage, etc., il reste moins de 0,6 kF par personne et par an pour les communications (téléphone, courrier, photocopies, réseaux), les missions et invitations, les petits équipements (mobilier,...), les fournitures ordinaires (papier, disquettes,...). Sur les 12 000 ITA¹⁾ du CNRS, 85 sont affectés aux équipes associées au CNRS. Le MRES fournit de son côté environ 50 ITA à ces mêmes équipes, bien que ce chiffre soit sujet à caution puisque la frontière entre enseignement et recherche est difficile à établir au niveau du troisième cycle. Enfin rappelons que dans le budget hors personnel du CNRS la part des mathématiques représente 0,5%.

Les moyens indispensables à une recherche mathématique de qualité sont les bibliothèques, les moyens informatiques, les possibilités de rencontre (mission, accueil de chercheurs étrangers, centres de rencontre, écoles d'été,...), des moyens de communications (téléphone, accès à des réseaux, revues, édition,...), et *surtout des hommes car la recherche mathématique n'existe pas sans des jeunes chercheurs* assurant un renouvellement régulier de la profession à un niveau convenable.

Un effort a été entrepris depuis 3 ou 4 ans sur les bibliothèques de mathématique-recherche qui étaient dans un état déplorable. Maintenant encore la comparaison avec celles des Etats-Unis bien sûr, mais aussi avec celles de RFA et d'autres encore, n'est pas très favorable. Un crédit annuel d'environ 1 900 kF commun au CNRS (pour 500 kF) et à la DR du MRES permet de soutenir de manière spéciale 16 bibliothèques de mathématique-recherche (dont le budget global atteint 9 500 kF)²⁾. Mais cette action est limitée et n'a pas encore permis d'atteindre des standards proches de ceux des USA. Par exemple, sur le Campus Jussieu qui compte plus de 500 mathématiciens (la plus grosse concentration au monde), sans tenir compte des étudiants de troisième cycle, soit 20% à 25% de l'effectif des mathématiciens français, il n'y a qu'une bibliothèque de mathématique recherche dont le budget est de l'ordre de 1 200 kF. La charge par livre y est donc énorme. Par ailleurs trop de centres de mathématiques actifs ont une bibliothèque de recherche insuffisante voire inexistante.

1) Ingénieurs, Techniciens et Administratifs du CNRS.

2) Un bilan de cette action se trouve dans le "Bilan de la commission 3", op. cit., n° 33, 1987, pp. 14-40.

Les revues françaises de mathématiques sont un instrument important de diffusion des résultats. Elles sont un bon niveau international ; les meilleurs mathématiciens français et étrangers y publient. Les mathématiques sont une des rares sciences où l'on peut encore publier en français et être cité (et des étrangers ne dédaignent pas de le faire). Le CNRS consacre annuellement environ 400 kF au soutien des revues.

Les moyens informatiques ont été et sont encore l'objet d'une demande pressante de la part des mathématiciens, à la fois en micro-informatique et en mini-informatique. Ces moyens servent pour la recherche (simulation numérique, calcul formel, expérimentation, aide à la démonstration), pour les applications (analyse numérique, théorie du contrôle, théorie des nombres, statistiques, probabilités, géométrie algébrique, différentielle, logique, combinatoire...), pour le traitement de texte mathématique, et ils sont un objet d'étude en soi (logique et informatique, logique et langages de programmation,...). Un effort important a été fait par le CNRS¹⁾. On peut s'attendre à un changement d'échelle maintenant que les mathématiciens commencent à dominer l'utilisation de la micro-informatique pour la recherche et les applications. La demande de mini-informatique, de stations de travail, va devenir plus importante ; les demandes d'accès à des gros systèmes va augmenter pour le calcul formel, la simulation numérique, la mécanique des fluides, la combustion, l'expérimentation mathématique, la parallélisation des algorithmes (aux Etats-Unis on signale des crédits de plus de mille heures de CRAY pour une équipe de quelques personnes).

Les mathématiques ne nécessitent pas encore à proprement parler de moyens lourds, encore que les recherches en arithmétique, en turbulence et en logique par exemple, peuvent demander des moyens de calcul imposants qui, pour l'instant, sont obtenus auprès des grands centres nationaux et internationaux (CIRCE, CNUSC, CCVR, CERFACS,...). Il existe actuellement en France essentiellement 3 équipements collectifs affectés aux mathématiques, plus un

1) Le CNRS a consacré environ 1 800 kF, en 1986, à l'équipement informatique des formations associées de mathématiques. Environ 2 fois autant a été obtenu par d'autres canaux pour l'équipement informatique : crédits universitaires spéciaux, contrats, subventions des régions, des municipalités, etc...

équipement international le CIMPA, et des équipements non spécifiques aux mathématiques comme les centres de calcul. Enfin le réseau des bibliothèques de mathématiques est un instrument collectif important. Les 3 équipements collectifs sont :

- Le CIRM, Centre International de Recherche Mathématique, situé sur le campus de Luminy à Marseille, est destiné à accueillir des colloques de mathématiques (d'une semaine généralement) rassemblant 40/50 personnes. Il est doté d'une belle bibliothèque.
- L'IHES, Institut des Hautes Etudes Scientifiques, situé à Bures sur Yvette, accueille des physiciens théoriciens et des mathématiciens de très haut niveau. Il dispose de 6 à 8 postes permanents et accueille pour des périodes de quelques semaines à plusieurs années des mathématiciens invités. Il est financé par le MRES pour l'essentiel, avec un complément d'institutions des autres pays européens et de la NSF.
- L'IHP, Institut Henri Poincaré, situé en plein cœur de Paris, contient une belle bibliothèque, accueille des séminaires nationaux et parisiens et les cours de Magistère des universités parisiennes. Après l'avoir un peu délaissé, par suite de la construction des nouveaux locaux dans les années 60/70, les universités parisiennes sont en train d'essayer d'en refaire un centre de recherche vivant en mathématiques et physique théorique.

Dans les universités les crédits de fonctionnement pour l'enseignement sont dramatiquement insuffisants. Les bibliothèques de premier et second cycles sont pauvres en ouvrages de références. L'aménagement de salles d'ordinateurs, indispensables à l'enseignement des mathématiques, traîne faute de place, de personnel technique, voire de prises de courant. Une partie des crédits de recherche sert à financer l'enseignement en payant les fluides, le téléphone ; une partie du personnel administratif et technique de recherche est détourné de sa destination par suite du manque de personnel pour l'enseignement. Des enseignants sont obligés de faire le travail de secrétariat et d'ingénieur pour l'enseignement, au détriment de leur recherche et de leur enseignement.

5. Les débouchés¹⁾

Les débouchés sont conditionnés par les trois finalités des mathématiques : le progrès intrinsèque des connaissances mathématiques, les applications directes, la collaboration avec les autres sciences.

Il y a d'une part les carrières traditionnelles de l'enseignement et de la recherche. Le nombre de postes mis au concours annuellement au CAPES est de l'ordre de 1000, à l'agrégation il est de l'ordre de 300. Ces nombres semblent devoir être maintenus sur plusieurs années. Il faut les comparer aux 1000 licences de mathématiques délivrées chaque année. Il est vrai qu'actuellement moins de 50% des postes du CAPES sont pourvus par des étudiants, le reste sert pour la promotion interne. La moitié des enseignants de mathématiques de type lycée²⁾ (Agrégés, Capésiens, adjoints d'enseignement) partira à la retraite entre 2003 et 2011 (dans l'hypothèse de la retraite à 60 ans). En outre il faudra aussi remplacer un grand nombre de PEGC qui enseignent les mathématiques au Collège.

Pour l'enseignement supérieur et la recherche la moitié de la population partira en retraite entre 2003 et 2010 (dans l'hypothèse de la retraite à 65 ans). Par ailleurs les mathématiques sont une des rares disciplines scientifiques à être globalement sous-encadrée d'après les normes officielles du ministère. Un recrutement régulier de 80/90 jeunes par an dans ces carrières semble nécessaire indépendamment du lissage de la courbe démographique et de toute expansion. Ce nombre est à rapprocher des 130 thèses soutenues annuellement par des Français.

Les titulaires de diplômes de mathématiques bénéficient de nombreux débouchés et aucun d'entre eux, à notre connaissance, ne reste sans emploi. Les titulaires de DEUG A, de licence et de maîtrise de mathématiques trouvent en plus des débouchés traditionnels de

-
- 1) Cf. Ici même le compte rendu d'enquête sur "Les mathématiciens dans le monde économique" par Mireille Chaleyat-Maurel, Michel Roussignol, Annie Raoult et Daniel Barsky. Cf. aussi le compte rendu de la table ronde.
 - 2) Le nombre total d'enseignants de type lycée est de 25 000 qui se répartissent en 3600 agrégés, 18 000 Capésiens et 3400 adjoints d'enseignement. Cf. Le rapport préparé par Jean-Louis Ovaert, Jacques Simon et Eliane Klein, et l'annexe 3.

l'enseignement, soit des places dans les écoles d'ingénieurs, soit des places dans le monde économique, en particulier dans la banque, les assurances, etc. Pour les maîtres, les salaires de début sont souvent supérieurs à ceux des Capésiens. Les titulaires de diplômes Bac+5, et au-delà, de mathématiques se placent sans difficulté dans les disciplines appliquées traditionnelles (analyse numérique, statistiques) mais aussi dans les disciplines considérées comme plus fondamentales (*pour peu qu'ils soient prêts à acquérir une double compétence*) en raison des nouvelles applications qui se développent (logique et informatique, théorie des nombres et cryptage, géométrie algébrique et codage, géométrie et manipulations de formes, finances et mathématiques stochastiques, etc...). Citons l'existence d'une association des anciens des **DEA** de mécanique et de mathématiques appliquées de Paris VI qui compte plus de 180 membres, dont la plus grande partie est hors du monde universitaire. *Il faut multiplier ce type d'associations, qui sont très importantes pour le placement des diplômés universitaires.* On assiste à la création de **DEA**, **DESS** et Magistères orientés vers les applications (**DEA** de cryptographie et optimisation de Limoges, **DEA** de logique et fondements de l'informatique de Paris VII, Magistère de modélisation mathématique et méthodes informatiques de Rennes I, etc.)

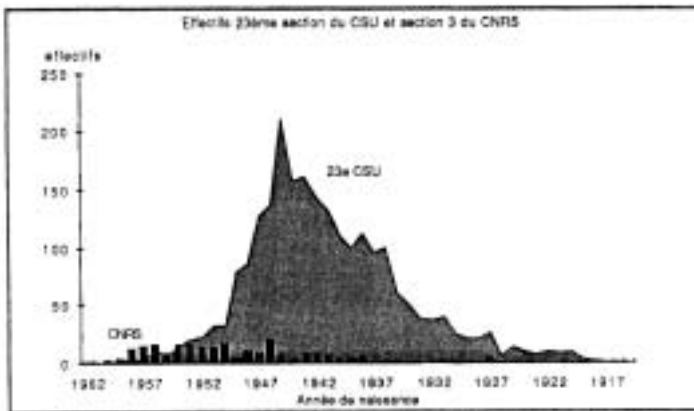
On trouve des mathématiciens dans les industries de pointe (électronique, informatique, robotique, aérospatiale ...), dans la banque et l'assurance (transmission des données et mathématiques financières), etc...

En fait les **DEA**, **DESS**, Magistères et thèses qui offrent une perspective de débouchés sur le monde économique sont souvent obligés de refuser des étudiants. Les diplômés ont, la plupart du temps, des salaires de début supérieurs à ceux des Maîtres de Conférences ou des Chargés de recherche, ce qui va poser des problèmes de renouvellement des enseignants et des chercheurs dans l'avenir.

Il y a actuellement un goulot d'étranglement au niveau de la formation de mathématiciens. Les chiffres des étudiants reçus annuellement en licence, maîtrise, DEA, DESS et 3ème cycle sont dramatiquement insuffisants et risquent d'être le facteur limitant principal pour toutes les applications des mathématiques et même pour le simple renouvellement des formateurs. Le nombre de licences de mathématiques délivrées est passé de 1000 vers 1965 à plus de 2000 dans les années 1970 pour retomber à 1000 vers les années 1980 et

remonter légèrement depuis peu. Les nombres de maîtrises de mathématiques pures, 300, et de mathématiques appliquées, 350, délivrées annuellement sont préoccupants, malgré la présence en DEA et en thèse d'élèves des Grandes Ecoles. On assiste depuis 4 ans à une baisse continue du nombre de candidats au CNRS (92 candidats CR2 et CR1 en 1983, 50 en 1987) dont les causes sont certes complexes mais qui est préoccupante.

Le développement des applications des mathématiques et l'existence ouverture récente vers le monde économique ne doivent pas faire oublier que c'est grâce aux progrès des mathématiques fondamentales que ces applications ont été rendues possibles. Elles vont susciter l'étude de nouvelles questions fondamentales de mathématiques. Il faut donc avoir des chercheurs de haut niveau capables de les résoudre.



Le graphique ci-dessus donne la pyramide des âges de mathématiciens universitaires et CNRS en 1986. L'aire grisée donne les effectifs des universitaires relevant de la 23ème section du CSU, les colonnes noires donnent les effectifs des mathématiciens relevant de la section 3 du CNRS. En abscisses on a porté les années de naissance des mathématiciens et en ordonnées les effectifs.

II. LA FUITE DES CERVEAUX EN MATHÉMATIQUES par Daniel Barsky

L'expression "fuite des cerveaux" concerne ici uniquement les enseignants du supérieur, les chercheurs du CNRS ou les thésards qui ont accepté un poste à l'étranger, d'une durée supérieure ou égale à 2

ans pour les plus jeunes, de type permanent pour les autres (avec tenure ou tenure-truck). Nous n'avons pas tenu compte des quelques dizaines de mathématiciens qui sont à l'étranger pour des périodes de 3 mois à 1 an.

Une autre facette du phénomène "fuite des cerveaux hors de l'Université" n'est pas traitée ici. Il s'agit des enseignants du supérieur, des chercheurs CNRS et des thésards (ayant été candidats à des postes de maîtres de conférences ou de chargés de recherches) qui acceptent des postes permanents dans l'industrie, la banque, les assurances, etc... Cet aspect fait l'objet d'un rapport distinct. Il nous a semblé en effet que les transferts de compétence vers le monde économique sont plutôt bénéfiques, tant qu'ils ne saignent pas l'Université et le CNRS, car ils correspondent à une de leurs missions et à une ouverture très nécessaire. Néanmoins dans certaines sous-disciplines des mathématiques il est difficile sinon impossible de retenir les meilleurs esprits à l'université et au CNRS, car les salaires de début offerts aux titulaires d'un DESS ou d'un DEA, voire d'une Maîtrise sont souvent de 50% supérieurs à ceux d'un maître de conférences ou d'un chargé de recherches, ceci sans préjuger de la difficulté pour obtenir un de ces postes et des perspectives moroses de carrière dans un passé récent. Par contagion ce phénomène se propage à l'ensemble des mathématiques.

Par contre nous avons considéré que l'acceptation d'un poste permanent à l'étranger par un chercheur français n'est pas une opération bénéfique, actuellement, faute de *réciprocité*. En l'absence du mouvement inverse, qui a existé dans les années 60/70 grâce à la forte position des mathématiques françaises et aux nombreux postes disponibles, cette émigration correspond à la perte, pratiquement sans contrepartie, de nos meilleurs formateurs, de nos chercheurs les plus productifs.

Pour cerner un peu le phénomène, nous avons procédé à des interviews de mathématiciens ayant accepté des postes permanents ou de longue durée, pour les plus jeunes, à l'étranger ; nous avons aussi tenu compte de rapports indirects sur des mathématiciens ayant émigré ou en passe d'émigrer. Cette enquête n'est pas exhaustive mais permet tout de même de dégager quelques grandes lignes.

La population concernée est celle des mathématiciens universitaires relevant de la 23^{ème} section du CSU (2250 personnes environ), de la section 3 du CNRS (220 personnes) et des thésards

ayant vocation à être candidats sur des postes relevant de ces deux sections. On a donc négligé les mathématiques discrètes, certaines parties du contrôle qui par leur lien avec l'informatique auraient, de toute façon, encore renforcé les tendances que nous avons dégagées.

Il y a eu 17 personnes interviewées et il nous a été signalé à peu près autant de personnes en passe d'obtenir ou envisageant très sérieusement d'accepter un poste permanent aux Etats-Unis ou ailleurs. *14 parmi les personnes interrogées ont émigré après 1984 et 9 après 1986*, alors qu'avant 1980 il y avait moins d'un départ par an en moyenne, en général pour des raisons personnelles.

Les 17 personnes interrogées *se* répartissent en :

- 7 professeurs d'université
- 7 chargés de recherches CNRS
- 3 jeunes titulaires de thèses

Les jeunes thésards sont, bien sûr, la catégorie la plus difficile à appréhender.

Les âges *se* répartissent en :

- 4 personnes de moins de 30 ans
- 10 personnes de 32 à 43 ans
- 3 personnes de 50 ans et plus.

Les salaires s'étagent de 25 000 \$ à plus de 100 000 \$ pour 9 mois augmentés de Grants (NSF ou autres) et de bourses et contrats divers, les 10 de 32 à 43 ans ont des salaires s'échelonnant de 40 000 \$ à 80 000 \$ pour 9 mois. La comparaison avec les salaires français est délicate. Elle dépend du cours du dollar, mais aussi par exemple du fait que la couverture sociale n'est pas la même ou bien du fait que les études supérieures sont d'un coût élevé.

Les raisons qui sous-tendent la décision d'émigrer sont de plusieurs types et sont souvent associées. Citons :

- Tout d'abord, l'absence d'horizon, de considération pour la recherche fondamentale depuis quelques temps,
- La difficulté de faire des projets à moyen terme (3 à 5 ans) par suite de l'absence de programmation budgétaire pluri-annuelle (la formation d'un thésard prend de 3 à 5 ans après la maîtrise),

- Les incertitudes qui pèsent sur le CNRS ont été très mal ressenties, à la fois par les chercheurs CNRS mais aussi, ce qui est plus grave, par les candidats à l'entrée au CNRS et, même en-deça, par les élèves des classes de taupes,
- L'absence de moyens pour la recherche (bibliothèques convenables près des centres de recherche, secrétariat, accès au téléphone, aux réseaux télématiques, moyens de calcul, bureau, bourses décentes pour les jeunes),
- L'augmentation de la charge d'enseignement sans compensation réelle. Les années sabbatiques sont en nombre insuffisant et leur système de financement pénalise les équipes sous-encadrées.
- L'absence de perspectives de carrière pour les enseignants et les chercheurs de qualité et l'absence de possibilité de recrutement pour les jeunes brillants, ajoutée aux lourdeurs et aux à-coups dans la procédure de recrutement (actuellement après la thèse, les candidats à l'enseignement supérieur se retrouvent au moins un an sans support budgétaire),
- Tous apprécient le fait qu'aux Etats-Unis la recherche en général et la recherche fondamentale en particulier sont prises au sérieux même par les milieux politiques et industriels, et qu'on leur donne des moyens de travail sérieux.

Pour conclure, le fait saillant est l'apparition du phénomène de "fuite des cerveaux" sur une assez grande échelle à partir de 1984. Même si les nombres sont faibles, 1,5% de la population concernée, le fait que ce phénomène touche une tranche d'âge jeune et déficitaire et surtout les meilleurs chercheurs, le rend très inquiétant. L'explication tient au développement des budgets de recherche aux USA depuis quelques années, conjugué à l'absence de recrutement dans le supérieur pendant de nombreuses années (l'étiage ayant été atteint en 1979). Ce phénomène touche la recherche mathématique de deux manières. D'une part les chercheurs en pleine productivité sont achetés essentiellement par les Etats-Unis et ils ne seront plus là pour former les enseignants et les chercheurs qui seront indispensables, ne serait-ce que pour remplacer les départs à la retraite prévisibles (*il faudra remplacer la moitié des mathématiciens entre 2003 et 2010*¹⁾). D'autre part, les jeunes découragés par l'absence de postes et la

1) Voir "Rapport de la commission 3 du CNRS 1983-1986" par Daniel Barsky, op. cit. n°33, 1987, pp. 14-40.

morosité ambiante dans les milieux scientifiques émigrent facilement, car la langue n'est plus un obstacle pour eux, et ce qui est pire les meilleurs d'entre eux se détournent des métiers de la recherche, tarissant ainsi le recrutement.

On assiste à un désamorçage de la pompe déjà perceptible (baisse du nombre de candidats au CNRS, choix des écoles par les élèves des classes préparatoires). Une fois la pompe désamorcée il est très long et très coûteux de la réamorcer. Ce phénomène nous guette si rien n'est fait pour y remédier, et ce à un moment où les mathématiques sont plus que jamais une science fondamentale, une science d'application dans des domaines de plus en plus nombreux, et où elles collaborent efficacement avec les autres sciences. Les américains ne s'y sont pas trompés et ont multiplié par deux (en dollars constants) les crédits des mathématiques en quatre ans.

m. LES MATHÉMATIENS DANS LE MONDE ÉCONOMIQUE par Mireille Chaleyat-Maurel, Annie Raoult, Michel Roussignol

Le but de la mini-enquête que nous avons effectuée pendant les mois d'octobre et novembre 1987 était de compléter le volet "Démographie des Mathématiciens", consacré à des données chiffrées portant essentiellement sur les flux d'étudiants, de diplômés ou d'enseignants, par quelques indications sur l'utilisation des mathématiciens en-dehors de l'université ou du CNRS et, en particulier, sur l'insertion professionnelle des jeunes diplômés. Parmi les questions essentielles de nos "interviews" figuraient les possibilités de recrutement présentes et à court terme, la description des tâches d'un mathématicien dans une entreprise et ses perspectives de carrière.

Nous avons dû, en premier lieu, décider d'une définition du "Mathématicien" : il s'agit, ici, d'un individu titulaire d'un diplôme de 3ème cycle (DEA ou **DESS** ou thèse de mathématiques pures ou appliquées) ou de l'Agrégation. Les formations ne comprenant, par exemple, que de l'informatique ou de la mécanique ne faisaient pas partie du cadre de notre enquête. Cette définition a été bien précisée à nos interlocuteurs, que nous avons, le cas échéant, aidés à déterminer qui étaient les mathématiciens dans leur entreprise, puisqu'il nous est arrivé de nous faire dire par un responsable que le département n'en employait aucun, alors que nous en connaissions plusieurs ! Leur formation initiale était ou occultée par leurs activités présentes, ou considérée comme non mathématique car appliquée, ou ignorée ; on remarque ainsi, dès maintenant, que pour une embauche dans une

entreprise dont le champ scientifique n'est pas très "pointu", il est préférable de ne pas se présenter comme exclusivement mathématicien (voir les commentaires sur l'évolution des tâches ou l'acquisition d'une deuxième technique dans le corps du compte-rendu).

Notre enquête a porté sur un ensemble de **33** personnes, que nous ne pouvons considérer comme un "échantillon représentatif" : une moitié d'entre elles faisait déjà partie de nos relations de travail (encadrement de stages en entreprise d'étudiants de 3ème cycle, intérêts scientifiques communs...), ou était constituée d'anciens étudiants maintenant cadres dans l'industrie ou le secteur tertiaire. Compte tenu de nos propres appartenances scientifiques, les domaines explorés ont été principalement ceux où l'analyse numérique, le calcul scientifique, le codage, les mathématiques financières, les probabilités et les statistiques s'imposent. La plupart des entreprises contactées sont très importantes, voire multinationales (liste en annexe) ; une inconnue, difficile à cerner, est celle de l'ouverture éventuelle des entreprises de petite taille à l'utilisation des produits mathématiques.

Cette enquête est donc à considérer comme un "coup de sonde" : un de ses intérêts est que nous avons cherché à voir qui dans une entreprise décide de l'embauche d'un mathématicien (l'institution ou celui qui va l'utiliser) et sur quels critères il est choisi.

Nous avons complété cette enquête par un dépouillement non systématique des offres d'emplois au niveau Bac+5 du Monde en octobre et novembre 1987. Nous y avons repéré **3** types d'annonces (une trentaine au total) intéressant les titulaires d'un diplôme de mathématiques : celles qui demandent des titulaires d'un diplôme scientifique universitaire sans autre précision (40% de l'échantillon), celles qui demandent un mathématicien sans préciser la spécialité (40% de l'échantillon), enfin celles qui précisent la spécialité. Pour ces dernières, les mathématiques financières et les statistiques sont largement en tête. Il nous a semblé que certaines annonces qui ne mentionnaient pas dans leur libellé les diplômes universitaires ou les mathématiques auraient pu le faire (voir les commentaires sur l'acquisition d'une deuxième technique et sur le recrutement).

Précisons la répartition de nos interlocuteurs suivant leur emploi :

- 4 Chefs du personnel ou Responsables de la gestion des cadres,
- 11 Chefs de service ou de département utilisant des mathématiciens,

- 12 Ingénieurs,
- 6 Divers.

Par ailleurs, au sens de la définition ci-dessus, parmi eux 23 étaient mathématiciens, 9 étaient non-mathématiciens.

1. Recrutement

D'après notre enquête, on peut distinguer trois catégories d'entreprises qui recrutent un nombre non négligeable de mathématiciens : les grandes entreprises dans les secteurs de pointe, les sociétés de service en mathématiques appliquées et en informatique et le secteur des banques et des assurances.

Les grandes entreprises des secteurs de pointe ont besoin de mathématiciens appliqués ; actuellement, il s'agit principalement d'analystes numériques. Ces entreprises ont l'habitude de recruter des ingénieurs de grandes écoles et les universitaires ont du mal à y entrer. Elles ont employé des analystes numériques formés à l'université lorsque l'université avait le monopole de cette formation. Les passerelles grandes écoles / troisième cycle étant maintenant en place, ce créneau est moins ouvert. Il y a cependant des chefs de service (d'origine universitaire) qui poussent au recrutement d'universitaires : ils se heurtent aux habitudes des services de personnel.

Pourquoi une entreprise préfère-t-elle un ingénieur grande école à un universitaire ? Sans doute pour l'impression de garantie qu'offre le label grande école : le candidat a fait ses preuves pour y entrer et a reçu une formation pluri-disciplinaire. On est donc assuré d'une certaine "capacité intellectuelle" et d'une faculté d'adaptation. Par ailleurs, l'entreprise a l'impression que pour un même diplôme universitaire, le niveau des étudiants est plus inégal ; elle n'embauchera donc un universitaire que si elle le connaît, soit par recommandation directe de quelqu'un en qui elle a confiance, par exemple un enseignant avec qui elle a l'habitude de travailler, soit à la suite d'un stage ou d'une thèse en milieu industriel. La thèse en entreprise se développe beaucoup ces dernières années. Elle est clairement utilisée comme moyen d'apprécier les qualités d'un jeune mathématicien, de tester son aptitude à s'intégrer et à évoluer dans l'entreprise.

Il existe de plus en plus de sociétés de service en mathématiques appliquées et informatique ; elles gravitent souvent autour de grandes

entreprises. Ces sociétés sont plus neuves, ont moins de traditions d'embauche et donc font plus de place aux universitaires. Elles recrutent volontiers à **bac+5** des titulaires de DESS et DEA de mathématiques appliquées. Il y a actuellement une forte demande de ces sociétés.

Le secteur des banques et des assurances embauche traditionnellement des statisticiens et des actuaires. Les techniques de modélisation devenant de plus en plus sophistiquées, les banques se tournent également depuis peu vers des mathématiciens appliqués à spectre plus large (à partir de **bac+5**). Ayant toujours eu l'habitude de recruter des universitaires économistes, elles n'ont pas d'a *priori* anti-universitaire, au contraire. Toute formation initiale mixte économie-mathématique est la bienvenue, mais n'est pas à l'heure actuelle indispensable. La personnalité d'un candidat compte beaucoup : le jeune mathématicien doit être prêt à acquérir "sur le tas" une formation en économie et à en intégrer rapidement les techniques. Il doit aussi être jugé apte à évoluer ensuite dans les différents secteurs de l'entreprise.

Enfin, signalons qu'il y a un manque criant d'actuaires en France : les compagnies d'assurances envisagent de créer leur propre formation devant cette carence de l'université.

2. Activités et tentative **de description des** carrières

Il y a une nette différence entre l'activité de début de carrière et son évolution ultérieure. Pour tous ceux que nous avons interrogés et qui ont été recrutés en tant que mathématiciens, le travail de départ est, ou a été, effectivement scientifique (et en tout cas non administratif).

Les champs d'application que nous avons rencontrés au cours de notre enquête recouvraient :

- le Calcul Scientifique (modélisation, résolution numérique, développement et test de logiciels),
- le Codage (cryptographie, expertise d'algorithme),
- les Mathématiques financières et le calcul actuariel,
- les Probabilités (fiabilité, maintenance),
- les Statistiques (statistique descriptive, analyse des données, séries temporelles).

Dans certains organismes, les mathématiciens servent de consultants pour les problèmes de mathématiques. Dans les secteurs à vocation scientifique (ex : aérospatiale), il y a des services mathématiques autonomes. On y demande au mathématicien un travail de réflexion et de résolution utilisant des méthodes récentes, et en particulier d'être au courant des nouveautés. On attend de lui que non seulement il sache résoudre les problèmes bien posés, mais aussi qu'il soit capable de voir pourquoi un problème industriel est mal posé, de le transformer et de le résoudre effectivement : la contrainte permanente est que le produit fini doit être vendu. Au bout de quelques années (très variables suivant les entreprises), l'accès aux postes de responsabilité se fait par l'acceptation de tâches administratives et la polyvalence : un parcours en zigzag est obligatoire.

L'exemple du groupe de Recherche Opérationnelle du Crédit Lyonnais est, à ce titre, significatif : le service travaille comme groupe de service pour toute la Banque ; ses membres y passent trois ans, puis vont occuper un poste dans tout autre secteur de l'établissement. Cette politique semble être suivie dans l'ensemble du secteur bancaire et financier ainsi que dans les assurances.

Dans les entreprises à tradition très scientifique (aérospatiale, EDF), un ingénieur-chercheur peut le rester toute sa carrière, mais souvent à son détriment.

Un thème a été évoqué par beaucoup de nos interlocuteurs : il faut que les mathématiciens embauchés, outre la pratique de la programmation, soient prêts à appréhender un autre domaine et ses techniques (parmi les sujets cités : géophysique, économie, finances, théorie des réseaux, langage-machine) aussi bien pour réaliser concrètement leur travail dans l'entreprise qui les a recrutés, que pour augmenter leur mobilité sur le marché du travail.

Certains nous ont fait part d'ouvertures faites actuellement aux mathématiciens dans le domaine de la chimie (contrôle de processus - identification de paramètres), dans celui de la construction informatique (contrôle de qualité des systèmes logiques...), dans les systèmes experts et, bien sûr, en mathématiques financières.

Signalons, par ailleurs, que certaines entreprises de grande taille dans les techniques de pointe (ex : Matra, Thomson, IBM) ont un petit groupe de mathématiciens de très haut niveau (style chercheur), souvent recrutés parmi le personnel CNRS ou Universitaire (voir Table ronde "Mathématiciens dans l'industrie"), dont le rôle est plus

stratégique (par exemple, participation à l'orientation à moyen et long terme).

Les grandes entreprises ont une grille de salaires qui ne permet que difficilement aux universitaires, même pourvus d'une thèse, de "rattraper" les gens des grandes écoles.

3. Quelques commentaires

Tout d'abord, nous sommes heureux de dire que nous avons été partout très bien accueillis et que, même lorsque nos contacts ne s'appuyaient sur aucune relation de travail antérieure ("chasseur de têtes", responsables de la gestion des cadres, une partie du secteur bancaire..) toutes les interviews que nous avons sollicitées ont été réalisées. La nécessité d'utiliser des mathématiciens est clairement dans l'air du temps et nos interlocuteurs nous ont sans réticence consacré du temps et ont répondu de bonne grâce à nos questions.

La nécessité d'élargir les relations Entreprise-Université (intervention des industriels dans le contenu des cours, accueil de stagiaires, thèses de pré-embauche...) et surtout la méconnaissance de l'université dans l'entreprise ont été des thèmes souvent entendus : dans les services du personnel des sociétés de taille importante, on regrette l'absence de suivi des étudiants à l'université (pas d'annuaires, peu d'associations d'anciens élèves) et l'on dit se perdre dans le dédale des nouvelles formations (maîtrises ou diplômes de troisième cycle à noms variés !) Par ailleurs, de tels contacts sont, semble-t-il, difficiles à engager par les entreprises plus modestes, ou dont la vocation scientifique n'est pas très pointue : on ne sait à qui s'adresser.

Dans le même ordre d'idées, nos anciens étudiants, qui étaient tous satisfaits de la spécialisation reçue à l'université, confirmaient cette ignorance par l'entreprise de leurs compétences spécifiques. Leurs cibles pour une embauche (lorsqu'ils ne sont titulaires que de diplômes universitaires) sont actuellement les sociétés de service, moins rigides et où les salaires leur sont nettement plus favorables, ou bien les "nouveaux domaines" que l'université doit guetter, afin de développer les enseignements et les secteurs de recherche "porteurs". Enfin, ils sont actuellement favorablement accueillis dans le secteur tertiaire.

Nous remercions M. Balasko, Mme Baumlin (FNMF), Mme Bègue (AMD-BA), M. Bossavit (EDF), M. Brémaud (ENSTA), Mme Campana (CNET), M. Carpentier (EDF), M. Chassé (CNET), Mme Chatelin (IBM), M. Chognard (SNCF), M. Delabrière (Groupe

Printemps), M. Del Cerro (Thomson), M. Demonchy (Ministère des Finances), M. Duby (IBM), M. Dupart (Matra), M. Gresh (Monde Diplomatique), M. Hurault (UAP), Mme Laurent (CNET), M. Lattés (Paribas), M. Leibundgut (Crédit Lyonnais), M. Maujaret (BNP), Mme Métivet (EDF), M. Mosseini (Crédit Lyonnais), M. Pénicaut (Saint Gobain), M. Rauch (FNMF), M. Raynaud, M. Santonastasi (Thomson), Mme Tissier (SEGIME), M. Trouvé, et les sociétés AMD-BA, ONERA.

IV. A PROPOS DU NOMBRE DE MATHÉMATIENNES par Colette Moeglin

Avant de commenter les chiffres dont nous disposons concernant le nombre de filles dans les filières à dominante mathématique, quelques remarques s'imposent. Ces chiffres sont assez peu précis et surtout ne sont pas très fins ; cela traduit la difficulté qu'il y a à se les procurer, la variable garçon/fille, homme/femme étant considérée par beaucoup comme secondaire. L'idée généralement admise est que pour des raisons traditionnelles, les filles sont moins présentes que les garçons dans ces filières, mais que la situation s'améliore et qu'il suffit de laisser faire la mixité des études. Cette idée est malheureusement fautive en ce qui concerne les mathématiques et j'insiste sur le fait que la situation dans ce domaine est différente de celle des autres disciplines dites scientifiques, par exemple la physique et a fortiori les sciences de la vie. D'où la nécessité de chiffres spécifiques à ce domaine.

Commençons par les résultats au baccalauréat série C. Le taux de réussite des filles est à peu près invariablement supérieur de 3% à celui des garçons (il n'est que légèrement supérieur à celui des garçons si l'on ne prend en compte que les reçus sans oral). Mais le pourcentage de filles parmi les reçus au baccalauréat C, après avoir fortement augmenté jusqu'en 1980, a chuté ces dernières années pour devenir inférieur à son niveau de 1973. Le pourcentage de filles en terminale C suit une courbe analogue. Précisons que l'on ne peut déceler de transfert de la série C vers la série D et que cette chute semble donc avoir des causes antérieures à l'orientation après la 1ère S.

Dans les études post-baccalauréat, les filles continuent à choisir massivement les filières les plus classiques : classes préparatoires, université. Le pourcentage de filles à l'université dans l'ensemble des sections à dominante mathématique ne progresse pas, alors qu'il le fait dans toutes les autres disciplines. En classes préparatoires 1ère année,

i.e. mathématiques supérieures, le pourcentage des filles est passé de 1968 à 1986 de moins de 12% à plus de 19%. Mais ce chiffre de 19% semble être un plafond atteint depuis 1976. La courbe du pourcentage de filles parmi les élèves des secondes années section M suit actuellement celle des Sup., mais pour la section M' cette courbe est inquiétante, le pourcentage des filles étant redevenu inférieur à celui du début des années 70. (Actuellement il est environ de 14%). Evidemment ces chiffres doivent se discuter en liaison avec les débouchés souhaités et obtenus par les filles. Mais dans ce domaine peu de chiffres sont disponibles et fiables. A l'université, il est clair que les filles forment la plus grasse partie des préparations au CAPES et à l'agrégation et qu'elles profitent peu des possibilités que leur offrent les études universitaires d'acquérir un diplôme d'ingénieur ou l'équivalent. A la sortie des classes préparatoires les filles démissionnent moins que les garçons au concours d'entrée des 3 ENS, mais il entre moins de 14% de filles à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole Normale Supérieure. A ce propos, il est important de signaler que les chiffres donnés sont globaux alors que la répartition filles/garçons varie suivant les établissements (en particulier en fonction de leur prestige). Si l'on regarde un concours comme celui des ENSI, le pourcentage de filles parmi les reçus est un peu supérieur au pourcentage de filles parmi les candidats, et en accord avec le nombre de filles en M et M' (rappelons que certains des reçus aux ENSI sont des élèves de M' et que ce concours a lieu en même temps que celui de Polytechnique). On ne peut donc pas conclure à une amélioration de la situation en faveur des filles. En outre, avec la mixité des concours d'entrée dans les ENS vient de disparaître un des avantages qu'avaient les filles.

Il est inutile d'épiloguer longuement sur le fait que les femmes parmi les universitaires de rang A sont rares : 9,5% de rang A mais 26% de rang B. La situation au CNRS est analogue.

La situation en mathématique a bien sûr des traits communs avec celles des autres professions. Mais l'une des explications au trop petit nombre de mathématiciennes semble être que les filles sont trop peu poussées dans leurs études par leur entourage et que les schémas traditionnels continuent à servir de modèle. La difficulté fondamentale est bien de convaincre les filles de se lancer dans des filières à dominante mathématique et d'avoir une ambition suffisante pour y réussir. A ce titre le blocage des carrières, le peu de recrutement ont un effet dissuasif (le nombre de candidates au concours d'entrée à l'Ecole Normale Supérieure a été divisé par 2 depuis l'introduction de la mixité).

V. LES RECRUTEMENTS DANS L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET AU CNRS par Daniel Barsky et Jean-Yves Mérimodol

L'évaluation des flux de recrutement universitaire est un problème délicat. Celui des flux de recrutement au CNRS est beaucoup plus simple du fait de la structure nationale du CNRS.

Tout d'abord rappelons que le nombre de chercheurs au CNRS est de 220. Le nombre de recrutements annuels au CNRS est la somme des postes créés, des démissions enregistrées et des départs à la retraite. Ces derniers sont inexistant pour l'instant : 1 seul départ à la retraite entre 1982 et 1987, le prochain est prévu pour 1992/94¹⁾. Par contre les démissions représentent une proportion importante du recrutement en mathématiques au CNRS, plus de 30%. La quasi totalité des départs est à destination de l'enseignement supérieur, depuis peu une partie des départs est à destination des Etats-Unis²⁾, et une autre à des potentiels vers l'industrie (c'est-à-dire que les démissions du CNRS ne sont pas encore effectives)³⁾. La politique des mathématiciens dans les années 50/70 vis-à-vis du CNRS était que les chercheurs du CNRS devaient prendre un poste de professeur dans l'enseignement supérieur une fois leur thèse (d'Etat) soutenue. Cette politique a fonctionné tant que le nombre de postes de professeurs vacants était important, c'est-à-dire jusqu'en 1972/74. A partir de cette date le faible nombre de recrutements universitaires n'a plus permis la continuation de cette politique. Ceci explique le faible nombre de chercheurs au CNRS en mathématiques. Rappelons que dans les années 1980, une politique délibérée d'expansion du CNRS a été mise en place pour compenser partiellement au moins le blocage du recrutement universitaire. Les mathématiques n'en ont profité qu'au prorata de leur poids au CNRS. Le faible nombre de chercheurs CNRS parmi les mathématiciens (moins de 10%) a empêché les mathématiques de compenser ainsi l'absence de postes universitaires, alors que des disciplines comme la physique, dont le nombre de chercheurs CNRS dépasse 30%, ont pu mieux profiter de cette politique.

Grâce aux créations régulières de postes au CNRS et aux démissions, le taux de renouvellement de la section 3 "Mathématiques et Modèles Mathématiques" est resté supérieur à 5% depuis des années.

-
- 1) Voir la pyramide des âges dans l'annexe 4.
 - 2) Voir le rapport sur "La fuite des cerveaux".
 - 3) Voir le rapport sur "Les mathématiciens dans le monde économique".

Année	82	83	84	85	86	87
Recrutement CNRS	21	17	10	12	14	12*
Démissions CNRS	7	5	3	5	6	4*
Taux de renouvellement	10%	8,5%	5%	5,5%	7%	5%

Pratiquement tous les recrutés sont des jeunes chercheurs.

A l'université la situation est plus confuse. Tout d'abord rappelons que le nombre de mathématiciens relevant de la 23ème section du CSU est de 2300.

On peut assez facilement connaître le nombre de postes publiés au Journal Officiel. Mais un poste peut être pourvu par mutation ou par recrutement. Dans le cas de pourvoi du poste par mutation, le poste du mutant est publié au même mouvement comme susceptible d'être vacant ou dans un mouvement ultérieur comme vacant, d'où une cause systématique d'erreur. Si le poste pourvu par recrutement est un poste de professeur, il se peut que l'heureux élu soit un Maître de Conférence, dans ce cas son poste est, en général, publié dans un mouvement ultérieur (donnant lieu ainsi à une "cascade"), d'où une autre cause d'erreur systématique. Il semble que ces dernières années les postes pourvus par mutations représentent 10 à 15% du total.

Une autre manière de compter les recrutements dans l'enseignement supérieur est de compter les emplois créés et d'ajouter les départs à la retraite, une dizaine par an actuellement¹⁾, en augmentation continue et faible depuis des années et les démissions, très faibles actuellement²⁾. Mais les emplois créés pour une année donnée, ne sont actuellement pourvus que longtemps après leur parution au Journal Officiel ; en outre les "cascades" mettent du temps à se terminer. Par exemple les postes prévus aux budgets 1985 et 1986 ne seront pourvus qu'en 1988 pour la plupart. On aboutit par les deux méthodes à l'estimation suivante, qui repose sur l'hypothèse que les mathématiques occupent une part constante de 6,5% des emplois créés :

Année	82	83	84	85	86	87
Emplois créés	32	35	47	41	51	40
Retraites, démissions	5	5	6	7	8	9
Total	37	40	53	48	58	49

1) Voir "La pyramide des âges" dans l'annexe 4.

2) Voir le rapport sur "La fuite des cerveaux".

Dans les emplois créés, nous n'avons pas compté la catégorie des Allocataires d'Enseignement en 1984. Ils ne représentent que 10 à 15 postes par an sur 3 ans, puisque ce sont des emplois limités à 3 ans.

Pour avoir une idée de la part occupée par les Jeunes dans le recrutement universitaire, il faudrait défalquer du total des recrutements les chercheurs CNRS recrutés, les emplois utilisés pour promouvoir des assistants (dont les postes sont ensuite supprimés ou remplacés par des postes de type Allocataires d'Enseignement¹⁾) et les emplois utilisés pour stabiliser des personnes engagées dans la recherche sur des emplois précaires. On peut mesurer grossièrement ces paramètres en remarquant qu'en 1986 :

23 membres de la 23^{ème} section du CSU avaient moins de 30 ans,
 139 avaient moins de 35 ans,
 210 avaient 42 ans,
 1130 avaient entre 42 et 49 ans.

Autrement dit, les postes créés dans le supérieur depuis quelques années, après un étiage quasi-absolu, ont servi pour l'instant à rattraper les retards de carrière ou à stabiliser des situations précaires dues à l'absence de recrutement dans la période antérieure. Ceci changera peut-être avec les postes des budgets 1985-86-87, 150 environ, qui ne seront pourvus qu'en 1988.

Mais 55/60 recrutements apparents annuels au CNRS et à l'université ne suffisent pas à assurer le simple renouvellement d'une population de 2500 mathématiciens. On compte, en effet, classiquement que le taux de renouvellement d'une telle population doit être de 3 à 4% dans l'hypothèse d'une pyramide des âges parfaite, c'est-à-dire 75 à 100 recrutements annuels. Ceci ne tient pas compte des départs massifs à la retraite entre les années 2003 et 2010. La moitié des 2300 enseignants du supérieur relevant de la 23^{ème} section du CSU partiront à la retraite entre ces dates. Le nombre des départs à la retraite²⁾ va passer d'une dizaine par an jusqu'en 1991, à 22/25 par an de 1992 à 1995, puis à 40 par an entre 1996 et 1998, atteindre 100 en l'an 2001 et augmenter encore jusqu'à 210 en 2010.

-
- 1) Voir le rapport sur "Les données chiffrées sur les mathématiques au niveau post bac".
 2) Dans l'hypothèse d'un départ à la retraite à 65 ans.

VI. ET LA FORMATION ? par Jean-Yves Mérindol

1. Le constat

On sait que le constat démographique n'est en rien brillant. Moins de 6% des enseignants-chercheurs en mathématiques ont moins de 35 ans. Moins de 7% des enseignants du second degré (agrégés, certifiés et adjoints d'enseignement) ont moins de 30 ans. Le nombre des bacheliers C augmente très lentement depuis une dizaine d'années¹⁾ (de 30 400 en 1975 à 34 500 en 1986 : soit une progression de 13% en 11 ans). Rappelons que pour la même période la possession de la tranche d'âge des 18 ans fut de 4% et la progression des bacheliers de 28%. Plus grave encore, le nombre total de bacheliers scientifiques (C+D+E) stagne depuis une dizaine d'années autour de 85 000 : ce qui signifie donc une baisse régulière du pourcentage d'une génération obtenant un baccalauréat scientifique.

Si l'on tient compte de la courbe actuelle de natalité (de 880 000 naissances en 1971, on est tombé à 720 000 en 1976 et il y a depuis une légère remontée autour de 750 000) on devrait même peut-être connaître une Laisse du nombre de bacheliers scientifiques dans les prochaines années. Et ce ne sont pas les étudiants étrangers qui compenseront cette baisse : ils sont de moins en moins nombreux, la hausse était constante de 1945 à 1982, mais il y a eu rupture en 1983.

A moins bien sûr que toutes les courbes ne s'inversent par suite de modifications profondes dans les orientations des lycéens. Comment obtenir ces modifications ? On essaiera de tracer quelques pistes plus loin.

2. Les besoins

Ce qui rend la situation extraordinaire, c'est qu'au moment où cette baisse devrait commencer à se produire on aura besoin d'un nombre considérable de nouveaux diplômés et en particulier de nouveaux scientifiques. Il faudra faire face à deux grands problèmes dont les effets vont se cumuler.

Le premier est assez facile à quantifier. Il s'agit du problème des départs massifs à la retraite. Par exemple pour les enseignants de

1) Voir aussi le compte-rendu de la table ronde.

mathématiques du supérieur, on devrait atteindre en l'an 2000 (dans 13 ans : c'est tout proche, songez à 1974 c'était il y a 13 ans !) environ 100 départs par an contre moins d'une quinzaine aujourd'hui. Même phénomène pour les enseignants du secondaire : par exemple dans les lycées, les retraités en mathématiques passeront de 150 à plus de 600. Mais il ne faut pas oublier de parler des ingénieurs, cadres et techniciens. Eux aussi partiront à la retraite. Les recrutements massifs pendant les années 60-73 ne furent pas le seul fait de l'Education Nationale.

Le deuxième aspect est celui de l'accroissement général du niveau de qualification. La prévision est ici infiniment plus délicate et les chiffres doivent être maniés avec une prudence infinie.

Le BIPE (Bureau d'Information et de Prévision Economique) s'y est essayé en particulier à la demande du Haut Comité Education-Economie (organisme consultatif de réflexion présidé par Monsieur Daniel Bloch, ancien directeur de l'INPG¹⁾). Les conclusions sont intéressantes mais inquiétantes. Voici quelques extraits significatifs :

catégorie professionnelle	% au sein de la population active 82	% au sein de la population active 2000
Ingénieurs et Techniciens	4,9	9
Cadres tertiaires supérieurs et intermédiaire	9,5	12
Formation/ Enseignement	5,2	7

Les niveaux de formation I-II (en gros, supérieur ou égal à la licence) devraient passer de 5,5% de la population active à plus de 11%.

1) Institut National Polytechnique de Grenoble.

DEMOGRAPHIE DES MATHÉMATIENS

Voici un tableau chiffré donnant l'évolution prévue par le BIPE des emplois I-II :

	1982	2000	différence
Administration et commerce	151 000	598 000	+447 000
Ingénieurs et cadres techniques	171 000	541 000	+370 000
Professeurs et professions scientifiques	268 000	446 000	+178 000
Professions libérales	135 000	266 000	+131 000
Cadres de la fonction publique	115 000	218 000	+103 000
TOTAL	840 000	2 069 000	+1 209 000

La précision des chiffres est certainement un peu absurde et la méthode pour les obtenir n'est pas nécessairement convaincante, mais la tendance générale n'est pas discutée : il faudra en une quinzaine d'années former plusieurs centaines de milliers de personnes nouvelles en formation initiale, autant en formation continue et remplacer celles qui partent à la retraite. Le tout dépassera, et de loin, tout ce que l'on a fait jusqu'à maintenant :

Ce problème se pose d'ailleurs dans tous les pays développés, ne parlons pas des besoins des autres pays.

Sait-on par exemple que les USA n'ont pas assez d'étudiants en sciences et en particulier en mathématiques. Les tableaux ci-dessous sont éloquent¹⁾ :

1) Notices de l'*American Mathematical Society*, vol. 34, n° 5, 1987, pp.748-750

Table I. NSF Data on Graduate Enrollments

	1977	1980	1984
US Citizens			
All S/E Disciplines	197 716	198 429	199 693
Mathematics	7 190	6 648	6 710
Physical Sciences	17 809	17 174	18 187
Foreign			
All S/E Disciplines	34 448	50 730	64 452
Mathematics	2 455	3254	4 513
Physical Sciences	4 696	5744	7 479
% Foreign			
All S/E Disciplines	16,3%	20,4%	24,4%
Mathematics	23,7%	32,9%	40,2%
Physical Sciences	20,9%	25,1%	29,1%

Table II. NSF Data on 1984 Graduate Enrollments by field

	Total	Foreign	% Foreign
Engineering	58 862	23 946	42,1%
Physics	9 911	3 765	38,0%
Chemistry	14 996	3 567	23,8%
Mathematics	11 233	4 513	40,2%
Computer Sciences	11 448	4 507	39,4%
Biological Sciences	37 554	5 896	15,7%
Economics	8 976	3 522	39,2%

Table III. Foreign Graduate Enrollments in Mathematics

Year	% of First Year Students	% of All Students
1977	22,4%	19,6%
1978	24,9%	18,2%
1979	25,7%	22,6%
1980	32,1%	27,1%
1981	39,4%	27,7%
1982	32,1%	32,5%
1983	36,8%	39,2%
1984	38,2%	41,1%
1985	46,7%	44,6%
1986	46,2%	45,8%

La fuite des cerveaux est aussi la conséquence de la bataille engagée par les USA pour résoudre des problèmes de recherche et de formation.

3. Et les mathématiques

Je me limiterai ici à deux problèmes de nature assez différente :

1 - La stagnation du nombre des diplômés scientifiques du secondaire est des plus inquiétantes. Cette stagnation est d'autant plus dramatique que l'on sait qu'un bon nombre de ceux qui choisissent le bac C n'ont aucune intention de poursuivre des études scientifiques. Pire encore : il en est de même pour une partie des étudiants des classes préparatoires scientifiques. Je fais ici une proposition que certains jugeront paradoxale : pour sauver les formations scientifiques, il faut abaisser et modifier les exigences en mathématiques dans le secondaire. La surenchère sur les programmes, sur les parties "indispensables" à connaître, la sélection par les mathématiques ont conféré à cette discipline un critère d'excellence. Mais il est à terme mortel pour les mathématiques de voir perdurer cette situation.

2 - Les mathématiques sont partout. A la fois comme technique de calcul, comme méthode conceptuelle, comme discipline de service, comme langage théorique. Il faut en tirer les conclusions en matière de formation dans l'enseignement supérieur. Ceci a-t-il été vraiment fait ? Il y a en France environ quarante DEA de mathématiques contre seulement 4 DESS. Il y a seulement une poignée de Maîtrises Sciences et Techniques à dominante mathématiques. La filière "Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques" ne fut créée qu'en 1984 et ne forme pour l'instant que moins de 100 étudiants par an. Combien de formations en biomathématiques, ou encore en économie mathématique ? On ne peut certes pas accuser les mathématiciens d'être les seuls responsables, ni même les principaux responsables de cette situation. Mais il est tout de même indispensable d'innover et de développer des formations diversifiées. Et cela, pas seulement dans les seconds et troisièmes cycles. Il est par exemple indispensable de créer de nouveaux premiers cycles qui mélangent la technologie ou les sciences de la vie ou l'informatique et les mathématiques, cette dernière discipline étant utilisée comme discipline de service. Malgré le jeu des options, filières, mentions, le découpage DEUG A/ DEUG B est insuffisant pour tenir réellement compte des acquis très variés des nouveaux bacheliers (bac C, D, E, F,...).

Je regrette un peu que la formation supérieure en mathématiques soit essentiellement abordée dans ce colloque à travers deux aspects : les grandes écoles et la formation des enseignants. Cela est nécessaire mais insuffisant. Pourquoi rien sur les IUT, pourquoi rien sur les mathématiques pour non scientifiques (historiens, psychologues,...)? Il y a là aussi un champ d'action et de réflexion. Il est vrai que ce ne peut être fait en une seule fois.

4. Demain

Ce Colloque est, je l'espère, une occasion pour que soient mieux perçues l'utilité et l'importance des mathématiques. Mais cette chance sera d'autant mieux saisie que les établissements d'enseignement supérieur (Ecoles et Universités) sauront rénover leurs formations et en inventer d'autres. Ceci est certes affaire d'argent, de postes d'enseignants, mais aussi d'imagination et d'ouverture sur les besoins sociaux. Il y a là des défis à relever.

VII. COMPTE RENDU DE LA TABLE RONDE B2

Démographie des Mathématiciens La fuite des cerveaux Des mathématiques à l'industrie

1. Mathématiciens dans l'industrie (Y. Delabrière, A. Raoult, P.Y. Tissier)

Il s'agit ici uniquement du résultat d'enquêtes et d'expériences personnelles qui sont loin de prétendre à l'exhaustivité, en particulier dans les domaines mathématiques couverts. Le mot mathématicien est entendu comme titulaire d'un diplôme de mathématiques de niveau Bac+5 ou au-delà (DEA de mathématiques, DESS, thèse, éventuellement agrégation) employé dans des entreprises.

Il y a actuellement une demande de mathématiciens de haut niveau dans l'industrie, les banques, les assurances, les sociétés de service, etc... Insistons sur les faits suivants qui ressortent de toutes les enquêtes faites. Un mathématicien qui veut aller travailler en entreprise doit avoir une double formation (mathématiques+mécanique, + économie, + informatique, + physique, + biologie, etc...) ou, à tout le moins, être prêt à acquérir cette double formation dès son entrée dans l'entreprise. Au moment de l'embauche,

il doit insister sur sa volonté de travailler dans l'industrie et sur sa capacité à évoluer par rapport à sa formation initiale, sans insister trop sur sa qualité de mathématicien et d'universitaire.

Les mathématiciens diplômés d'une Grande Ecole ont un avantage par rapport aux purs produits universitaires car les entreprises estiment avoir une garantie par la double sélection qu'ils ont subie (classe préparatoire, concours d'entrée). La situation peut évoluer à l'avenir si le mouvement d'embauche de mathématiciens qui se dessine dans les entreprises se poursuit et, si nous fournissons des personnes de qualité qui prendront des postes de responsabilité. Les diplômés universitaires sont en nombre faible par rapport aux diplômés des Grandes Ecoles, il n'est donc pas étonnant que les entreprises les connaissent peu. Les services du personnel se perdent dans le maquis des trop nombreux diplômés universitaires (DEA, DES, MST, MASF, Maîtrise, MIM, Magistère, etc...). Ils regrettent l'absence d'annuaire à l'université, et ils se plaignent du trop faible nombre d'associations d'anciens élèves, c'est-à-dire en fait de points de contacts. Les salaires de début à Bac+5 sont de l'ordre de 12 000 / 13 000 francs/mois et de 14 000 / 15 000 francs/mois avec une thèse (rappelons qu'un Maître de Conférence débute à 8500 francs/mois) un peu plus avec un diplôme de Grande Ecole. Après 5 ans, ces salaires peuvent atteindre 35 à 60% de plus.

Les banques, les assurances, les services financiers représentent un secteur en pleine expansion pour les mathématiciens. La concurrence des grandes Ecoles y est faible, mais la situation pourrait changer si elles commençaient à s'y investir. Au départ ce secteur recherchait essentiellement des statisticiens ; maintenant il recherche aussi des spécialistes d'autres domaines des mathématiques et surtout des mathématiciens pouvant évoluer. Les "technologies de pointe" cherchent surtout des mathématiciens appliqués (analyse numérique et probabilités) et plus encore des ingénieurs avec une thèse de mathématiques. Il y a des possibilités importantes de thèse en entreprise dans le domaine du calcul scientifique ; néanmoins la situation semble pouvoir évoluer à la fois pour les domaines mathématiques demandés et pour les diplômés demandés.

Les sociétés de service recrutent de manière importante au niveau DES mais en général sur contrat, et nous n'avons pas encore beaucoup d'expérience de ce qui arrive au bout du contrat.

Enfin, en plus des mathématiciens de niveau DEA et au-delà, certaines entreprises semblent être intéressées par l'embauche au niveau DEUG A de façon à avoir des techniciens plus polyvalents que ceux formés par les IUT.

2. Conclusions (Y. Delabrière)

L'intervenant, ancien mathématicien, tire les conclusions de ce débat, vu par quelqu'un d'extérieur au milieu mathématique et avec un oeil volontairement critique. Il confirme la forte demande de mathématiciens et de mathématiques dans les banques, assurances, etc..

Les mathématiciens manquent d'organisation interne et manquent de contacts externes (comment un séminaire sur les mathématiques financières peut-il fonctionner sans financiers ?). Ils ne savent pas gérer leur corps. Le blocage des carrières est automatique. Un corps ne peut pas fonctionner sans départs à tous les niveaux (en particulier à la tête) et sans "tour extérieur". Il n'y a pas de reconnaissance des qualités professionnelles, ni sanctions à l'université. Sans nier le problème des salaires, il ne faut pas lui attacher une importance démesurée ; il y a de nombreux moyens de les compenser, même en mathématiques.

Il y a peu de perspectives professionnelles faute de liens avec le monde extérieur. Il faut favoriser les échanges avec la vie civile. Ces échanges ne sont pas organisés faute d'associations, de contacts. Les diplômés sont mal compris dans le "monde extérieur". Pour les postes à partir d'un certain niveau, il ne peut pas y avoir de formations adaptées ; il ne faut donc pas multiplier les diplômés, mais plutôt les contacts sur le modèle des Grandes Ecoles.

Pour conclure, Y. Delabrière insiste sur le besoin d'organisation interne des mathématiques ("aide toi et le ciel t'aidera") et sur la nécessité absolue de contacts extérieurs.

VIII. ESSAI D'EVALUATION DU FLUX D'ENTREE DANS LA RECHERCHE MATHÉMATIQUE EN FRANCE EN 1986 par J.P. Raoult (Président du Groupe d'Experts chargé de la Répartition des Allocations de Recherche du M.R.E.S. en Mathématiques)

La diversité des cursus et des statuts des personnels qui, à l'issue de leurs études, abordent, à temps complet ou à temps partiel, une activité de recherche scientifique, rend difficile l'évaluation des flux d'entrée annuels dans la recherche mathématique dans notre pays. En effet les laboratoires de mathématiques accueillent à la fois des jeunes chercheurs bénéficiant d'un statut plus ou moins temporaire (de chercheur à temps plein, d'enseignant-chercheur ou de boursier) et des thésards sans statut, soit qu'ils soient totalement démunis de

rémunération, soit qu'ils soient rémunérés pour une activité autre que la recherche qu'ils mènent (en particulier enseignants dans le secondaire, en général non titulaires).

Afin d'obtenir des informations aussi cohérentes et aussi fiables que possible, nous avons choisi de tâcher de "saisir" les jeunes chercheurs au moment où, pour la première fois de leur carrière, ils sont rémunérés pour une activité dont la recherche mathématique fait statutairement partie. En effet c'est à ce stade qu'on trouve un certain nombre de contingents annuels dont les effectifs globaux sont connus : Allocataires de Recherche (A.R., ex "boursiers DGRST"), Allocataires d'Enseignement Supérieur (A.E.S.), Anciens Normaliens Doctorants (A.N.D.). D'autre part ces personnels sont considérés comme ayant vocation à poursuivre une carrière de recherche et il sera relativement facile, dans une phase ultérieure de l'étude, de suivre leurs carrières et évaluer les évasions qui se produiront hors de la recherche.

Ce choix du champ de l'enquête laissait ouvert quatre problèmes :

- a)** Cas de recherches "pluridisciplinaires" : il appartenait bien sûr aux laboratoires ayant répondu à notre enquête de dire qui ils considéraient comme figurant parmi leurs effectifs ;
- b)** Recensement des emplois de recherche du type "bourse industrielle" ou "contrat de recherche" : ces types de rémunération entraient bien dans le champ de notre enquête ;
- c)** Place des chercheurs étrangers : nous n'avons pas inclus dans le champ de notre enquête les chercheurs étrangers ayant vocation à retourner dans leur pays (enseignants associés, boursiers du Gouvernement français, bénéficiaires de bourses étrangères) mais nous sommes efforcés de recenser les étrangers occupant des emplois qui leur sont attribués dans une perspective de séjour définitif ou à long terme en France (A.R.) ;
- d)** Cas de personnels qui passent d'un statut de "débutant" à un autre, moins précaire : A.E.S. (statut conçu pour des débuts de carrière, mais qui a été "dénaturé"), Chargés de Recherche, Maîtres de Conférences.

Un questionnaire (portant sur les années 1986 et 1987) a été envoyé à tous les laboratoires de Mathématiques bénéficiant d'une reconnaissance soit du C.N.R.S. soit du Ministère de l'Éducation Nationale. Ce mode de recueil de l'information nous a conduits à n'atteindre que des laboratoires implantés dans des Universités, les

I.N.P., les I.N.S.A., les E.N.S. et l'Ecole Polytechnique. Ceci exclut malheureusement le recrutement par des laboratoires situés en certaines Grandes Ecoles Scientifiques, des organismes de recherche autres que le C.N.R.S. ou des entreprises privées.

Le taux de réponse aux questionnaires que nous avons envoyés aux laboratoires a été de 70% (après relance). Mais le croisement des résultats avec les chiffres nationaux nous a conduits à évaluer, pour l'année 1986, la "chute" en effectifs dans les réponses à 20% seulement. Compte tenu de toutes les réserves ci-dessus, notre évaluation des flux d'entrants en 1986 figure dans le tableau suivant :

A.R. du M.R.E.S. (ex D.G.R.S.T.)	70
Allocataires d'Enseignement Supérieur	20
Anciens Normaliens Doctorants	25
Bourses du Type Industriel (y compris celles des Grandes Ecoles Scient.)	30
Divers (Bourses "Curien", enseignants en Grandes Ecoles,...)	10
Total	155

Nous estimons à une dizaine le nombre d'individus déjà antérieurement rémunérés au titre de l'un des statuts pris en compte dans cette enquête. On arrive ainsi à une évaluation de 150 recrutements. (Rappelons que le recrutement de chargés de recherche a été de 15 personnes, pour la plupart bénéficiant auparavant d'un autre statut).

Les proportions de femmes, pour les catégories pour lesquelles nous disposons des renseignements plus fiables, sont les suivantes :

A.R. du M.R.E.S.	30 %
A.E.S.	25 %
A.N.D.	30 %

(pour mémoire : 30 % pour le recrutement de Chargés de Recherche au C.N.R.S.).

Quoique nous l'ayons demandé, l'âge est souvent absent des réponses que nous avons reçues des laboratoires : les informations ci-dessous doivent donc être accueillies avec précaution :

A.R. du M.R.E.S. : âge moyen 24 ans ; répartition assez étalée (22 à 27 ans chez les hommes, 22 à 26 ans chez les femmes) ;

A.E.S. : âge moyen 26 ans ; répartition très concentrée (seules années de naissance signalées : 1959 et 1960) ;

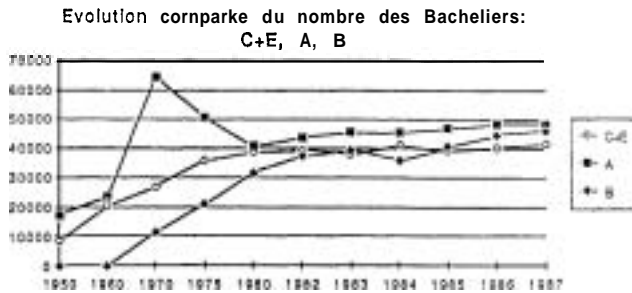
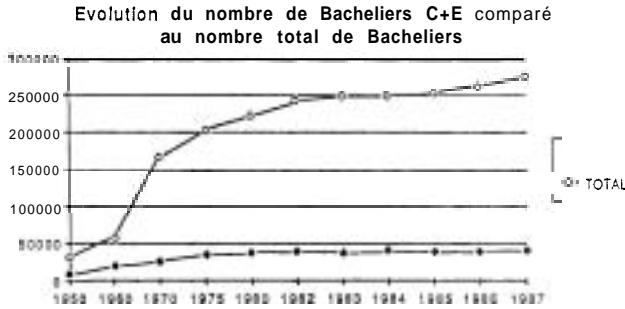
A.N.D. : âge moyen 24 ans ; répartition assez concentrée (23 à 26 ans, à l'exception de quelques individus très jeunes).

Pour mémoire :

C.R. du C.N.R.S. : âge moyen 26 ans ; répartition assez étalée (24 à 28 ans, à l'exception de deux individus plus âgés).

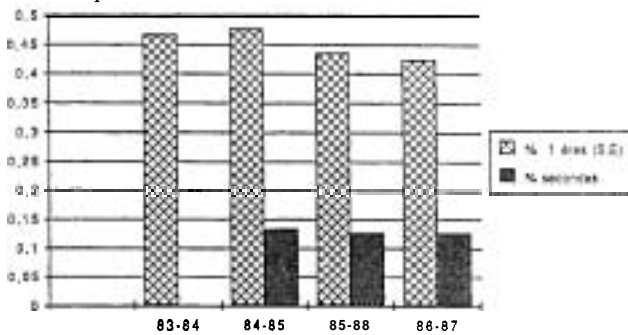
ANNEXE 1

Données chiffrées sur les élèves des classes scientifiques des lycées et sur l'évolution du nombre de bacheliers



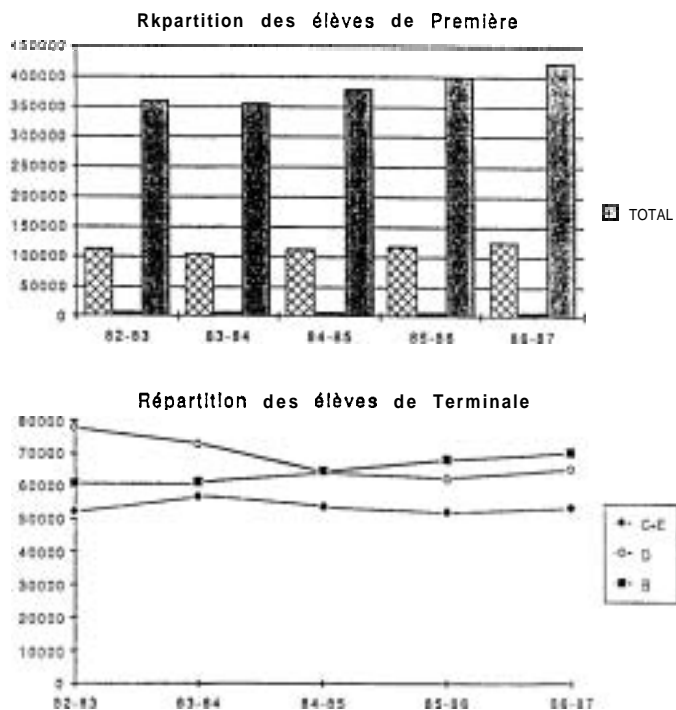
La stabilité du nombre des bacheliers scientifiques correspond-elle à l'évolution des besoins?

% des Clèves de première (S ou E) et de seconde qui entrent en terminale C ou E



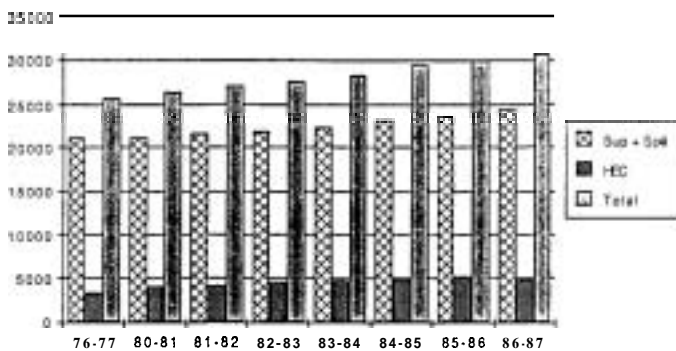
N.B. Pour l'année scolaire n on a calculé :

- le rapport entre le nombre d'élèves de terminale de cette année et le nombre d'élèves de première (S ou E) de l'année n-1
- le rapport entre le nombre d'élèves de terminale de cette année n et le nombre d'élèves de seconde de tous les types de l'année n-2

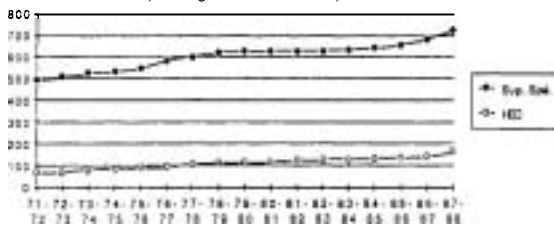


ANNEXE 2 **Données chiffrées sur les classes préparatoires scientifiques**

Effectifs des classes préparatoires scientifiques,
techniques et commerciales
(Enseignement Public)

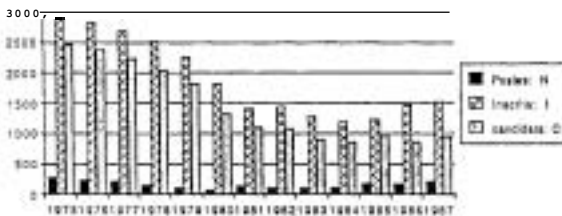


Evoition du nombre de Classes Préparatoires Scientifiques, Techniques et Commerciales (Enseignement Public)



ANNEXE 3 **Données chiffrées sur les enseignants de mathématiques du type lycée (Agrégés, Capésiens, Adjoints d'enseignement)**

Nombre de postes (N), nombre d'Inscrits (I) et de candidats réels (C) A l'agrégation de Mathématiques



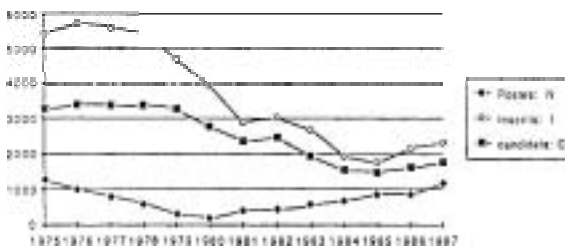
Décalage entre évolutions des nombres de postes et de candidats

La baisse brutale du nombre des postes mis au concours du Capes de 1975 à 1980 s'est traduite seulement à partir de 1980 par une diminution du nombre des candidats

La remontée du nombre des postes mis au concours de 1981 à 1987 n'a arrêté la chute du nombre des candidats qu'à partir de 1984

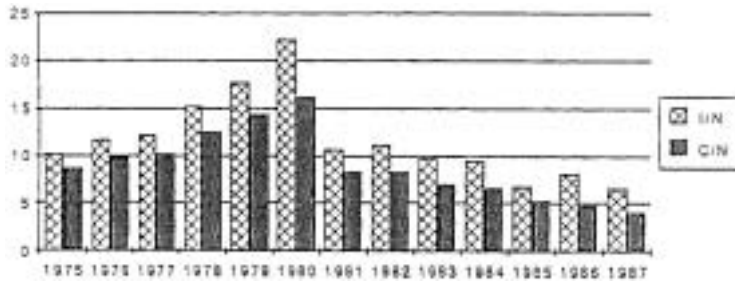
Une prévision sur cinq ans est indispensable

Nombre de postes (N), nombre d'inscrits (I) et de candidats réels (C) au Capes de Mathématiques



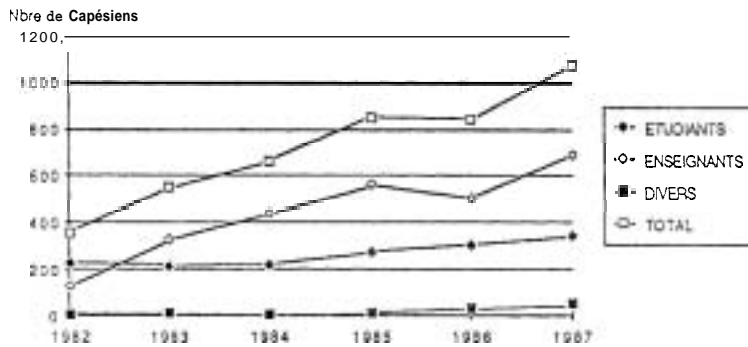
Des variations de la difficulté du CAPES de MATHÉMATIQUES

Rapport (I/N) nbre inscrits / nbre de postes
Rapport (C/N) nbre candidats réels / nbre de postes



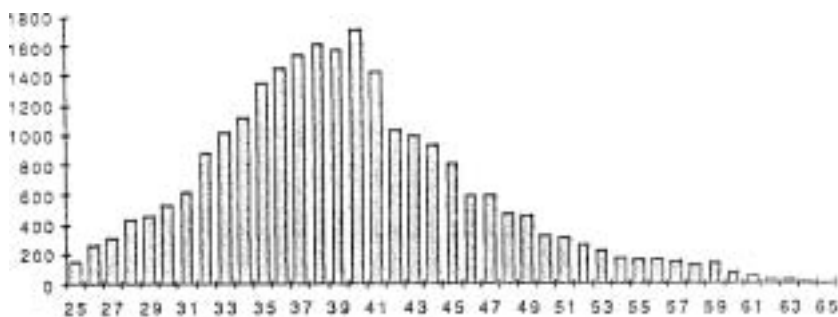
60% des admis sont déjà enseignants

Origine des admis au Capes de Mathématiques



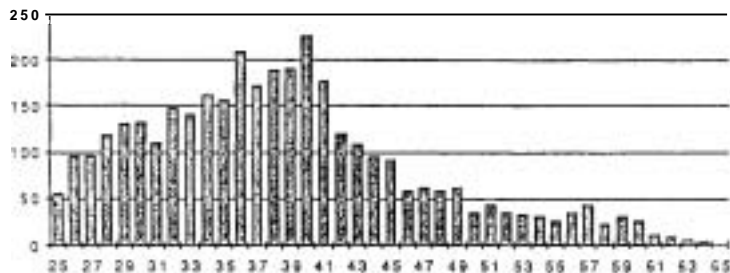
Pyramide des âges des professeurs de Mathématiques

TOTAL (Agrégés, Certifiés, Adjointes)

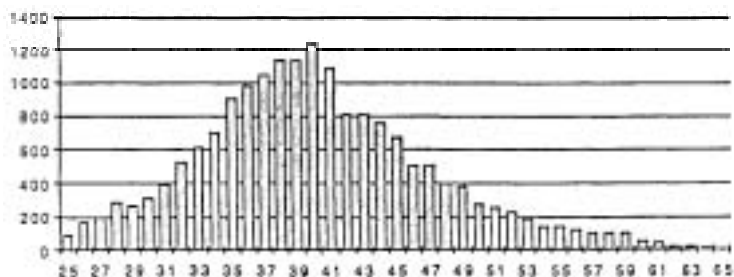


DEMOGRAPHIE DES MATHÉMATIENS

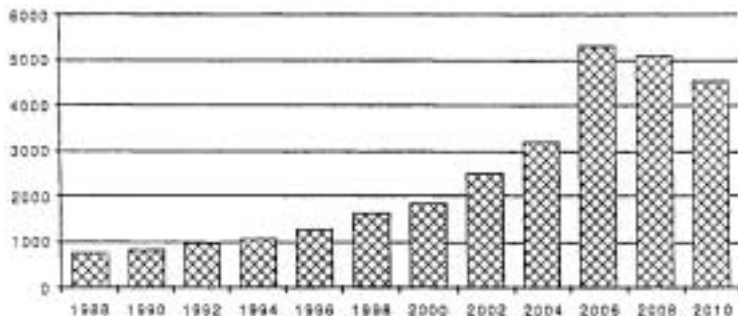
AGREGES



CERTIFIES



Sortie des Enseignants de Mathématiques du Second Degré



⚠ Ces prévisions tiennent compte des départs en retraite et des autres types de départ.

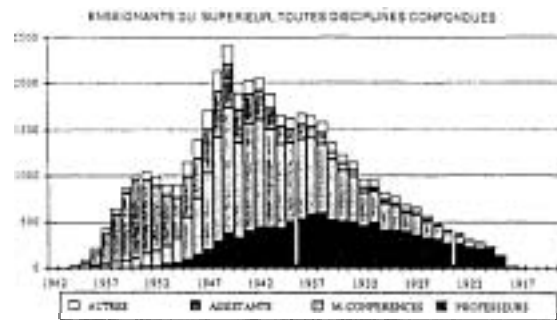
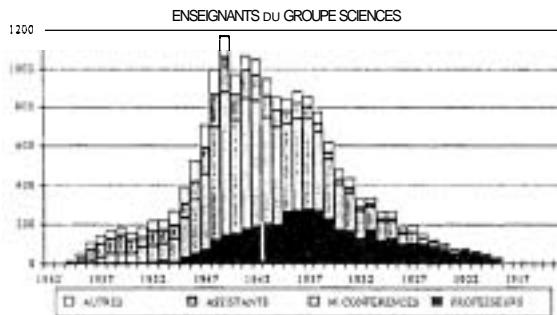
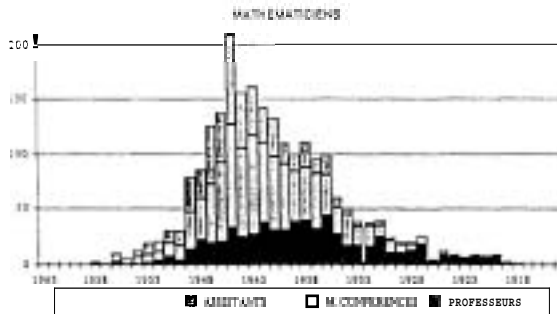
Les prévisions pour les années postérieures à 2000 ont été obtenues en considérant comme constant à partir de cette date le rapport entre nombre de départs à la retraite et nombre total de départs (rapport qui a diminué régulièrement pour atteindre 68 % dans les prévisions de 2000)

**Données chiffrées sur les enseignants
et chercheurs de mathématiques
de l'enseignement supérieur et du CNRS**

ANNEXE 4

**(Assistants, Maîtres-Assistants,
Maîtres de Conférence, Professeurs,
Chargés de Recherches, Directeurs de Recherches)**

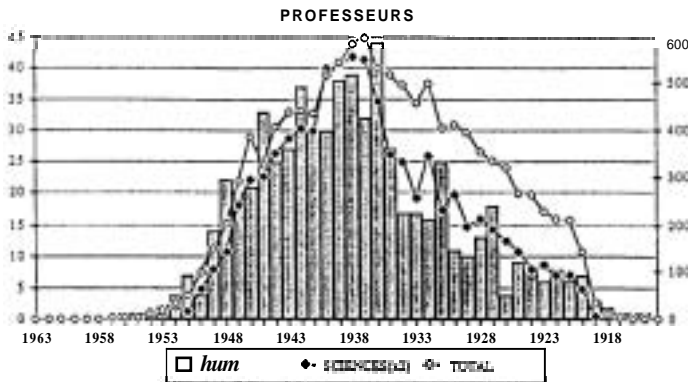
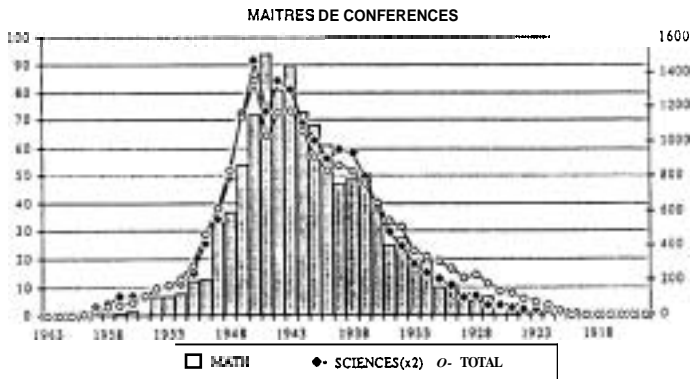
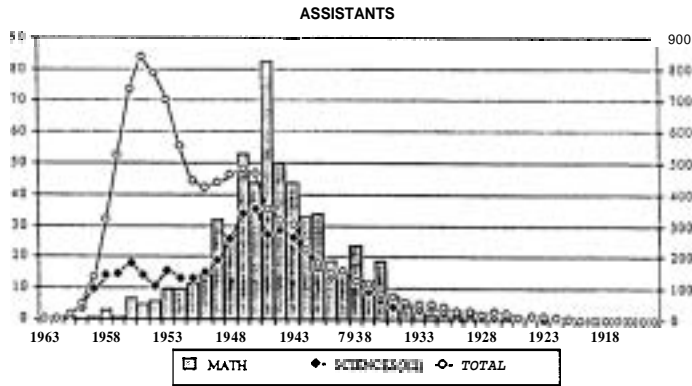
PYRAMIDE DES AGES DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR EN 1987



La pyramide présente un maximum entre 40 et 50 ans (retraite entre 2000 et 2010) dans toutes les disciplines, mais celui-ci est plus net en sciences et encore plus marqué en mathématiques.

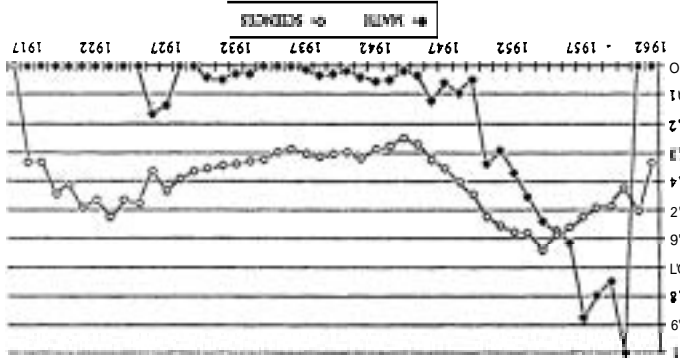
**PYRAMIDES DES ÂGES PAR GRADES
DANS L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**

Dans les graphiques suivants, on a en abscisses les dates de naissance et en ordonnées, à gauche les chiffres des mathématiques et à droite ce qui concerne les autres disciplines MPB (département Mathématiques-Physique de Base du CNRS). Groupe des sciences, toutes disciplines.



En mathématiques, tous les chercheurs de moins de 32 ans sont au CNRS, dans le Groupe des Sciences et Techniques, le rapport entre le nombre de chercheurs CNRS et le nombre total de chercheurs est le plus indépendant de l'âge et voisin de 0,5.

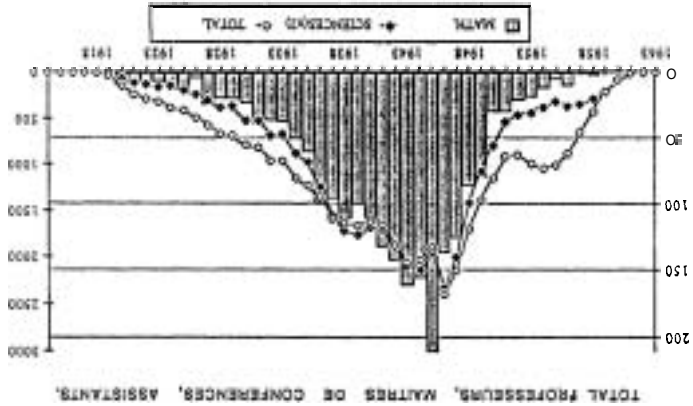
Ce graphique représente le pourcentage CNRS sur le total CNRS+UNIVERSITÉ, pour les mathématiques (en noir) et pour les groupes sciences d'aire PI1 (en blanc).



COMPARAISON ENTRE LE NOMBRE DE CHERCHEURS CNRS ET LE NOMBRE TOTAL DE CHERCHEURS (UNIVERSITÉ+CNRS) EN MATHÉMATIQUES ET DANS LE GROUPE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

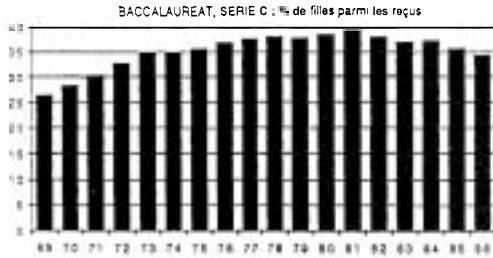
Les assistants de mathématiques sont particulièrement âgés, comparés à ceux des autres disciplines. Parmi les raisons qui peuvent être invoquées pour expliquer cette situation, on peut avancer les suivantes :

- a) le faible taux de transformation Assistant-Maitre de Conférences de la LAFMA et de la LAFMA et de la LAFMA (ces deux nombres servant au calcul du nombre de transformations accordées à chaque discipline),
- b) le rajeunissement de la rate des postes décernés aux candidats titulaires les jeunes (moins de trente ans) qui n'est pas encore public. Ce phénomène risque d'être encore accentué par le recrutement direct au niveau Maître de Conférences (donc sans une même sélection).

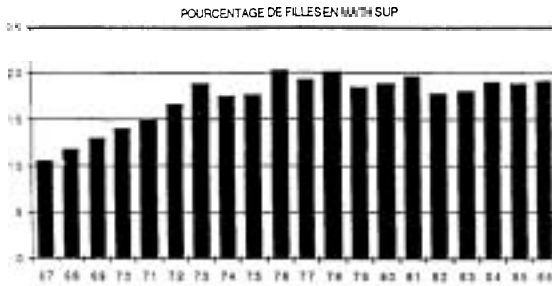


ANNEXE 5 **Données chiffrées sur le nombre de mathématiciens**

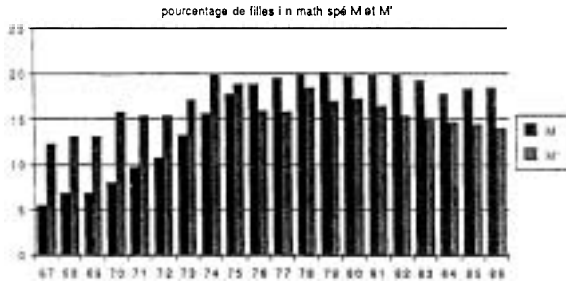
FILLES PARMIS LES REÇUS DANS LA SÉRIE C DU BACCALAUREAT



FILLES EN MATHÉMATIQUES SUPÉRIEURES



FILLES EN MATHÉMATIQUES SPÉCIALES M ET M'



FEMMES À L'AGREGATION

