

HISTOIRE DE LA SCIENCE DES AEROSOLS FRANCAISE

André RENOUX
Président d'Honneur de l'ASFERA
Université Paris XII, Faculté des Sciences, LPATC
Avenue du Général de GAULLE, 94000 Créteil

1. De la Préhistoire à L'Histoire

Molière faisait de la prose sans le savoir. De la même façon, L. de BROGLIE (1) lorsqu'il étudiait, en 1910, la production des particules ultrafines, lorsque, en 1908, A. BLANC trouvait sa loi sur la mobilité des ions dans les mélanges de gaz (2), ou P. LANGEVIN lorsque, dès 1903 il étudiait la recombinaison des petits ions (4) ou encore J. PERRIN (5) lorsque, en 1906, il étudiait le mouvement brownien de granules sphériques de "gun mastic" en suspension dans l'eau, faisaient tous de la Physique des Aérosols sans le savoir. En effet le mot aérosol n'a été inventé qu'en 1920 par SCHMAUSS (6). On peut quand même estimer que ces Auteurs sont un peu les Ancêtres de la Science des Aérosols française, Science qui, ou la constate, était plutôt de la Physique.

Par la suite, PAUTHENIER dès 1932 (7), O. THELLIER en 1941 (8), PLUVINAGE (9) en 1946, développent d'importants travaux sur la charge électrique des ions et des particules. Quant à DESSENS (10) en 1946, il s'intéresse à la condensation et à l'évaporation des particules liquides, tout comme FACY (11), en 1955.

Et n'oublions pas que, en 1875, bien avant AITKEN (1885), M. COULIER est le premier à mettre en évidence l'existence des noyaux de condensation dans l'air (28). De même qu'on peut considérer que L. PASTEUR, dès 1862, découvre les bioaérosols (29).

2. Le Professeur Jean BRICARD (1907-1988), père de la Science des aérosols française (12).

Jean BRICARD naît le 04 Avril 1907 à CAEN, ville où il fait des études universitaires, Il devient Assistant à la Faculté des Sciences en 1935, et en 1937, est nommé Physicien Adjoint à l'observatoire du Puy de Dôme. Il soutient sa Thèse de Doctorat ès Sciences à la Faculté des Sciences de Paris en 1940. Ses travaux de thèse portent sur les gouttelettes de nuages et les brouillards naturels. En 1941 il devient Physicien Adjoint à l'Observatoire du Pic du Midi, en 1944, à l'institut de Physique du Globe de Paris. Il débute alors une coopération très fructueuse avec A. KASTLER, futur Prix Nobel de Physique en 1966 (13) (14). La fig.1 est la photocopie de l'une des pages du cahier de manipulations des

deux Auteurs (écriture J. BRICARD) au Pic du Midi, relative à l'étude du mécanisme de l'excitation de la radiation D du sodium dans le ciel nocturne.

On peut dire que les travaux de J. BRICARD en Physique des Aérosols commencent entre 1944 et 1949, lorsqu'il assure la direction des observations d'électricité atmosphérique à l'Observatoire de CHAMBON la FORET. En effet, il développe sa fameuse théorie sur l'équilibre ionique de la base atmosphère (15) (fig 2).

En 1956, il est élu Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. En fait dès mars 1948, dans une note technique ONERA, il jetait les bases de ses travaux futurs en étudiant un "projet d'appareillage pour déterminer le nombre de noyaux de condensation par unité de volume et leurs dimensions". L'ancêtre de son futur C.N.C., en quelque sorte...

Mais à la fin de 1958, les choses allaient s'accélérer avec le début de cette collaboration si fructueuse avec J. PRADEL, alors chef de Laboratoire au CEA et futur chef de Département et Inspecteur Général. Il convient ici de lui rendre hommage, car il a grandement contribué, tout le long de sa brillante carrière, au développement de la Science des Aérosols française. Et c'est ainsi que , en octobre 1958, un tout jeune homme, un certain A. RENOUX débute sous cette double direction, sa carrière "Aérosols". Les premières recherches de l'équipe BRICARD portent alors sur l'étude des ions radioactifs (16). Deux ans plus tard, G. MADELAINE, alors Technicien au CEA rejoint l'équipe et commence sa brillante carrière dans le domaine des aérosols (17). En 1965, A. RENOUX soutient la première Thèse d'Etat "Aérosols" dirigée par le Pr. BRICARD (18). Le hasard du temps a fait que la dernière Thèse d'Etat dirigée, dans ce domaine, par le Pr. BRICARD a été, en 1977, celle de D. BOULAUD, A. RENOUX et D. BOULAUD se retrouvant pour écrire le dernier livre français sur les aérosols (19). Durant les vingt années qui allaient venir, l'équipe BRICARD développait ses travaux de réputation mondiale dans les domaines suivants:

- L'aérosol radioactif naturel: charge électrique, distribution, granulométrie
- Le C.N.C. à flux continu
- La nucléation homogène et hétérogène
- La filtration des aérosols
- L'aérosols stratosphérique
- La charge électrique des aérosols
- La nature des petits ions atmosphériques

La réputation du laboratoire BRICARD-PRADEL était telle que des grands noms de la Science des Aérosols mondiale sont venus y faire de longs séjours: Dr E. MESZAROS (Hongrie, maintenant Membre de l'académie des Sciences de HONGRIE) en 1967, le Pr. Dr S. K. FRIEDLANDER (CALTEC à cette époque, maintenant UCLA) en 1972, le Pr. Dr J. BROCK (AUSTIN) en 1973, le Pr. Dr IRIBARNE (TORONTO) en 1974, le Pr. Dr D. SHAW (NEW YORK) en 1975. Dans un article publié cette année dans Aerosol Science and Technology, Mc MURRY souligne fortement le rôle décisif joué par l'équipe BRICARD dans la mise au point des C.N.C. à flux continu (20) (fig.3). Il serait trop long de

détailler ici toutes les magnifiques recherches initiées et dirigées par J. BRICARD. On trouvera plus de détails dans (12).

Parallèlement, à la Faculté des Sciences de TOULOUSE, sous la direction du Professeur Daniel BLANC, des travaux sur les Aérosols radioactifs se développent sous l'impulsion de J. FONTAN (21), souvent à partir des idées du Pr. BRICARD. Ainsi des résultats importants sont obtenus par M. L. HUERTAS sur la nature des petits ions positifs (22). Le Pr. J. FONTAN a, depuis, développé un très beau laboratoire à la Faculté des Sciences de TOULOUSE. Signalons également les travaux sur les aérosols effectués à l'IRCHA (M. BENARIE, J. C. GUICHAR) et au CERCHAR (LE BOUFFANT) et le premier livre français sur les aérosols de J. P. AVY (30).

Après trois ans passés comme Professeur à la Faculté des Sciences de TUNIS, A. RENOUX fonde, fin 1969, à la Faculté des Sciences de BREST, le laboratoire de Physique des Aérosols et de Radioactivité Atmosphérique, grâce à l'aide du C.E.A. de J. PRADEL. Des travaux de qualité portant sur l'aérosol marin et l'aérosol radioactif naturel se développent sous l'impulsion de G. TYMEN (23) (24), et A. MOUDEN. Devenu le Pr. TYMEN, G. TYMEN dirige brillamment ce laboratoire depuis la fin de 1980.

En effet à cette époque, le Pr. BRICARD n'ayant pas assuré sa succession à PARIS VI, A. RENOUX doit quitter BREST pour revenir à PARIS et fonder à l'Université PARIS XII, le LPATC. Mais ceci est une autre histoire qui sera peut-être racontée...dans vingt ans.

Quoi qu'il en soit, le Professeur BRICARD a livré toutes ses compétences en Physique des Aérosols dans son livre "Physique des Aérosols" publié par le CEA en 1977 (25). Et la collaboration si fructueuse avec J. PRADEL est illustrée par leur article commun dans le livre de DAVIES (26).

3. Du COFERA à l'ASFERA

S'appuyant sur l'existence d'une Association américaine sur les aérosols (la très puissante AAAR), G. MADELAINE (CEA) et M. MARTIN (Ecole Polytechnique) ont l'idée de créer un Comité Français sur les Aérosols. Une première réunion a lieu le 06 Mars 1984 au siège du GAMS (Groupement pour l'Avancement des Méthodes Spectroscopiques et Physicochimiques d'Analyse). Ainsi, sous l'égide du GAMS, le COFERA (Comité d'études et de Recherches sur les Aérosols) voit le jour. A. RENOUX en est élu Président, P. SIGLI (SOFILTRA) Vice Président et G. MADELAINE Secrétaire Général (fig.4) et, les 8 et 9 novembre 1984 sont organisées les premières journées d'études sur les Aérosols (fig.5) à ... l'I.N.A., Ancêtres de nos actuels CFA.

En 1994, le COFERA a l'honneur d'organiser, à BLOIS, l' "European Aerosol Conference" qui réunit plus de 300 participants, dont les résumés sont publiés par le Journal of Aerosol Science (fig.6) qui fête son 25^{ème} anniversaire. Dès Septembre 1991, le COFERA avait été admis comme Membre de l'IARA

(International Aerosol Research Assembly). Et en 1994, au nom de COFERA, A. RENOUX signait la charte fondatrice de l'EAA, (fig.7), European Aerosol Assembly dont il devait, au nom de l'ASFERA, prendre la présidence de 1998 (Hambourg) à 2000 (Dublin).

Car en 1995, le GAMS était pleine déconfiture financière et le 30 octobre 1995 est créé, au LPATC de Créteil Paris XII l'ASFERA Association Française d'Etudes et de Recherches sur les Aérosols. A. RENOUX en est élu Président, D. BOULAUD Vice Président, M. ATTOUI (puis, en 1998 E. GEHIN) Secrétaire Général (fig.8). En 2000, A. RENOUX trouve qu'il est temps pour lui de laisser la Présidence. Ainsi, en Septembre 2000, D. BOULAUD devient Président de l'ASFERA avec J. F. FABRIES (INRS NANCY) comme Vice Président et E. GEHIN comme Secrétaire Générale.

4. L'enseignement de la Science des Aérosols en France.

En 1969, J. BRICARD et P. QUENEY créent, dans la nouvelle Université PARIS VI, le DEA "Géophysique de l'Atmosphère" avec une option "Physique des Aérosols et Pollution Atmosphérique" dirigée par J. BRICARD. Cet enseignement disparaîtra fin 1977, à la retraite du Pr. BRICARD.

En 1982, A. RENOUX crée, avec J. BIGNON (Faculté de Médecine) le DEA "Aérosols" à PARIS XII. J. BIGNON s'en détache en 1985, et A. RENOUX fonde alors le DESS Physique Chimie des Aérosols et Aérocontaminations. Grâce à P. MARCHAL (CEA) et avec l'appui ô combien précieux du Directeur de l'INSTN (Saclay) M. CHELET, ce 3^{ème} cycle prend le nom en 1990 de DESS Science des Aérosols Génie de l'Aérocontamination (SAGA, PARIS XII - INSTN) toujours dirigé par A. RENOUX. Cet enseignement a formé plus de 200 spécialistes des Aérosols, très appréciés par les entreprises. Il est souvent cité en référence par différents magazines (l'EXPRESS, le NOUVEL OBSERVATEUR et, tout dernièrement, CHALLENGE, fig.9)

En guise de conclusion

Les graines semées par le Professeur BRICARD ont germé et donné des arbres vigoureux. La Science des Aérosols française a su se faire une place respectée dans la communauté internationale. Elle a débordé du seul domaine universitaire pour s'étendre au monde de l'industrie et de l'entreprise. Des jeunes de talent se lancent dans l'aventure, et le DESS SAGA a permis à de nombreuses jeunes filles d'envahir un domaine qui reste, dans les autres pays, bien masculin. Des travaux de qualité se développent, de sorte que l'Histoire de la Sciences des Aérosols française constituent, sa marche en avant. On en suivra l'évolution et les résultats dans les Actes des Congrès Français sur les Aérosols, publiés depuis plus de 15 ans par le COFERA, puis l'ASFERA, qui continuent un précieux témoignage de ses réalisations marquantes pendant cette période.

1. de BROGLIE, L., C.R. Acad. Sc. Paris, 150 p.115, 1910
2. BLANC, A. Journ. Physique Paris, 7, p.825, 1908
3. LANGEVIN, P. Ann. Chim. Phys., 26, p.289, 1903
4. LANGEVIN, P. Ann. Chim. Phys., 5, p.245, 1905
5. PERRIN, J., Bull. Ac. Sc. CRACOVIE, p.5771, 1906
6. SCHMAUSS, A., Die Umschau, Jahrg 14, 4, p.61, 1920
7. PAUTHENIER, M., MOREAU-HANOT, M. M., Journ. Phys. et Radium, 3, p.590, 1932
8. THELLIER, O., Ann. Inst. Phys., Globe, Paris, 19, p.107, 1941
9. PLUVINAGE, P., Ann. Géophys., 2, p.31, 1946
10. DESSENS, H., Ann. Géophys., 2, p.276, 1946
11. FACY, L., Arch. Met. Géophys., 8, p.229, 1955
12. RENOUX, A., in History of Aerosol Science, O. PREINING Ed., Ac. Sc. Autriche, Vienne 2000
13. BRICARD, J., KASTLER, A., Annales de Géophysique, 1, 1, p.66, 1944
14. BRICARD, J., KASTLER, A., Comptes Rendus. Acad. Sc. Paris, 216, p.308, 1947
15. BRICARD, J., Journ. Géophys., Res., 54, 1, p.39, 1948
16. BRICARD, J., PRADEL, J., RENOUX, A., Geofisica pura e duplicata, 50, p.235, 1961
17. MADELAINE, G., Thèses Paris 1968
18. RENOUX, A., Thèses Paris 1965
19. RENOUX, A., BOULAUD, D., Les Aérosols, Physique et Métrologie. LAVOISIER Ed., 1998
20. Mc MURRY, P., Aerosol Science and Technology 33, p.297, 2000
21. FONTAN, J., BLANC, D., BOUVILLE, A., Journ. Phys. et Radium, 23, 5, p.333, 1962
22. HUERTAS, M., L., FONTAN, J., Atmospheric Environment 9, p.1018, 1975
23. RENOUX, A., TYMEN, G., MADELAINE, G., Atmospheric Environment 6, p.765, 1972
24. RENOUX, A., TYMEN, G., BUTOR, J., F., MADELAINE, G., Chemosphère, 4, n°6, p.357, 1975
25. BRICARD, J., Physique des Aérosols (2 t) CEA Ed., Rapport R4831, 1977
26. BRICARD, J., PRADEL, J., Electric charge and radioactivity of natural occurring aerosols. In Aerosol Science, Academic Press, p.87-109, 1966
27. BOULAUD, D., in History of Aerosol Science, O. PREINING Ed., Ac. Sc. Autriche, Vienne, 2000
28. COULIER, M. J. Pharmacie et Chimie, p.165, 1875
29. PASTEUR, L. Comptes Rendus Acad. Sci. 54, p.265, 1862
30. AVY, A. P. Les Aérosols, DUNOD-PARIS 1956



The History of Condensation Nucleus Counters

Peter H. McMurry

UNIVERSITY OF MINNESOTA, DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING,
 PARTICLE TECHNOLOGY LABORATORY, 111 CROUCH ST. SE, MINNEAPOLIS, MN 55455

ABSTRACT. Condensation of supersaturated vapors has been used for more than a century to grow small aerosol particles to sizes that can be detected optically. This paper discusses the history of instruments that use condensation to detect particles. I divide this history into two main sections. The first of these focuses on the development of expansion-type instruments including the "dust counters" in which John Aitken played the decisive role and "photoelectric nucleus counters" primarily by L. W. Pollak and coworkers. The second section deals with the development of steady-flow condensation nucleus counters (CNCs) in which Jean Bricard and coworkers played the decisive role. The importance of calibration methodologies is also pointed out. Refinements by instrumentation manufacturers and many aerosol scientists have led to the reliable, accurate instruments that are widely used today.

Présents :

MM. BOULAUD (CEA, Fontenay-aux-Roses), CROISSANT (GAMS, Paris), DELFOUR (ONERA, Toulouse), Mme GARO (CNRS, Mulhouse), MM. GREHAN (Université de Rouen), GUICHARD (IRCHA, Vert-le-Petit), LEYGOMIE (CITEPA, Paris), MADELAINE (CEA, Fontenay-aux-Roses), MARTIN (Ecole Polytechnique, Paris), RENOUX (Université Paris XII), M.THEBAULT (IBM, Corbeil), Mme TIRET (CNBC, Vert-le-Petit), M. WEILL (Université de Rouen).

Fig. 3

Fig. 4

JOURNÉES D'ÉTUDES SUR LES AÉROSOLS
 Paris, 8 et 9 NOVEMBRE 1984

1^{er} Institut National Agronomique, 16 rue Claude Bernard, Paris-5ème

Les "Premières Journées d'Études sur les Aérosols" auront lieu les 8 et 9 novembre 1984 à PARIS.

JEUDI 8 NOVEMBRE 1984 -

9 H 15 Introduction et présentation des Premières Journées d'Études sur les Aérosols.
 Monsieur M. MARTIN, Chargé de Recherche au CNRS, Ecole Polytechnique, Palaiseau.
 Président de la Commission Analyse des Particules - Groupe Aérosols du GAMS.

PHYSIQUE ET CHIMIE DES AÉROSOLS

9 H 30 Les Aérosols : caractéristiques physiques et spécificité.
 Monsieur A. RENOUX, Professeur à l'Université PARIS XII.

10 H 15 Physique et dynamique de l'aérosol atmosphérique
 Monsieur G. MADELAINE, Chef de laboratoire au CEA, Fontenay-aux-Roses.

10 H 55 P A U S E

11 H 10 Chimie des Aérosols.
 Monsieur G. MOUVIER, Professeur à l'Université PARIS VII

11 H 50 Calcul du comportement des aérosols dans une enceinte ou un circuit.
 Monsieur A. L'HOMME, Chef de Service au CEA, Fontenay-aux-Roses.

12 H 30 P A U S E D E J E U N E R

.../

-2-

MÉTÉOROLOGIE

- 14 H 00 Traitement statistique de la granulométrie des aérosols.
 Monsieur J.-C. GUICHARD, Chef de Service à l'IRCHA, Vert-Le-Petit.

- 14 H 40 Métrologie optique des aérosols.
 Monsieur G. GOUËSBET, Professeur à l'Institut National Supérieur de Chimie Industrielle de Rouen.

- 15 H 20 Adéquation des techniques de mesure des aérosols aux problèmes pratiques.
 Madame C. TIRET, Chef de Service au Centre d'Étude du Bouchet, Vert-Le-Petit.

- 16 H 00 P A U S E

- 16 H 15 Diverses applications du LIDAR à l'étude des aérosols
 Monsieur J.-L. CAUMET, Ingénieur de Recherche à la Météorologie Nationale, Magny-Lez-Hameaux.

- 16 H 55 Production et mesure d'aérosols calibrés.
 Monsieur D. BOULAUD, Ingénieur au CEA, Fontenay-aux-Roses.

- 17 H 35 FIN DE LA PREMIÈRE JOURNÉE.

VENDREDI 9 NOVEMBRE 1984 -

APPLICATIONS

- 9 H 30 Pollution particulaire à l'émission.
 Monsieur BOUSCAREN, Directeur du Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), Paris.

- 10 H 10 Filtration des aérosols.
 Monsieur P. SIGLI, Directeur de Recherche, Société SOFILTRA, Courbevoie.

- 10 H 50 P A U S E

- 11 H 05 Selles à empoussièrement contrôlé : Applications à la micro-électronique.
 Monsieur H. THEBAULT, Conseiller Technique, IBM, Corbeil.

- 11 H 45 Les grandes maladies humaines liées aux aérosols.
 Monsieur J. BIGNON, Professeur à l'Université PARIS XII

- 12 H 25 Conclusions sur les Premières Journées d'Études sur les Aérosols.
 Monsieur A. RENOUX, Professeur à l'Université PARIS XII

L'inscription à ces Journées sera gratuite pour les membres du GAMS, et fixée à 200 F HT (soit : 237,20 F TTC) les trois demi-journées pour les non-membres.



Signed by:

Prof. Dr.-Ing. H. Fissan
President of Gesellschaft für Aerosolforschung, e. V. (GAEF) - Germany

James M. Clark
President of The Aerosol Society (AS) - United Kingdom

EDITORS' PREFACE

THE 1994 EUROPEAN AEROSOL CONFERENCE

Blois, France, 30 May-2 June 1994

ORGANIZATION

The Conference was organized and hosted by the
"Groupe pour l'Avancement des Sciences Analytiques" (G.A.M.S.)
and specially by the

"Comité Français d'Etudes et de Recherche sur les Aérosols"
(COFERA, President: Prof. André Renoux)

in association with the

"Gesellschaft für Aerosolforschung" (President: Prof. Heinz Fissan).

It was held in the Congress Hall of Blois.
The General Conference Chairman was Prof. André Renoux; the Chairman of the
Scientific Committee was Dr Denis Boulaud.

Technical Organization comprised:

Bernard Brunie, G.A.M.S. President
Daniel Piteau, Organization Committee Chairman
Anne Durand.

The Editors wish to thank the Organization Committee for its work in putting together
the Programme on which these Proceedings are based.

THE SCIENTIFIC PROGRAMME

The present special issue of the *Journal of Aerosol Science* comprises the contributions
to the European Aerosol Conference in Blois, France, 1994. Main topics of the Conference
were:

- Aerosols in the environment
- Filtration and clean gases
- Aerosol production technology
- Industrial aerosols
- Radioactive and nuclear aerosols
- Fundamentals in aerosol physics
- Aerosol chemistry
- Spray characterization
- Emission control
- Aerosol samplers
- Physical characterization
- Health related aerosols.

Fig. 6

COFERA

Comité Français d'Etudes et de Recherches sur les Aérosols

Membre de IARA (International Aerosol Research Assembly)
Membre fondateur de IEAA (European Aerosol Assembly)

Présidence: Pr Dr André RENOUX Université PARIS XII - UFR de Sciences et Technologie - Laboratoire de Physique des Aérosols et de
Transfert des Contaminants, Avenue du Général de Gaulle - 94019 Créteil Cédex
Tél. (33-1) 45 17 13 62 Télécopie (33-1) 45 17 13 61.

Le Président

Nos Ad. : ARLMC95.13

REUNION du BUREAU du COFERA

le lundi 30 Octobre 1995 à Créteil

Présidents: Pr. A. RENOUX, Dr. D. BOULAUD, Dr. G. MADELAINE,
Dr. M. ATTOUI, Dr. M. MARTIN, M. J.C. GUICHARD.

Excusés: Mme C. TIRET, Pr. G. GOUESBET, Pr. G. TYMEN, Dr. G. GREHAN,
Dr. J.F. FABRIES, Dr. G. MADELAINE.

Fig. 8

Prof. Dr. A. Renoux
President of Comité Français d'Etudes et de Recherches sur les Aérosols (COFERA) - France

Dr. Hans-Christer Hansson
President of Nordic Association for Aerosol Research (NOSA) - Sweden

Dr. J. Marjaansen
President of Clean Air Society - Section Aerosols - Holland

Dr. Esko Kauppinen
President of The Finnish Association for Aerosol Research (FAAR) - Finland

Dr. Hans-Christen Hansson
President of Nordic Association for Aerosol Research (NOSA) - Sweden

Fig. 7

22 EXEMPLES DE DIPLOMES D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES (DESS)											
N° de la spécialité	Titre	Noms des candidats									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Technique de l'air conditionné	30	100	400	1	20%	...	...	...	...	...
2	Stratégie de développement culturel	25	600	370	3	45%	...	...	...	...	...
3	Management de tourisme complexe	20	40	40	1	50%	...	...	...	...	...
4	Management de la boutique artistique	30	150	50	3	50%	...	...	...	...	...
5	Transport et technique industrielle et commerciale	20	170	160	3	71%	...	...	...	...	...
6	Techniques, images et espace	30	250	50	4	20%	...	...	...	...	...
7	Organisation et contrôle des activités de marché financières	25	178	425	6	20%	...	...	...	...	...
8	Aspects des industries de l'air et des métiers de l'air	32	500	450	8	50%	...	...	...	...	...
9	Management franco allemand	25	100	1100	9	20%	...	...	...	...	...
10	Éthique de la communication	25	60	350	5	50%	...	...	...	...	...
11	Logistique des systèmes industriels	25	65	400	1	17%	...	...	...	...	...
12	Marché et gestion de personnel	25	500	200	4	20%	...	...	...	...	...
13	Risque et finance	35	800	200	13,6	20%	...	...	...	...	...
14	Général et planification de l'urbanisme	20	400	480	5	20%	...	...	...	...	...
15	Science des aérosols, génie de l'aérosolisation	15	100	300	6	20%	...	...	...	...	...
16	Optimisation laser et micrologie optique	10	60	542	6	10%	...	...	...	...	...
17	Études de géométrie, mathématiques et statistiques	17	210	815	17	31%	...	...	...	...	...
18	Conseil, ingénierie de développement économique des territoires	10	80	420	12	50%	...	...	...	...	...
19	Planification des systèmes d'information	20	200	320	1	42%	...	...	...	...	...
20	Stratégie industrielle et stratégies industrielles	25	100	500	4	20%	...	...	...	...	...
21	Modélisation et milieux marins et estuariens	10	300	300	5	20%	...	...	...	...	...
22	Production et contrôle pharmaceutique	15	180	450	5	40%	...	...	...	...	...

A savoir... Le nombre de candidats est une simple indication sans valeur indicative d'un bon résultat, en effet, à égalité, 100% de réussite est possible. Les DESS ont été créés en 1985 et ont permis à ce jour plus de 1 000 professionnels dans toute la France, dans un large éventail de spécialités. Ils ont permis de former des spécialistes dans des domaines où il n'y avait pas de formation initiale. Ils ont permis de former des spécialistes dans des domaines où il n'y avait pas de formation initiale.

Fig. 9