

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali |
| Herausgeber: | Schweizerische Naturforschende Gesellschaft |
| Band: | 156 (1976) |
| Artikel: | Aperçus modernes sur la systématique végétale |
| Autor: | Miège, Jacques |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-90715 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

A. Hauptvorträge / Conférences générales

1. Aperçus modernes sur la systématique végétale

Jacques Miège (Université de Genève; directeur des Conservatoire et jardin botaniques, Genève)

La Société helvétique des sciences naturelles en la personne de Monsieur le Professeur Bouvier m'a fait l'honneur de me demander de prononcer devant vous cette conférence. Tâche périlleuse que celle d'affronter tant de compétences; mais notre éminent collègue a mis une si amicale instance à sa demande que j'ai accepté. Le thème se posait. Nous sommes tombés d'accord sur le sujet qui vous est proposé: Aperçus modernes sur la taxonomie végétale. Sujet qui, à la réflexion, me paraît bien présomptueux car très vaste, trop vaste. En effet, je ne pourrai vous en donner, et je vous prie de m'en excuser, qu'une vision incomplète.

Tout d'abord: qu'est-ce que la taxonomie végétale? C'est la branche de la botanique qui étudie les lois naturelles de classification des végétaux. Elle est épistémologique étant une réflexion sur ses principes, ses méthodes et ses démarches. Le terme de systématique, quant à lui, est plutôt réservé à l'étude de systèmes de classification. Mais, souvent, les deux appellations sont confondues.

La systématique est, de nos jours, souvent décriée. Certains n'y voient qu'une science figée. Galston, dans un article récent (1974), ne parle-t-il pas du "conservatisme traditionnel des botanistes!" Cette boutade impliquerait que la botanique est une science statique, immobile. Cette vue pessimiste doit pourtant être nuancée. La taxonomie est constamment sollicitée à se remettre en cause, donc à progresser. Elle élargit ses horizons, diversifie ses buts, emprunte à d'autres disciplines de nouveaux moyens d'investigation. Elle pratique, tour à tour, l'analyse et la synthèse. Enfin, elle est protégée de la sclérose parce qu'elle puise sa raison d'être dans les relations vitales de l'homme avec son environnement. Si elle s'enlisait dans la tentation de se prendre pour une fin en soi, elle serait vite rappelée à l'ordre par ses utilisateurs: phytosociologues, écologistes, agronomes, forestiers, agrostologues, nutritionnistes, pharmaciens.

La systématique est née de la nécessité de recenser, de faire l'inventaire du monde végétal. Les caractères utilisés dans ses débuts pour décrire les plantes, les reconnaître et les déterminer étaient peu nombreux et essentiellement morphologiques. Ils se sont, depuis Pitton de Tournefort, extrêmement diversifiés.

Mais il ne suffit pas de reconnaître les plantes et d'établir des diagnoses, il faut aussi les dénommer. Un chapitre de la systématique s'attache à ce problème; des règles nomenclaturales sont fixées. Depuis Linné et Lindley, elles s'affinent, se précisent. Un *Code international de nomenclature* a été établi. Ce côté de la botanique peut paraître relever plus du notariat que de la science. Il n'en est pas moins indispensable car il faut s'entendre sur ce dont on parle. Genève s'est illustrée dans l'établissement de ces lois nomenclaturales avec, entre autres, les apports d'Alphonse de Candolle qui, rappelons-le était docteur en droit, de John Briquet, de B.P.G. Hochreutiner, de Charles Baehni, de Ch. Bonner.

Si la nomenclature revêt ce côté juridique nécessaire, le fait qu'ici, ce qui est codifié est vivant, devrait donner du cœur à cette spécialité. N'oublions-nous pas trop que l'acte de "nommer" est revêtu d'une importance sacrée dans les religions. Nommer, c'est prendre possession, mais possession par l'amour. Si les botanistes savaient mieux aimer les plantes qu'ils nomment, ils devraient communiquer leur enthousiasme et tout le monde voudrait devenir systématicien. Ce serait peut-être gênant! Alors, pardonnez-nous d'être parfois ennuyeux.

Donc, il fallait inventorier le monde végétal. Linné marque le point de départ, le temps zéro de la systématique moderne. Il décrivit environ 6'000 plantes dans son *Species Plantarum* paru en 1753. Bien vite, ce nombre s'accrut; le Prodrome des de Candolle traite de 58'975 espèces de végétaux supérieurs. Aujourd'hui, on estime à 550'000 le nombre d'espèces végétales dont 300'000 environ appartiennent aux Angiospermes.

Mais, le recensement n'est pas achevé. Les tropiques sont incomplètement prospectés. Même en Europe, des découvertes sont encore possibles. Témoin, le nouveau genre d'Ombellifères "Naufraga" (*N. balearica*) déniché dans les crevasses des falaises maritimes de Majorque. Les nouvelles candidates européennes sont souvent des plantes introduites ou sont encore issues de mutations ou d'hybridations. Tel le *Spartina anglica* qui peuple les laisses atlantiques. C'est un amphiploïde à $2n = 124$ chromosomes devenu fertile après doublement des chromosomes du *S. townsendii*, enfant stérile d'un *Spartina* européen (*S. maritima*) et d'un *Spartina* américain (*S. alterniflora*) introduit incidemment au début du siècle dernier sur les rivages océaniques de France. Le nouvel hybride, doué d'une belle hétérosie, supplante désormais ses parents dont les aires s'amenuisent. Cet exemple souligne le dynamisme du règne végétal dont l'évolution se poursuit.

Ces processus de spéciation rendent difficile un accord sur la définition de l'unité de base que représente *l'espèce*.

Pour certains, à la suite de Ray et de Linné, le monde vivant se résume à un nombre déterminé de types. Les variations constatées, imperfections sans intérêt, seraient des manifestations ratées de l'espèce. Cette notion de type demeure encore une des bases de la systématique puisqu'une espèce n'est valide que dans la mesure où un exemplaire, dit de référence, est déposé dans un herbier.

Au concept typologique, lié au caractère de fixité de l'espèce, on peut préférer un statut découlant de la similitude morphologique de ses composants. Un caractère de subjectivité reste inévitable et divise les spécialistes sur les délimitations de certaines espèces, ce qui conduit quelques-uns à des positions extrêmes, l'espèce ne correspondant plus à rien de réel; elle serait

une abstraction, seuls existeraient les individus. C'était l'idée de Lamarck comme de Darwin. Celui-ci ne disait-il pas: "Je considère l'espèce comme arbitrairement donnée, par pure commodité, à un ensemble d'individus se ressemblant beaucoup entre eux". Bessey voulait dire la même chose en écrivant: "la nature produit des individus et rien de plus. Les espèces n'ont pas d'existence. Ce sont des concepts mentaux. Elles ont été inventées pour pouvoir se référer collectivement à de grands nombres d'individus". Mayr s'élève contre cette vue et juge médiéval ce concept nominaliste.

Les biosystématiciens lui préfèrent la notion d'espèce biologique basée sur la mixibilité des génomes. Stebbins exprime ainsi cette notion: "Les espèces consistent en systèmes de populations séparées les unes des autres par des discontinuités. Ces discontinuités doivent avoir une base génétique et refléter l'existence de mécanismes isolateurs qui empêchent le transfert de gènes d'un système de populations à un autre". C'est donc la présence de hiatus et leur importance qui servent à définir les unités taxonomiques.

Finalement, pour résoudre le paradoxe entre la fixité de l'espèce des naturalistes et la fluidité prônée par les évolutionnistes, des botanistes préfèrent utiliser le suffixe *dème* pour désigner les formes micro-évolutives des espèces biologiques (hologamodèmes); de ce suffixe dérivent les termes écodèmes, cytodèmes, etc. suivant le facteur principal qui intervient dans leur différenciation.

L'unité de base enfin choisie, il devient possible d'élaborer une matrice de rangement avec les divers niveaux hiérarchiques rayonnant depuis cette unité: variétés et formes en deçà, genres, tribus, familles, ordres, classes, embranchements au-delà. Nous pouvons alors commencer à mettre de l'ordre dans cette multitude d'êtres si admirablement divers. Prenons une idée de cette diversité rien qu'avec les plantes supérieures.

Elles semblent être entrées en scène brusquement, au début du crétacé, voici 130 à 140 millions d'années. Auparavant, grâce à l'apparition de la lignine, le monde végétal sortit du milieu marin. Mais la graine vint et avec elle la vocation colonisatrice des végétaux supérieurs. Leurs possibilités d'adaptation aux innombrables biotopes terrestres se traduit par leur remarquable diversification.

C'est sous les tropiques (crétacés), dans un milieu débordant d'humidité et de chaleur, que cette prodigieuse explosion végétale va d'abord se manifester. De là, les flores angiospermiennes migrèrent vers le nord se substituant peu à peu aux flores jurassiennes. A l'éocène, elles avaient envahi tout le globe s'adaptant aux conditions écologiques les plus surprenantes. Ces flores étaient alors sensiblement identiques à celles que nous connaissons aujourd'hui.

Rappelant le milieu marin de leur origine, *Cymodocea* et déjà à un moindre titre *Rhizophora* et *Avicennia* y restent fidèles. D'autres se contentent d'eaux douces (*Pistia stratiotes*, *Nymphaea*). Mais la majorité se trouve mieux sur la terre ferme, encore que certaines font semblant de s'en arracher pour vivre de l'air du temps (*Tillandsia usneoides*).

La flore tropicale reste, bien sûr, la plus riche. Mais beaucoup de plantes se sont admirablement adaptées aux déserts les plus arides. D'autres ont appris à s'accommoder du sel, du gypse, du calcaire. Quelques-unes supportent et même digèrent en les solubilisant divers métaux: plantes cuprifères, cobaltifères qui signalent aux géologues les gîtes métallifères superficiels.

Mais celles qui seront les plus chères à nos cœurs ce sont celles que les rigueurs des altitudes n'ont pas rebutées. Elles ont gagné sur nos montagnes des coloris inimitables.

L'adaptation des phanérogames à des habitats aussi variés est liée à des particularités physiologiques et morphologiques infiniment diverses. Ainsi, la lentille d'eau ne mesure que quelques millimètres alors que les géants: *Eucalyptus regnans*, *Ceiba pentandra*, *Entandrophragma utile* (sipo), dépassent 60 à 70 mètres et atteignent même 100 m.

Certaines plantes auront des fleurs très grandes, solitaires aux pièces insérées en spirale (*Nelumbo nucifera*, *Magnolia soulangeana*) tandis que d'autres ne forment que des fleurs minuscules, verticillées, parfois incomplètes et unisexuées (*Peperomia*, *Arum maculatum*). Ces fleurs peuvent être groupées en inflorescences d'une extrême variété.

La fréquence d'apparition de ces fleurs va être une autre source de diversité. Certaines espèces vont être prodigues au point de fleurir plusieurs fois par an alors que d'autres comme le *Corypha umbraculifera* ne se décideront à le faire que vers 70 ans; ce palmier ne rééditera pas son exploit et mourra après avoir produit plusieurs millions de fleurs. Les *agaves* appartiennent aussi à ce groupe de végétaux hapaxanthes encore appelés monocarpiques.

Les durées de gestation du fruit varient. Elles sont longues, 9 à 10 mois chez le cocotier et 6 ans chez le *Lodoicea maldivica*; il faut dire que le bébé, une graine albuminée, pèse une quinzaine de kilos. Quel contraste avec les orchidées qui vont engendrer une poussière de graines exalbuminées aux embryons indifférenciés ce qui leur vaut de devoir recourir à des champignons symbiotiques pour germer. Cette petitesse des graines vaut aux *Cattleya* de contenir 3 à 5 millions de semences par capsule. Curieuses orchidées qui pour assurer leur fécondation leurrent, grâce à tout un système de stimulus, les insectes polliniseurs.

Un autre caractère va accentuer cette étonnante diversité, c'est la longévité: les plantes d'acheb par exemple (*Borrhavia repens*, *Mollugo cerviana*) effectuent leur cycle complet en 2 à 3 semaines à peine mais l'if (*Taxus baccata*), les chênes (*Quercus spp*) feront d'allègres centenaires qui seront encore bien jeunes comparés aux *Sequoia* millénaires.

Ainsi donc, cette masse extrêmement diverse d'organismes va devoir être ordonnée. Cette mise en ordre cherchera à répondre aux questions suivantes: comment ont pris naissance toutes ces formes? Quelles sont leurs affinités? Comment dérivent-elles les unes des autres?

Mais de nombreux écueils viennent compliquer la recherche des réponses. En voici quelques-uns:

I. Tout d'abord, les phénomènes de convergence parfois bien difficiles à déjouer. L'exemple classique est celui des plantes crassulées. Les ressemblances entre Cactacées américaines, Euphorbiacées africaines, Didiéracées malgaches peuvent être surprenantes. Le cas des plantes bouteilles est également à évoquer. *Adansonia* malgaches (Bombacacées), *Moringa drouardii* (Moringacées), *Pachypodium rosulatum* (Apocynacées) bien qu'appartenant à des familles différentes offrent de tels curieux développements. Dans d'autres cas, ce seront les organes reproducteurs, qui vont manifester des convergences. C'est ainsi que les mêmes attributs ailés ou plumeux dits anémochores vont se rencontrer sur les fruits, de même que sur des graines: par

exemple, les aigrettes des graines d'Apocynacées ou d'Asclepiadacées et des akènes de Composées; ou encore, les ailes des samares du frêne et des graines de *Dioscorea bulbifera*. Quant aux fleurs, la plupart des botanistes les considèrent plus comme une entité biologique que comme une réalité morphologique. En raison de transferts de fonctions, des inflorescences les miment. Si bien, qu'à côté des *euanthes* (les vraies fleurs), il existe des *pseudanthes*. Tels sont les cymes des *Mussaenda*, les cyathums des Euphorbiacées, les capitules des Composées. A la suite de contractions, de cyclisations, de réductions, de spécialisations florales, les inflorescences peuvent n'être plus composées que d'un nombre restreint (parfois 5) de fleurs, si restreint que ces inflorescences ressemblent étonnamment à des euanthes. Séries évolutives imprévues.

II. Un autre écueil est le difficile partage entre les variations relevant des facteurs génétiques: les écotypes, et les modifications passagères: les fluctuations ou accommodats. Par exemple, une même plante peut présenter des feuilles laciniées en milieu immergé mais peu découpées sinon entières lorsqu'elle est cultivée sur des terrains frais mais non inondés. De même pour le lierre, chacun a pu observer la différence de forme entre feuilles de rameaux végétatifs et feuilles de rameaux florifères.

Inversement, de véritables différences génétiques seront masquées. Il existe par exemple deux races de primevères, des écotypes, qui portent, tous les autres caractères étant identiques, des fleurs blanches à température ordinaire mais des fleurs blanches et rouges à température supérieure à 25°. *Linum catharticum* présente des écotypes adaptés les uns à des milieux secs comme les bords de chemin, les autres à des stations humides (marais de Divonne).

Nous allons maintenant voir où nous en sommes aujourd'hui, de cette mise en ordre d'un monde végétal encore si merveilleusement riche bien qu'en danger. Le moyen de cette mise en ordre est l'utilisation de caractères. Mais si les caractères morphologiques étaient peu nombreux et les seuls employés voici moins de 100 ans, c'est par milliers qu'ils se présentent de nos jours et de toutes provenances. A l'observation visuelle aidée de la loupe, le botaniste ajoute maintenant comme moyens d'investigation les dernières ressources technologiques. Trois vigoureuses tendances se sont manifestées ces dernières décennies: la biosystématique, l'utilisation du microscope électronique à balayage et la biochimie, sans compter l'emploi de l'ordinateur qui permet d'intégrer la masse des données recueillies et qui n'a pénétré que récemment en taxonomie.

Précisons cependant que les caractères morphologiques restent fondamentaux et le resteront à cause de l'irremplaçable simplicité de leur utilisation. Mais l'apport des caractères de laboratoire, caractères objectifs, va enfin permettre de passer au filtre d'une critique rationnelle les caractères de terrain. Ils vont en sortir épurés de leur trop grande subjectivité ce qui leur conférera un pouvoir discriminant plus puissant et plus sûr.

Considérons d'un peu plus près l'apport d'une partie de ces caractères nouveaux. Et pour commencer, restons dans la ligne des caractères morphologiques avec simplement cette pénétration dans l'extrême finesse du détail que permet le microscope à balayage.

Microscope à balayage

(en anglais "scanning"). Grâce à son pouvoir séparateur et à sa grande profondeur de champ, les surfaces balayées vont prendre un relief saisissant.

Pollens. L'étude des épidermes et surtout celle des pollens, par exemple, ont pris un essor fulgurant. La palynologie est devenue une spécialisation. La forme, les dimensions, l'ornementation des grains, le nombre, la position, la taille et la structure des apertures, c'est-à-dire les ouvertures ou les amincissements du sporoderme, la sculpture et la stratification de l'exine, autant de particularités dont les variations et les combinaisons sont infiniment variées. Cependant, la nature semble orienter ses réalisations sans exploiter toutes les combinaisons possibles. Ces caractères spécifiques permettent de résoudre de nombreux problèmes taxonomiques. Par exemple, le type monocotylédoïde de certaines familles de Dicotylédones rend bancale la situation phylogénétique qui leur est conférée dans certains schémas. L'étude des pollens contribue à clarifier ces situations. En gros, leur morphologie se trouve en accord avec les nouveaux systèmes phylogéniques de Takhtajan et de Cronquist.

Un autre avantage des pollens est la présence de sporopollenine, substance très résistante qui a permis leur conservation à l'état de fossiles. Par des observations stratigraphiques minutieuses, l'histoire, la genèse et la distribution des flores ont été reconstituées. L'analyse des tourbes permet de suivre l'évolution de la végétation au quaternaire en relation soit avec les glaciations, dans nos régions, soit avec les périodes pluviales et interpluviales en Afrique tropicale.

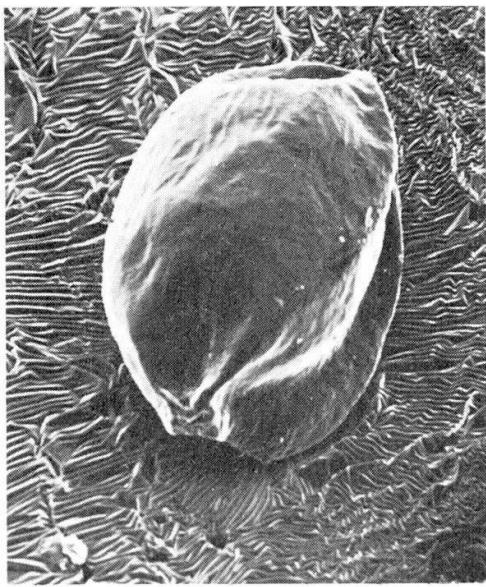
Signalons une application de la palynologie dans le domaine médical. Elle permet de démasquer les espèces dont les pollens sont fauteurs d'allergie sur personnes sensibles. Enfin, qui songerait que des apiculteurs, à qui il prendrait envie de jongler avec les étiquettes d'appellation, pourraient fort bien être dénoncés, par les pollens, à des agents zélés de la répression des fraudes?

Graines. Mais les pollens ne sont pas les seuls organes intéressant les microscopistes. Les graines fournissent depuis longtemps un beau lot de caractères morphologiques de valeur. Mais il n'est pas rare que des taxons proches bien que distincts offrent des graines apparemment identiques. C'est alors que les différences dans les détails de l'ornementation des téguments révélés en microscopie à balayage arrivent à point nommé pour démêler des situations difficiles, par exemple pour identifier des semences d'origine douteuse. Cet avantage nous est précieux au jardin botanique. Dans le cadre des échanges de graines, nous expédions plus de 15'000 sachets (16'000 en 1975) dans le monde entier, chaque année. Or, l'identification des graines de petites dimensions est parfois délicate. Nous avons alors cherché quel parti tirer de cette technique. Voici le cas des gentianes, genre qui, en Suisse, compte une trentaine d'espèces. Nous en avons observé 18. Les caractères que nous avons relevés justifient bien le découpage nouvellement proposé en genres et sections. Nous trouvons cependant qu'à l'intérieur du genre *Gentianella*, une espèce (*G. ciliata*) se distingue.

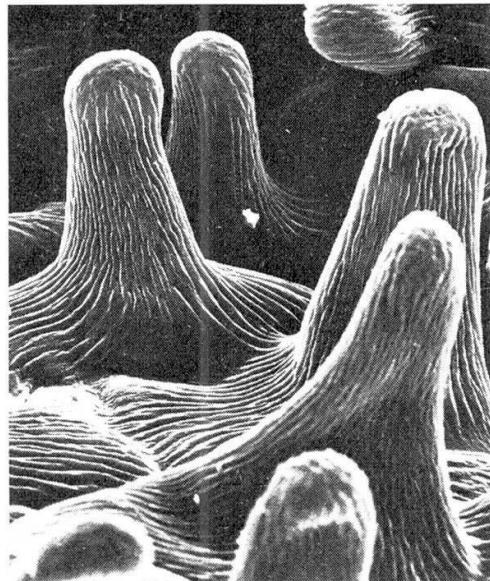
Nous avons également étudié une quarantaine d'espèces de Saxifragacées et avons pu les répartir en 4 groupes: une espèce à graine complètement lisse, *S. muscoidea*, un groupe à graines portant des extrusions assez grandes

plus ou moins en forme de colonnettes (ex. *S. aizoides*), un autre à graines ornementées d'alvéoles (ex. *S. biflora*), d'oolithes (ex. *S. exarata*), de petits domes (ex. *S. rotundifolia*). Enfin, un groupe à graines offrant un double type d'ornementations qui combine celles que nous avons énoncées (ex. *S. stellaris*).

Maintenant quittons la morphologie des microapparences pour pénétrer dans le causal des formes, les constituants biochimiques de l'organisme.



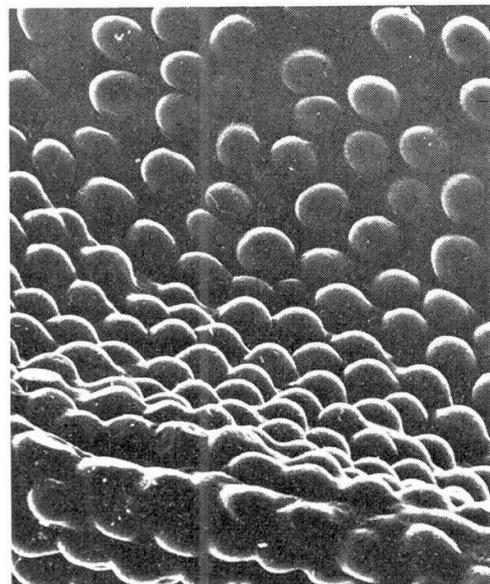
Saxifraga muscoidea



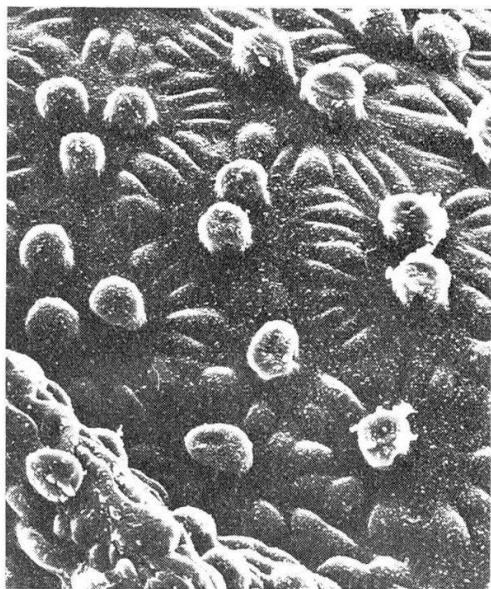
Saxifraga aizoïdes (x 800)



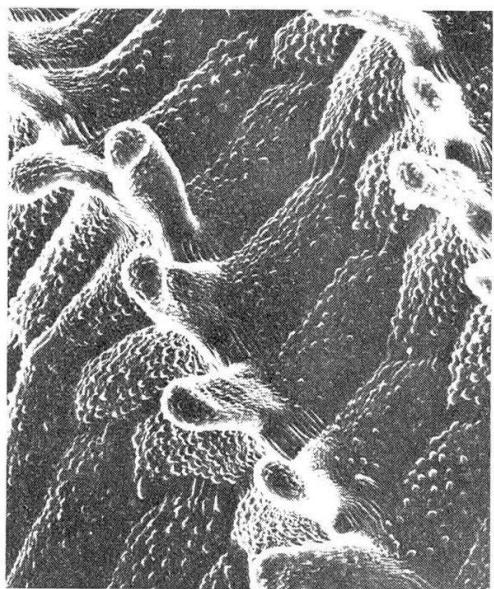
Saxifraga biflora (x 600)



Saxifraga exarata (x 600)



Saxifraga rotundifolia (x 600)



Saxifraga stellaris (x 500)

Biochimie

Déjà A.P. de Candolle (1804) percevait l'intérêt des caractères chimiques pour la classification. Il a fallu cependant attendre les dernières décennies pour qu'ils soient vraiment pris en considération; ils firent alors une brusque intrusion grâce, en particulier, à la généralisation de techniques telles que la chromatographie et l'électrophorèse. Une grande quantité de substances ont été analysées. La littérature abonde de références.

Certains auteurs, toutefois, ne veulent voir dans les caractères chimiques qu'une catégorie supplémentaire de données d'une utilité peu évidente. Heywood va plus loin. Il conteste ces données sous prétexte que les botanistes croulent sous le poids de l'accumulation des résultats. Mais il y a plus grave, il suspecte leur validité. C'est que le mariage est difficile entre la biochimie, science précise et la systématique, discipline qui tient autant de l'art que de la science. Les soupçons d'Heywood sont alimentés par le fait, dit-il, que des chimistes ont signalé des constituants différents dans une même espèce, abusés qu'ils étaient par les dénominations différentes qui la désignaient, autrement dit par le piège des synonymies. Cette critique est grave car elle laisse entendre que les chimistes trouvent ce qu'ils veulent trouver et que, leur tare étant de n'être pas systématiciens, ils appliquent à des espèces mal caractérisées des résultats douteux, influencés par un pré-supposé. Ce procès mériterait d'être mieux instruit. Car, en somme, cela ne reviendrait-il pas à dire si on voyait un apprenti massacrer une œuvre d'art avec un outil mal choisi: ce burin ne vaut rien, je le jette au panier; l'homme avisé apprendrait d'abord à se servir du burin. Or, l'outil biochimique a une valeur théorique, c'est indéniable. Il n'est que d'apprendre à s'en servir, car

la contribution de la biochimie paraît essentielle pour ajuster cette cotte mal taillée qu'est la définition des êtres sur la seule base de leur apparence externe, apparence parfois fluctuante ou trompeuse et dont l'appréciation est obligatoirement teintée de subjectivisme. D'ailleurs, un travail en équipe permet d'éviter ces difficultés et obstacles.

De plus, il est des situations devant lesquelles la morphologie est impuissante: la recherche de parents sauvages, par exemple, pour connaître l'origine de cultivars dans le but de les améliorer.

Mais quelles substances chimiques analyser?

Le choix est grand mais se réduit en fait à deux catégories de substances. Les petites molécules issues du métabolisme dit "secondaire" ou les substances issues du métabolisme dit " primaire" parce qu'il est la traduction première, littérale en quelque sorte, du génome; les protéines sont cette émanation primaire du génome. Elles occupent de ce fait une position unique en tant que reflet du génotype et support du phénotype. Par ailleurs, la courte voie métabolique qui les produit réduit les effets d'influences intermédiaires incontrôlables et de phénomènes de convergences fréquents avec les substances du métabolisme secondaire.

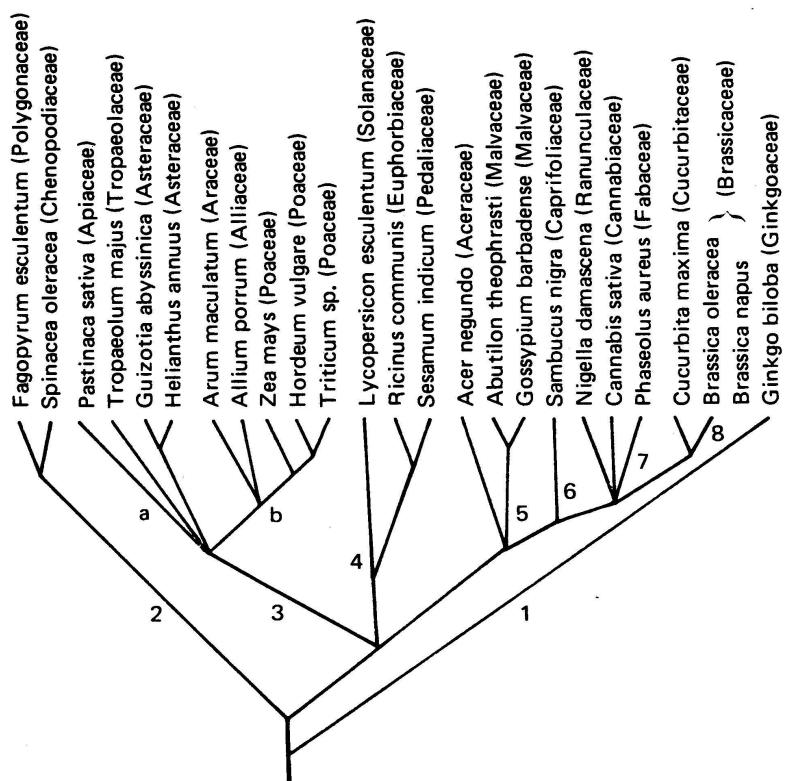
Pour celles-ci, les actions intermédiaires sur les longs enchaînements métaboliques, ou la convergence de voies métaboliques différentes pour produire un même produit, expliquent de nombreuses répartitions étonnantes: par exemple la présence de nicotine chez des plantes aussi éloignées que le tabac (Solanacées) et les prêles (Ptéridophytes), celle de la caféine dans des familles aussi peu apparentées que les Rubiacées, les Sterculiacées, les Théacées...

L'interprétation des caractères protéiques n'est cependant pas à l'abri des difficultés. Les difficultés, en fait, sont de deux ordres: signification, fidélité. Signification? La présence d'une protéine dont la fonction est fondamentale pour toute cellule vivante n'aura pas de signification par sa présence, ni même par les grandes lignes de sa structure, qui ne varieront guère, elle pourra en avoir par les faibles modifications dans l'enchaînement des aminoacides sur des portions de la molécule étrangère au site actif. C'est le cas bien classique des arbres généalogiques dressés grâce au cytochrome c, ou à la ferrédoxine. Nous présentons ici un tel arbre dû à Boulter et à son équipe.

Pour d'autres protéines moins générales, leur présence ou absence peut avoir une signification, ce peut être le cas des lectines ou phythemagglutinines qui agglutinent des cellules humaines spécifiques et ont un grand rôle en médecine.

Le parti le plus général qui est tiré de l'analyse des protéines est fourni, en fait, par la présence de protéines à fonction définie, (réserves, enzymes, etc.) complétée par des données sur la configuration structurelle des molécules concernées décelées par les comportements chromatographique et électrophorétique; enfin les proportions de ces protéines fonctionnelles ne sont pas négligeables à connaître.

C'est alors qu'intervient l'importance de la fidélité des données indispensables à leur interprétation, fidélité qui peut être mise en échec par une mauvaise maîtrise technologique, ou par des interférences mal contrôlées d'origines physiologique ou ontogénique. Pour éliminer ces dernières causes,



Arbre phylogénétique établi suivant la méthode des séquences ancestrales d'après les séquences en acides aminés des cytochromes c de 25 espèces (d'après Boulter, 1974).

il faudrait disposer d'un matériel d'âge précis, apte au stockage et doué d'une grande inertie métabolique. Les graines remplissent idéalement ces conditions, grâce à l'état de siccité qu'elles acquièrent en fin de maturation. Toutefois, ces embryons en vie ralentie ne sont pas inertes, ils sont le siège de processus métaboliques; la preuve: les levées de dormances qui s'opèrent pendant le repos des graines, et à l'inverse, les pertes de leur faculté germinative qu'elles subissent à plus ou moins long terme. La durée de leur résistance est un caractère génétique de l'espèce; ainsi, limitée à quelques jours ou semaines chez le thé, le cacao, l'hévéa, elle dure des siècles chez *Nelumbo nucifera*. Dans les limites de ce caractère génétique, les facteurs du milieu exercent une influence sur tous les processus métaboliques et donc sur les protéines. Aux phénomènes de sénescence sont d'ailleurs liées des modifications géniques et chromosomiques (des délétions, des cassures de chromosomes par ex.). Le taux de mutation enregistré par Strubbe sur *Antirrhinum majus* dans des conditions moyennes de conservation, nul les premières années passe à 1,5% la 5ème année et à 14,04% la 10ème année.

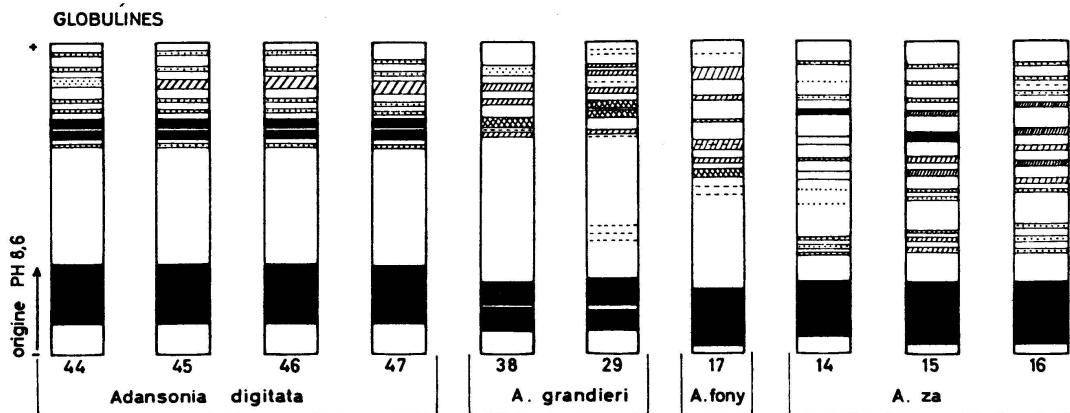
Notre service s'efforce depuis 5 ans de maîtriser et préciser les influences susceptibles d'altérer les caractères révélés des protéines des graines. La maîtrise la plus facile à acquérir, mais non la moins importante, était celle

des conditions de conservation. M. N. Miège a mis en évidence le retentissement du vieillissement de la farine sur la solubilité de ses globulines. A. Grange a soumis systématiquement des lots de graines à des conditions diverses, les conditions défavorables produisent des altérations au niveau des liaisons entre macromolécules: protéines-protéines, protéines-polysaccharides; certaines de ces altérations retentissent sur la solubilité des globulines. Les activités enzymatiques sont également touchées, mais alors que celles de type oxydo-réducteur sont sensibles, les hydrolases sont plus stables comme en témoignent ces zymogrammes. Des activités dépendant de molécules peptidiques de beaucoup plus faible poids moléculaire sont également résistantes comme l'a mis en évidence A. Spierer-Royer avec les inhibiteurs de trypsine. A. Grange a finalement montré que le stockage à 2°C permet un ralentissement des activités métaboliques tel que les caractères des protéines ne sont pas sensiblement altérés après plus de 3 ans en utilisant le haricot (*Phaseolus vulgaris* var. *contender*).

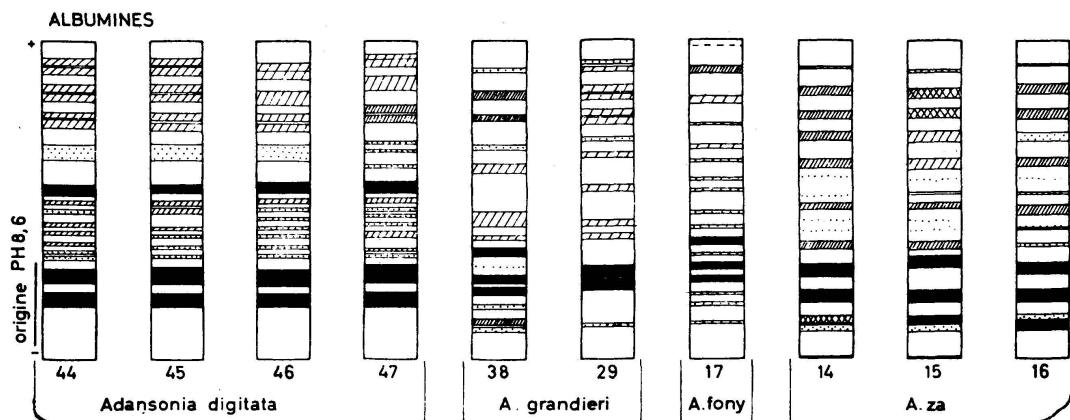
Reste l'influence des facteurs écologiques. J.M. Mascherpa a étudié chez le haricot, entre diverses actions, celles de plusieurs photopériodes. Alors que la richesse en azote total de la graine s'est révélée influençable, les proportions d'albumines et globulines restent stables, de même que les profils électrophorétiques.

Moi-même suis arrivé à des conclusions semblables en comparant les électrophorégrammes d'albumines et de globulines de divers *Adansonia* (baobabs de Madagascar et d'Afrique).

Des graines d'*A. digitata* provenant de plusieurs sites du Sénégal et de Côte d'Ivoire ont fourni des profils identiques alors que les diagrammes comparés entre espèces étaient caractéristiques de chacune d'elles. Les caractères fournis par l'analyse des albumines et des globulines paraissent donc être de bons caractères taxonomiques. Pour apprécier la valeur d'autres



Electrophorégramme des globulines de graines d'échantillons d'*Adansonia* appartenant à diverses espèces. Les bandes correspondant aux différentes fractions sont plus ou moins intensément colorées (en noir les plus intenses, en pointillé les plus faibles, en hachures diverses colorations intermédiaires) (d'après J. Miège).



Electrophorégramme des albumines de graines d'échantillons d'*Adansonia* appartenant à diverses espèces. Les bandes correspondant aux différentes fractions sont plus ou moins intensément colorées (en noir les plus intenses, en pointillé les plus faibles, en hachures diverses colorations intermédiaires) (d'après J. Miège).

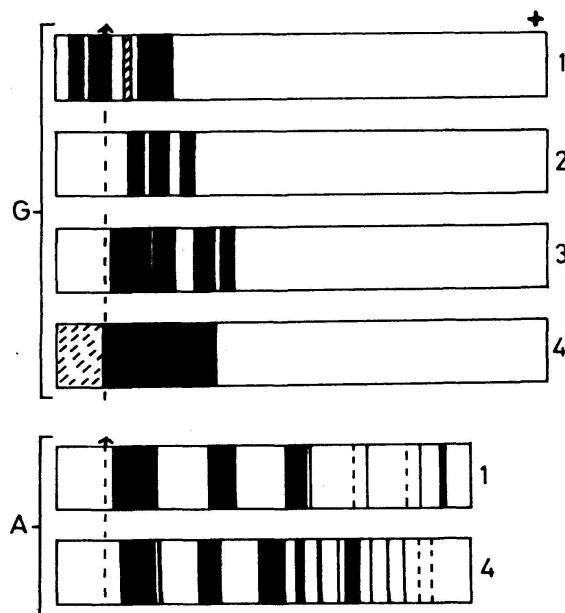
caractères moins classiques, une épreuve comparative est efficace. Ainsi pour tester la signification taxonomique des inhibiteurs de la trypsine étudiés par A. Spierer-Royer chez le *Vigna*, nous avons plaqué sur la classification à base morphologique établie par Maréchal, une hiérarchisation de 15 variétés appartenant à diverses espèces de *Vigna* établie seulement à l'aide de quelques caractères protéiques dont l'activité anti-trypsine. La coïncidence fut frappante.

Ainsi donc, la diversité des caractères protéiques utilisables s'accroît parallèlement à la connaissance de la biologie de la graine. Une utilisation judicieuse de ces candidats toujours plus nombreux implique un choix permettant de tester les caractères les mieux adaptés à chaque circonstance. S'agit-il de comparer des niveaux hiérarchiques élevés, tel caractère sera significatif, par exemple la présence d'une classe de protéines, les prolamines, peut discriminer des familles entières comme l'indique ce tableau comparant les compositions du *Lablab purpureus* et du *Zea mays*.

| protéines | Légumineuse: <i>Lablab niger</i> (+) | | Graminée <i>Zea mays</i> (°) | |
|------------------|---|------------|---------------------------------|---------|
| | axe germinatif | cotylédons | germe | albumen |
| salinosolubles | 79% | 86% | 48% | 22% |
| alcalinosolubles | 12 | 12.5 | 40 | 25 |
| alcoolsolubles | 3 | 0 | 10 | 50 |
| non extractibles | 6 | 1.5 | 2 | 3 |

(+) D'après M. N. Miège (1970).

(°) D'après R. Bressani et E.T. Mertz (1957-1958) modifié.



Diagrammes d'électrophorèses réalisées en gel de polyacrylamide et colorées par le noir amide de solutions albuminiques (A) et globuliniques (G) des espèces *D. cayenensis* (1), *D. bulbifera* (2), *D. dumetorum* (3), *D. Preussii* (4) (d'après M.-N. Miège & J. Miège).

L'objectif est-il une comparaison interspécifique? Nous avons vu que les spectres classiquement utilisés des albumines et globulines sont très valables, nous l'avons vérifié en comparant des espèces de diverses sections du genre *Dioscorea* ou du genre *Adansonia* et de divers genres de Légumineuses.

Mais le fleuron de ce que l'on peut attendre de l'application à la taxonomie de l'étude des protéines, c'est sans conteste la recherche de parents insaisissables, et notamment celle de génomes qui ont participé à l'élaboration des polyploïdes. Un cas de ce type a été examiné par M.N. Miège avec la série polyploïde au sein de l'espèce *Leucanthemum vulgare*, cytologiquement prospectée par Favarger et Villard. L'originalité du diploïde suggérait des interférences dans la formation de cette série.

Une équipe américaine a concentré tous ses efforts sur cette recherche de parenté en l'appliquant notamment au cas passionnant du blé dont l'histoire est liée très étroitement à celle de notre civilisation occidentale. Les parents sauvages de nos blés cultivés ont ainsi pu être identifiés grâce à des détours expérimentaux très astucieux, parmi lesquels des reconstitutions du résultat de mixages géniques. Voici, représentées à la page 22, les contributions de chaque génome aux diagrammes électrophorétiques fournis en gel de polyacrylamide d'extraits de caryopses des espèces de la série polyploïde.

$2n = 14$ *Triticum boeticum*

Triticum monococcum

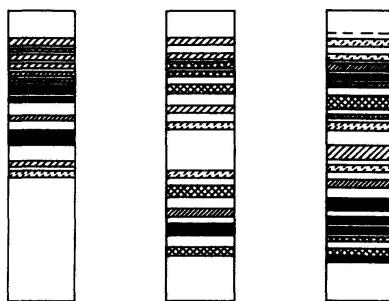
AA x *Aegilops speltoides* BB

$2n = 38$ *Triticum dicoccoides*

Triticum dicoccum

AABB x *Aegilops squarrosa* DD

Triticum durum



Schémas électrophorétiques simplifiés de *Triticum monococcum* (AA), *T. dicoccum* (AA BB), *T. aestivum* (AA BB DD) adaptés et établis d'après les résultats de Johnson & Hall, 1965.

$2n = 42$ *T. aestivum* (*T. vulgare*) AABBD

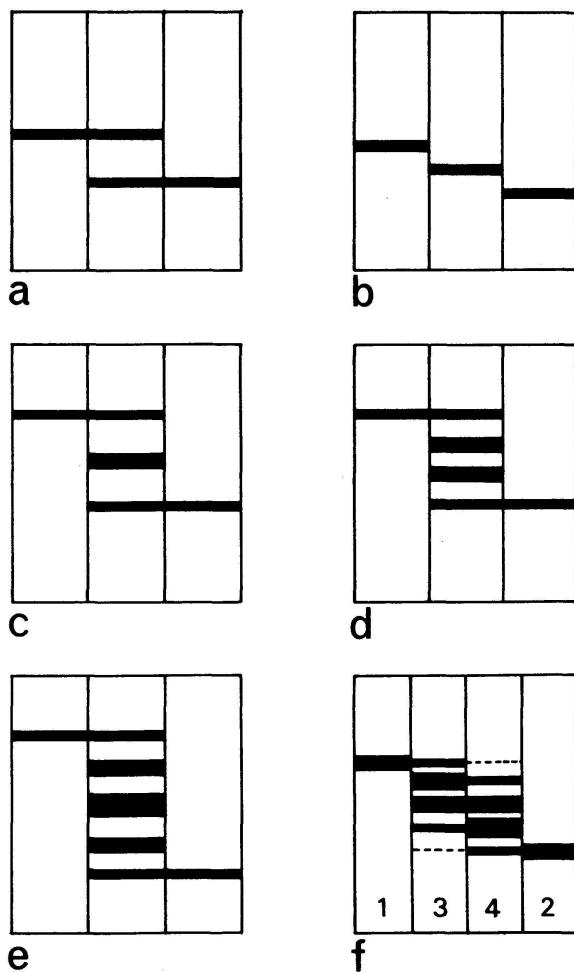
Ces travaux sur les blés mettent en relief l'apport irremplaçable de l'analyse protéique dans la recherche des migrations végétales. Les zymogrammes permettent aussi de préciser les affinités et parentés et de révéler des disjonctions alléliques. Les schémas de la page 23 mettent en relief les fractions qui sont trouvées chez les géniteurs et leurs hybrides en particulier chez le maïs.

Il est réconfortant de voir, en notre siècle qui nous enferme de gré ou de force dans des spécialisations nécessaires sans doute, mais parfois étouffantes, de voir des ponts ainsi jetés entre des spécialités aussi diverses que la biochimie, la botanique, la cytologie, la génétique, la géographie, l'histoire. L'homme, et le scientifique comme un autre, plus qu'un autre peut-être, aspire, après la pulvérisation nécessaire des méthodes analytiques, à une vision unitaire de ses démarches.

Or, en dehors de cette satisfaction de quelques ponts jetés, la difficulté grandit d'assimiler, dans une synthèse unitaire, la profusion toujours croissante des connaissances fournies par les analyses de plus en plus nombreuses, de plus en plus détaillées. Tout simplement, le cerveau ne peut plus faire cette synthèse. Dans le domaine de la systématique en tout cas, le nombre de données assimilables est largement dépassé. Cela justifie-t-il le refus de nouvelles données ? Verrait-on une discipline scientifique refuser l'accroissement de ses connaissances ? Non, bien sûr. Elle ne le pourrait que si l'inassimilation était le corollaire inévitable de l'accroissement des connaissances, c'est-à-dire si n'existaient pas cet instrument idolâtré par certains, abhorré par d'autres, l'ordinateur.

Ordinateur

Le mariage de l'accumulation des données avec l'ordinateur a donné naissance à la taxonomie numérique, née en 1963 des travaux de Sneath et Sokal à partir des principes émis par un précurseur, Adanson, dès le 18ème siècle (1757). Les similitudes, établies sur les caractères phénotypiques reposent sur des principes tels que ceux-ci : à priori chaque caractère a un poids égal, plus les caractères seront nombreux, meilleure sera la classifica-



Divers types de zymogrammes. Dans chaque schéma se trouvent à droite et à gauche les diagrammes des géniteurs et au centre celui de leur hybride. (Adapté de Scandalios, 1969 et Beckman & Scandalios, 1964.)

a, les fractions du diagramme de l'hybride représentent la somme de celles des parents; ex.: alcool déshydrogénase (ADH_1) et certaines amylases du maïs.

b, variants amylasiques de deux lignées de maïs. L'hétérozygote F_1 présente une unique bande hybride intermédiaire.

c, l'hétérozygote révèle outre les deux bandes parentales une bande hybride intermédiaire; ex.: alcool déshydrogénase (ADH_2), certaines amylases et estérases du maïs (enzymes dimères).

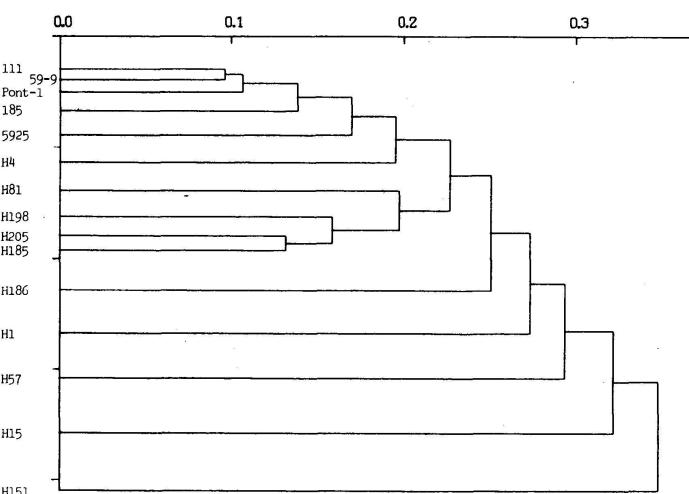
d, l'hétérozygote montre deux fractions intermédiaires outre les bandes parentales (enzymes trimères).

e, l'hétérozygote présente cinq fractions dont trois intermédiaires (enzymes tétramères).

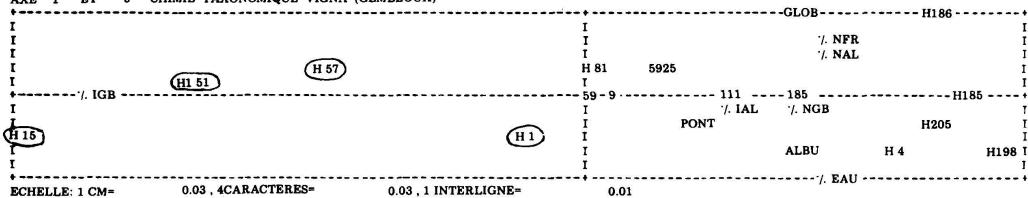
f, variations électrophorétiques de la catalase de l'albumen du maïs. 1. variant rapide; 2.variant lent. Par autofécondation, les lignées parentes fournissent exactement les mêmes diagrammes. Par croisement deux types sont réalisés, l'un à migration rapide (3), l'autre à migration plus lente (4). Les lignes pointillées correspondent à une fraction hypothétique non visible sur le zymogramme. Dans l'échantillon 3, la bande qui se trouve au-dessus de la ligne pointillée n'est qu'occasionnellement visible. Il en est de même pour la bande située immédiatement au-dessous des pointillés dans l'échantillon 4.

CARACTERES BIOCHIMIQUES
 CLASSIFICATION DE 15 VARIETES DE VIGNA
 METHODE PAIRE-GROUPE NON PONDeree

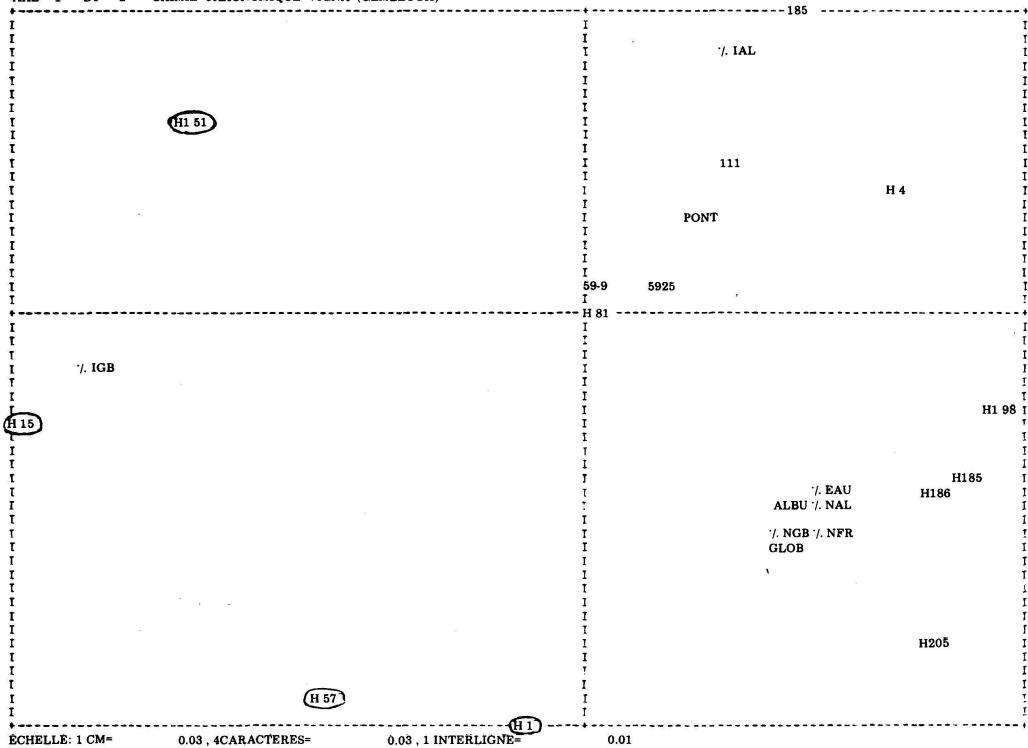
Distance euclidienne calculée sur variables



AXE 1 ET 3 CHIMIE TAXONOMIQUE VIGNA (GEMBLOUX)



AXE 1 ET 2 CHIMIE TAXONOMIQUE VIGNA (GEMBLOUX)



tion. Comme le dit Mascherpa, ces principes fournissent l'algorithme du travail du systématicien, c'est-à-dire l'ordre dans lequel il doit entreprendre sa recherche. : — observation des unités taxonomiques et leur quantification, — établissement de mesures de ressemblance sur lesquelles il établira les nouveaux taxons, — choix de nouveaux caractères à observer, leur pondération à posteriori d'après leur pouvoir discriminant, enfin établissement de clés de classification et de flores. Des dendrogrammes sont construits, mais, malgré leur ressemblance avec des arbres généalogiques, ils ne fournissent aucune indication phylogénétique. Aussi désigne-t-on, souvent, les groupes classés, sous le terme de phénons.

Les méthodes de classification automatique étaient utilisées jusqu'à maintenant, mais elles cèdent la place de plus en plus à l'analyse factorielle qui permet, comme le dit Benzécri, de "représenter géométriquement dans un espace de faible dimension des situations multidimensionnelles". D'autres méthodes d'ordination sont utilisables selon les situations: elles étudient toutes la répartition des individus dans l'hyperespace des variables: analyses en composantes principales, analyse des variables canoniques, analyse discriminante... on les appelle encore analyses multivariées car elles utilisent les statistiques attachées aux distributions simultanées de plusieurs variables en jeu. Ces multiples possibilités peuvent être adaptées à des situations très diverses de la biologie et de la systématique, mais, là encore, cet outil n'est efficace qu'en des mains expérimentées car, bien sûr, malgré ses étonnantes performances, l'ordinateur n'est qu'une machine qui n'invente rien et ne travaille qu'en fonction de ce qu'on lui fournit.

Avant d'arrêter ce survol, trop rapide sans doute, des multiples aspects de la taxonomie végétale, j'évoquerai une voie très actuelle, également très florissante de la botanique: l'écosystématique née du dramatique déséquilibre des systèmes vivants. Une autre activité de la botanique bénéficie des constants progrès de la génétique et de la cytologie, c'est la biosystématique. La paléobotanique se développe, elle aussi, qui contribue à retracer l'histoire de la terre. Bien des mystères demeurent encore depuis l'apparition des premiers êtres primitifs, des procaryotes (bactéries, cyanophycées fossiles), il y a plus de 2 milliards d'années. Malgré la découverte de formes ancestrales plus évoluées, l'énigme de l'origine des angiospermes demeure. Macro et mégaévolutions n'ont pas livré leurs secrets. Les évolutionnistes se rattrapent sur l'explication de la microévolution et de la spéciation, telles les remarquables synthèses de Grant et de Stebbins.

Mais il est bien vrai que la botanique systématique est une "synthèse sans fin", une science en perpétuel chantier. Et même, dit Merxmüller après

- ◀ Classification de 15 variétés appartenant à 4 espèces de *Vigna* (méthode paire-groupe non pondérée) et analyse des correspondances groupant les taxons relativement aux axes factoriels qui portent la plus grande quantité de l'information, ici les axes 1 et 2
(axe 1: % de l'activité anti-trypsine liée aux globulines vs taux de globulines et teneur en azote des globulines,
axe 2: % de l'activité anti-trypsine liée aux albumines vs taux d'albumines et teneur en azote des albumines)
(l'axe 3: teneur en eau de la farine vs teneur en azote de la farine, ne porte que peu d'information) (d'après Mascherpa).

Constance, un Sisyphe qui, quand il croit atteindre le but se retrouve à zéro. Ce qui est pessimiste. Si la botanique systématique est toujours inachevée, elle est tout de même, comme le disent Alston et Turner, en continual progrès, chaque nouvelle période s'enracinant dans la période précédente pour aller plus loin, ainsi se sont succédées jusqu'à nos jours 5 périodes: méga-morphique, micromorphique, évolutive, cytogénétique et biochimique. A chaque étape, il y a émergence; mais il faut se dire avec humilité, que sans doute, jamais l'essence profonde des choses ne sera atteinte, le mystère fondamental subsistera malgré les perfectionnements prévisibles de nos connaissances, et faut-il s'en plaindre, que serait un monde sans mystère?

Mais, il ne faut pas confondre mystère avec ésotérisme. La botanique ne peut s'enfermer dans une construction artificielle faite par et pour quelques initiés. Elle est née des relations de l'homme avec les plantes, relations qui sont vieilles comme le monde. Et ces relations sont plus actuelles que jamais. L'homme a toujours besoin des plantes pour sa subsistance, pour ses remèdes. La chasse aux plantes antibiotiques, anti-cancéreuses, antidiabétiques etc. mobilisent des équipes entières. Beaucoup de découvertes sont encore latentes.

Mais encore, l'homme ne doit-il pas détruire cette Nature nourricière, comme il le fait trop souvent. Les clichés suivants montrent quelques étapes de ces destructions.

Le point de départ peut être cette forêt vierge luxuriante mais fragile où fougères arborescentes et *Dracaena* dominent. Puis c'est une végétation toujours belle bien que déjà touchée.

Le feu ravageur, en général mis volontairement pour établir les champs ou pour poursuivre des activités de chasse ou encore bouté pour le plaisir, anéantit les espèces sensibles; les flores s'amenuisent et se banalisent.

Le résultat de ces agressions, c'est ce paysage certes magnifique mais où le ligneux protecteur qui limite érosion, lessivage et destruction des terres, n'existe plus qu'à l'état résiduel. Ensuite, vient une urbanisation d'abord primaire, primitive, mais qui fera place aux buildings, aux grands immeubles qui rendent chaque ville semblable aux autres, lui enlevant sa personnalité.

Heureusement, les jardins sont là, lieux de détente, de sciences, de loisir et de poésie. Le Jardin botanique de Genève est tout cela à la fois, aussi est-il cher au cœur et à l'esprit des Genevois. L'on y retrouve aussi en microcosmes l'exotisme, par exemple avec ces dahlias dont l'origine est mexicaine ou avec ces *Nepenthes* malgaches, plantes curieusement carnivores. Ils sont, ces jardins, un des moyens d'embellir la vie et d'aborder la botanique. Une botanique obligée d'aller toujours de l'avant et dans toutes les directions.

La botanique est ainsi une vieille dame toujours jeune, à l'image de notre vénérable Société Helvétique, car n'est-il pas évocateur ce nom de "Société Helvétique des Sciences naturelles". La Suisse n'a pas répudié au rayon des vieilles lunes ce terme désuet de sciences naturelles. Quelle sagesse et quelle préscience! Car le malaise de notre monde en désarroi et qui n'épargne pas les scientifiques, ne provient-il pas de l'oubli de la dépendance de l'homme envers la nature. Que nous soyons ici réunis venant d'horizons géographiques et scientifiques divers est un signe de jeunesse et d'espérance. Et je vous remercie d'avoir généreusement réservé les honneurs d'une conférence à cette botanique que nous souhaitons au service de tous.