

Zeitschrift: Bulletin de la Société botanique de Genève
Herausgeber: Société botanique de Genève
Band: 20 (1928)
Heft: 1

Artikel: Recherches sur la sexualité des champignons : le problème de la biochimie comparée du sexe
Autor: Schopfer, William H.
Kapitel: Ire partie
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1099570>

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: 17.04.2026

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

Recherches sur la sexualité des champignons

Le problème de la biochimie comparée du sexe

par

William H. SCHOPFER¹

I^{re} PARTIE

INTRODUCTION

Les travaux auxquels sont dus les progrès réalisés dans le domaine de la sexualité peuvent être rapportés à deux grandes tendances : tout d'abord à l'étude du sexe considéré comme caractère héréditaire, à la lumière des conceptions mendéliennes et des théories chromosomiques ; ensuite, aux recherches relatives à la nature endocrinienne de l'état sexuel et à la détermination hormonale des caractères sexuels dits secondaires. Les deux buts principaux poursuivis sont : l'étude des caractères sexuels secondaires en eux-mêmes, et l'étude des causes profondes de la détermination du sexe.

Les résultats obtenus par les chercheurs de la seconde tendance (PÉZARD (1 i), SAND, CARIDROIT chez les oiseaux, GUYÉNOT et ses élèves chez les Batraciens), directement expérimentaux, sont d'un intérêt très général ; ils ont précisé la nature du sexe en montrant la labilité et ont réellement modifié nos conceptions à ce sujet. A l'aide de techniques de greffe et de castration, PÉZARD montre que l'inversion sexuelle chez la poule est possible et met en même temps en évidence la labilité de l'ovaire chez les oiseaux. Mlle K. PONSE (1h), en étudiant l'organe de Bidder chez le crapaud montre également la labilité du déterminisme sexuel de la gonade.

Il faut donc admettre que le sexe n'est pas une entité invariable, que les deux sexes avec leurs caractéristiques nettes et totales ne sont pas les deux aspects que nous pouvons seuls connaître, mais qu'ils représentent les deux termes extrêmes d'une série dont on peut expérimentalement reproduire les divers termes intermédiaires. La notion de seuil hormonique introduite dans la biologie du sexe par PÉZARD et ses collaborateurs est particulièrement féconde et ces savants ont pu reproduire d'une façon très nette, chez la poule

Note : Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie.

¹ Travail fait sur le conseil et sous la direction de M. R. CHODAT.

et le coq, sept aspects différents, intermédiaires, entre les termes extrêmes, typiquement mâle et femelle.

Parallèlement à ces deux directions se développe depuis quelques années une troisième tendance : on recherche dans l'étude comparée du métabolisme des sexes, à mettre en évidence des différences sexuelles, soit dans le métabolisme proprement dit, soit dans la constitution chimique des deux sexes.

Les différences de constitution chimique sont suggérées par les dissemblances morphologiques.

La notion de l'anabolisme femelle, opposée à celle du catabolisme mâle est aujourd'hui classique. Le mâle est le résultat de la catabolie dominante ; c'est le sexe le plus actif, le plus mobile ; il tend à détruire ses réserves au fur et à mesure de leur formation et par là même, il reste toujours plus petit, plus affamé que la femelle et tend à vivre moins longtemps ; la femelle, au contraire, est le résultat de l'anabolie prépondérante ; elle tend à accumuler des réserves nutritives plus ou moins abondantes ; par suite, elle est plus passive, elle devient plus grasse et tend à vivre plus longtemps (LOISEL, *Revue des idées*, 1905).

Chez la femelle, c'est l'anabolisme qui est dominant ; il y a construction de matière, accumulation d'énergie ; chez le mâle, c'est la désagrégation, le catabolisme qui domine ; il y a libération d'énergie, s'exprimant par une motilité plus grande (GEDDES et THOMPSON (1c). On dit encore que le mâle est kinétique, la femelle trophique ; le mâle « progressif », les fonctions animales dominant ; la femelle est « conservatrice », les fonctions végétatives sont accentuées (cf. JENNINGS (1f).

Cette manière générale et globale d'exprimer le dimorphisme sexuel physiologique et biochimique contient une grande part de vérité ; l'expérimentation moderne la met en évidence.

Dans certains travaux anciens, on retrouve des données partielles, relatives à la constitution chimique des deux sexes ; cependant ces travaux sont presque tous entachés d'une grave erreur théorique : sur le témoignage d'analyses souvent restreintes et portant sur un petit nombre d'individus, des auteurs croyaient trouver dans les différences quantitatives d'un même constituant chimique chez les deux sexes, la cause même de la détermination du sexe. C'est attribuer à la biochimie comparée des sexes — avant même qu'elle soit suffisamment connue — une importance

théorique qu'elle est loin de posséder et, d'autre part, comme ces recherches et ces tentatives théoriques ne pouvaient fournir des résultats généraux et étaient rapidement réduites à néant, c'était la discréditer et retarder son développement. Nous n'analyserons pas ces travaux ici.

En faisant abstraction des travaux épars, publiés depuis 1910, les recherches relatives à la biochimie sexuelle peuvent se grouper de la façon suivante :

1) Recherches relatives aux Mucorinées.

(KORPATCHEWSKA, BRESLAUER, LENDNER, SATINA et BLAKESLEE.)

2) Recherches relatives aux Sporozoaires et aux cellules sexuelles animales et végétales.

(JOYET-LAVERGNE.)

3) Recherches relatives à une réaction chimique caractéristique du sexe.

(MANOÏLOFF, etc.)

C'est à l'exposé succinct des principaux travaux de ces trois groupes que nous consacrerons les pages qui vont suivre.

CHAPITRE I

Etude des différences sexuelles dans le métabolisme des Mucorinées

BLAKESLEE. le premier, a montré que les facteurs externes ne déterminent pas la sexualité des Mucorinées, mais ne font qu'en conditionner les manifestations. Les deux sexes sont nettement différenciés ; chez beaucoup d'espèces, il n'existe aucun caractère sexuel secondaire morphologique permettant de distinguer les deux sexes et d'attribuer à l'un des mycéliums le sexe ♂ ou ♀. Il s'agit là d'un dimorphisme sexuel élémentaire et l'on prit l'habitude de distinguer les deux sexes d'une Mucorinée hétérothallique par les signes (+) et (—).

En 1910, KORPACHEWSKA (33), à l'Institut botanique de Genève, envisagea la question sous un autre angle ; le fait que les sexes, quoique non morphologiquement différenciés, existent, incita cet auteur à rechercher si les mycélium des deux sexes, sur un même milieu, se comportent d'une façon identique, s'ils se nourrissent et croissent de la même manière. C'était ouvrir la voie à l'étude comparée du métabolisme des deux sexes, et, effectivement, ce travail constitue la première tentative expérimentale dans cette direction.

Dans une première série d'expériences, KORPACHEWSKA fait varier en même temps la concentration de la nourriture carbonée et la température ; espèces étudiées : *Mucor hiemalis*, *Absidia orchidis*, *Absidia glauca*.

Chez *Mucor hiemalis*, dont le sexe (+) a, sur moût gélatinisé, quelques millimètres de hauteur de plus que le (—), KORPACHEWSKA observe que sur Raulin acide (maltose), le sexe (+) se développe normalement et forme parfois des sporanges, tandis que le sexe (—) reste au fond du liquide.

Après 14 jours de culture :

(+) 0,057 gr. ; (—) 0,031 gr.

Après 37 jours :

(+) 0,095 gr. ; (—) 0,080 gr.

Sur un Raulin acide (saccharose), les sporanges du sexe (—) apparaissent plus tôt que ceux du sexe (+) ; le mycélium (+) reste immergé, tandis que le (—) émerge et se développe normalement.

Avec *Absidia glauca* et *orchidis*, les différences sont plus faibles.

En se basant sur les résultats obtenus par THIELE (173), KORPACHEWSKA combine les variations de température avec celles de la concentration du milieu. Sur Raulin-maltose, les différences d'absorption (*M. hiemalis*) se maintiennent aux basses températures ; à partir de 25°, le développement est ralenti, à 30-31° il est arrêté. Le sexe (+) reste plus vigoureux que le (—). Sur Raulin-saccharose, la température maximum compatible avec le développement est de 29° pour le (—), 31° pour le (+). Le mycélium submergé (—) est plus vigoureux que le (+) ; leur aspect est différent.

Pour établir les limites de températures, les deux sexes ont étéensemencés dans un même liquide, placé à 29° ; après quelques jours, des vases plats sont inoculés avec ce mycélium exposé à 29°,

ce dernier étant mis en contact avec des mycéliums (+) et (—) ; les vases où le mycélium (à 29°) se trouve opposé au sexe (—) fournissent des zygotes ; s'il est opposé au (+), il n'apparaît pas de produit sexuel ; c'est donc que seul le sexe (+) a résisté à la température de 29°, ou, tout au moins, que seul, il conserve le pouvoir de manifester ses affinités sexuelles.

Sur Raulin-galactose, la limite de température est la même pour les deux sexes, le mycélium submergé (—) étant plus développé que le (+). En résumé, pour *Mucor hiemalis* :

Milieu	Développement	Sporanges (jours)	Graisse	
Saccharose	(+)	+	6-7	+
	(—)	++	5	++
Maltose	(+)	++	rare	+
	(—)	+		+
Galactose	(+)	+	8	—
	(—)	++	11	—

Ce que KORPATCHEWSKA appelle graisse, correspond probablement à notre association graisse-carotène. Avec *Absidia glauca* et *orchidis*, la croissance sur saccharose est arrêtée à la même température pour les deux sexes ; aux températures élevées, il n'apparaît aucune différence nette entre les deux sexes. A 20°, le champignon se développe bien dans les solutions diluées, plus mal dans les solutions concentrées ; à 25-30°, c'est l'inverse ; les différences observées entre les deux sexes, sur Raulin-maltose à 20°, se maintiennent dans toutes les concentrations.

Sur un Raulin acide au saccharose (de 4,66% à 13,98% de sucre), la graisse se forme plus abondamment en (—) qu'en (+) ; nous avons observé le contraire sur un milieu de Coon-agar, avec maltose.

A la température de 20°, les sporanges apparaissent dans les solutions diluées, après 5 jours, dans les solutions concentrées, après 6-7 jours. A 27-28°, les sporanges ne se forment nulle part.

Chez *Absidia glauca*, sur Raulin acide au saccharose, à 28° et avec une concentration moyenne (2,33 gr. % de sucre), une différence sexuelle est visible : le sexe (+) forme de plus nombreux sporanges que le sexe (—).

Chez *Absidia orchidis*, sur saccharose, le mycélium de sexe (+) devient plus foncé que le (—) ; à 27-28°, aucune différence sexuelle n'est visible (avec 4,66 et 9 gr. % de sucre).

En se basant sur l'observation que le sexe (—) est inapte à utiliser le maltose (α glucoside), KORPATCHEWSKA fait des essais en substituant au maltose un β glucoside : l'arbutine ; le champignon (*Mucor hiemalis*) se développe mal et aucune différence sexuelle n'apparaît. L'amygdaline, qui est à la fois α et β glucoside est dédoublée plus facilement par le sexe (+) que par le (—) ; mais comme la quantité d'acide cyanhydrique formée est proportionnelle à la quantité d'amygdaline utilisée et, par conséquent, proportionnelle au développement du champignon, le sexe (+) qui croît plus rapidement, sera aussi plus rapidement arrêté ; dans une culture de 20 jours, les mycéliums semblent de même force. Enfin quelques expériences intéressantes attestent que des modifications très profondes dans la composition du milieu n'arrivent pas à changer le sexe, ce que BLAKESLEE (1927) (120, 121) vient de confirmer dans une étude très complète.

Il ressort donc nettement que les deux sexes des Mucorinées étudiées présentent des différences physiologiques et chimiques, que dans des conditions données, ils se comportent différemment vis-à-vis des sucres, en un mot, que le métabolisme est différent : il y a dimorphisme biochimique.

BRESLAUER (5) et LENDNER (154) confirment le comportement différent des deux sexes vis-à-vis du maltose ; BRESLAUER met en évidence un fait du plus haut intérêt : l'absence totale d'invertase chez le sexe (+) de *Mucor racemosus*. KOSTYTSCHEW et ELIASBERG (35) font plus tard la même constatation.

Avec *Phycomyces nitens*, LINDNER (39, 40) trouve que c'est le sexe (—) qui assimile le mieux les sucres (glucose, maltose, fructose, saccharose, raffinose, dextrine), tandis qu'ORBAN arrive à la conclusion inverse. Dans son mémoire de 1916, LINDNER (40) parle de la possibilité d'une transformation du sexe, en faisant, il est vrai, prudemment intervenir l'hypothèse d'une inscription inexacte sur les flacons. Cette dernière hypothèse est vraisemblable, et LINDNER est actuellement le seul auteur à émettre l'idée d'une transformation expérimentale du sexe, chez les Mucorinées. DUNN (1921), (8 a), signale des différences physiologiques marquées chez les deux sexes de *Rhizopus nigricans*, lorsqu'on modifie la composition du milieu ; nous n'avons pu nous procurer ce mémoire, que nous citons d'après BLAKESLEE.

KOSTYTSCHEW et ELIASBERG (34) constatent que chez le sexe (+)

de *Mucor racemosus*, les processus d'oxydation sont plus intenses que chez le sexe (—).

Nous pensons que le désaccord qui règne sur certains points provient du fait que l'on n'a pas assez tenu compte du caractère relatif des différences sexuelles, et que la reproduction exacte des différences observées par un auteur nécessite l'emploi d'une souche identique, cultivée dans les mêmes conditions de milieu; les différences sexuelles peuvent très bien s'atténuer et disparaître avec certaines conditions de milieu.

De toute façon, les travaux qui ont suivi l'important mémoire de KORPATCHEWSKA sont encore trop épars pour permettre une synthèse définitive.

Récemment, SATINA et BLAKESLEE (54) ont repris la question du dimorphisme chimique en l'envisageant sous un autre angle. Ils recherchent, à la suite de MANOÏLOFF, à définir chimiquement le sexe à l'aide d'une réaction particulière. Avec diverses espèces :

Absidia Blakesleana.

Absidia glauca.

Absidia « Whorled ».

Circinella spinosa.

Circinella umbellata.

Cunninghamella Bertholletiae.

Helicostylum.

Syncephalastrum.

Mucor griseo-cyanus.

» IV.

» VII.

» D.

» N.

ils établissent que le pouvoir de réduction vis-à-vis des sels de tellure et de sélénium est variable pour les mycéliums du même sexe, qu'il n'est pas en rapport avec le développement végétatif, mais que chez le sexe (+), il est plus accentué que chez le sexe (—). Ces auteurs admettent que ce qui caractérise le sexe (sex differential) agit directement sur le pouvoir réducteur des cellules vivantes, mais que ce dernier est un caractère non sexuel, par lequel les deux races se différencient.

Ces intéressants résultats furent critiqués par BURGEFF et SEY-

BOLD (4). Leurs objections s'adressent tout d'abord à la méthode de BLAKESLEE et SATINA, qui ne serait pas assez précise ; mais comme nous le verrons plus loin, les résultats de BLAKESLEE sont parfaitement conformes à ceux que fournissent d'autres auteurs travaillant avec des êtres vivants très différents. Nous n'attachons donc pas d'importance à cette objection. La seconde est d'ordre théorique : il n'y aurait pas différence de pouvoir réducteur, mais différence de perméabilité vis-à-vis des sels étudiés ; ce caractère ne ferait pas partie du « complexe sexuel ». Il faut s'entendre, pensons-nous, sur la valeur de l'épithète « complexe sexuel » ; d'ailleurs s'il y a réellement des différences de perméabilité, et si elles suivent constamment le sexe, nous sommes bien obligé de les considérer comme une manifestation directe ou indirecte de ce dernier. En nous basant sur le fait que le pouvoir réducteur plus intense du sexe femelle est aujourd'hui admis, et que le sexe (+) des Mucorinées étudiées peut, à l'aide d'autres caractères que le pouvoir réducteur, être considéré comme femelle, nous admettons comme certains les résultats de SATINA et BLAKESLEE.

D'autres caractéristiques furent étudiées par ces deux auteurs : (55) : teneur en peroxydase, catalase, réduction du permanganate de potassium, acidité totale, concentration en ion hydrogène de l'extrait de champignon et du milieu de culture (cf. chapitre III pour la réaction de MANOÏLOFF).

Avec *Phycomyces*, *Rhizopus nigricans*, *Syncephalastrum*, *Cunninghamella*, *Circinella umbellata*, *Absidia glauca*, *Parasitella simplex*, *Mucor griseo-cyanus*, *Mucor D*, *N*, *IV*, *V*, SATINA et BLAKESLEE prouvent que le sexe (+) contient plus de catalase et manifeste un pouvoir réducteur plus intense (vis-à-vis de KMnO_4) ; par contre, les différences sont très faibles en ce qui concerne la peroxydase et l'acidité totale de l'extrait, elles n'existent pas avec le pH de l'extrait alcoolique ou aqueux et le pH du milieu de culture. Une critique peut cependant être faite à ces dernières expériences ; il ne suffit pas de mesurer les pH à un seul moment du développement, mais pendant toute la durée de celui-ci ; des différences peuvent exister, mais disparaître à un certain stade de la croissance et par le fait d'un nombre trop restreint de mesures, passer inaperçues.

Avec 7 paires de gamètes de *Mucor Mucedo*, le gamète (+) a un pH plus élevé ; avec 29 paires de gamètes de *Phycomyces*, 17 gamètes (+) et 12 (—) ont le pH le plus élevé. Avec 23 paires de

gamètes, dans 20 cas, le gamète le plus large a aussi le pH le plus élevé, résiste le plus longtemps à la plasmolyse et contient une plus grande quantité d'une substance jaune (*fat ?*). 56 races (13 espèces et 7 genres) de Mucorinées hétérothalliques, 7 races (5 espèces et 4 genres) de Mucorinées homothalliques, ont été étudiées au point de vue des graisses et des oxydases¹; dans certains cas, il y a une forte différence entre les gamètes des deux sexes. Les auteurs indiquent que le gamète contenant la plus grande quantité de graisse est celui qui donne le pH le plus élevé et avec lequel la plasmolyse commence le plus tard.

Nous avons attaché une grande importance à ces variations de teneur en graisse; cette question sera étudiée en détail au chapitre III de la deuxième partie.

Des substances telles que la vultine, le glycogène, ne sont pas l'objet d'une différenciation sexuelle.

Les différences de métabolisme caractérisant les sexes ont été indirectement mises en évidence par BURGEFF (125), SATINA et BLAKESLEE (56) à l'aide de la Mucorinée parasite *Parasitella*; les deux sexes de cette espèce forment des galles avec d'autres Mucorinées: *Helicostylum*, *Circinella spinosa*, *Absidia repens*, *Syncephalastrum*, *Mucor Mucedo*, *Rhizopus nigricans*, *Chaetocladium Brefeldii*.

BURGEFF (125) montra qu'avec *Rhizopus*, les deux sexes de *Parasitella* forment des galles avec les deux sexes de leur hôte. Par contre, avec *Absidia glauca* et *coerulea*, la race de *Parasitella* considérée comme (+) ne forme des galles qu'avec le sexe (-) de l'hôte, et la race (-) avec le sexe (+) seul. SATINA et BLAKESLEE (56) montrent que la race IV (de *Parasitella*) considérée par BURGEFF comme (+), et qui a des préférences pour la race (-) des *Absidia*, possède les réactions biochimiques de la femelle; les *Parasitella* I, II et III, appelées (-) par BURGEFF, ont des réactions biochimiques mâles. Il est donc possible d'attribuer aux races sexuées de *Parasitella* les désignations (+) et (-).

La préférence que les races sexuées de *Parasitella* témoignent, dans certains cas, pour l'un ou l'autre des sexes de leur hôte, peut être considérée comme une nouvelle preuve du dimorphisme biochimique général des deux sexes chez les Mucorinées.

¹ A l'aide de: α naphthol + diméthyl-p-phénylène-diamine et indophénol, in vitro.

CONCLUSIONS

De cet ensemble de recherches, il ressort que chez les Mucorinées, des différences sexuelles se marquent :

1) Dans la manière dont les deux sexes se comportent vis-à-vis des sucres, le sexe (+) les utilisant mieux que le sexe (—).

2) Par le pouvoir réducteur, le sexe (+) étant plus fortement réducteur.

3) Par la genèse des graisses.

Sur ce point, les précisions manquent encore ; dans nos recherches personnelles, nous étudierons spécialement cette question.

4) Par une série de caractéristiques telles que pH, catalase, plasmolyse.

CHAPITRE II.

Etude des cellules sexuelles et des Protozoaires (Composition chimique comparée des 2 sexes)

La morphologie différente des deux sexes suggère des différences d'ordre chimique ; d'une façon plus précise encore, la dissemblance de deux gamètes de sexe opposé rend plausible l'hypothèse d'une dissemblance dans leur composition chimique. De même, la généralité et l'unité de l'acte fondamental de la fécondation chez les êtres vivants permet de supposer que les caractères distinctifs des gamètes de chaque sexe peuvent être analogues chez des êtres très différents.

Cette remarque faite par divers auteurs (MINCHIN¹, COULTER²) n'est pas admise par certains savants ; JENNINGS prétend que « l'adhésion qui se produit entre des corps ayant le même caractère n'est pas forcément due à des diversités chimiques et physiques

¹ MINCHIN. Introduction to the study of Protozoa, 1912.

² COULTER. Development of sex in plants, 1914.

existant entre eux » ; elle serait du même ordre que « l'attraction de deux boulets de plomb qui gravitent l'un vers l'autre ».

Cette opinion peut se soutenir en ce qui concerne le rapprochement pur et simple de deux gamètes ; mais elle devient inopérante lorsque l'on veut expliquer la fusion des deux gamètes et la série de phénomènes nucléaires qui se produisent dans la fécondation.

On peut, il est vrai, invoquer les cas d'isogamie où l'égalité des deux gamètes semble complète ; cette égalité peut n'être qu'apparente et reposer surtout sur le fait que l'étude microchimique de ces cellules n'est pas faite ; une analogie de forme ne sous-entend pas forcément une analogie de composition et de structure.

L'idée que les colloïdes des cellules sexuelles des deux sexes sont de charge électrique contraire est pour l'instant purement théorique ¹.

En recherchant un dimorphisme dans les noyaux, on retombe sur des différences chromosomiques qui ne sont pas à proprement parler d'ordre chimique : nombre, forme, dimension, position des chromosomes, ou des noyaux (chez les Protozoaires) ; ces dissemblances sont intéressantes, mais le fait de pouvoir, à l'aide d'un chromosome particulier, suivre la distribution du sexe n'apprend rien sur la nature de celui-ci.

C'est au contraire en s'adressant au cytoplasme que les différences chimiques et physico-chimiques se précisèrent.

En parcourant des travaux déjà anciens de protistologie (MÜHL, (41), LÉGER et DUBOSCQ (37), on retrouve de nombreuses allusions à des différences de coloration présentées, vis-à-vis du même colorant, par les gamètes des deux sexes, (chez les Sporozoaires). C'est à JOYET-LAVERGNE que revient le mérite d'avoir, dès 1923, mis en évidence d'une façon systématique, les propriétés chimiques et physico-chimiques différentes des gamètes de Sporozoaires ainsi que de quelques Cryptogames et Phanérogames.

§ 1. SPOROZOAIRES.

Chez une Grégarine, *Nina gracilis* (18), les différences sexuelles cytoplasmiques sont nettes. Dans un groupe de céphalins (*a*), le chondriome est oxyphyle et possède peu d'affinités pour les matières colorantes. Dans un autre groupe (*b*), il est basophile, les chondrio-

¹ КРЮКОВ. Sur le déterminisme du sexe, C. R. Soc. biol. Paris, 1905, T. 57.

chontes et les mitochondries sont plus nombreux et plus épais. Les mêmes différences se retrouvent chez les céphalins et les sporadins plus âgés.

Après l'enkystement, qui se fait entre les formes *a* et *b*, on retrouve au début, dans le kyste les différences précédemment décrites.

Les résultats obtenus avec *Stylorhynchus longicollis* sont analogues aux précédents: il existe des Grégarines à chondriome basophile, à chondriochontes et chondriomites plus nombreux (σ^7 ?), et d'autres où les réserves (paraglycogène, albuminoïdes) sont plus abondantes (φ ?). Quoiqu'à ce point de vue, l'anisogamie soit moins prononcée que chez *Nina gracilis*, il y a tout de même une plus grande abondance d'éléments de Golgi chez le mâle.

Si l'on rapproche ces deux résultats (*Nina*, *Stylorhynchus*) de ceux qui sont obtenus avec la Grégarine de *Tenebrio molitor*, on voit que les satellites de *Gregarina polymorpha* sont σ^7 , les primitives φ . Le caractère commun du σ^7 de ces trois espèces est: un chondriome basophile phosphoré à éléments plus épais et plus nombreux, à cytoplasme plus riche en éléments de Golgi, et moins riche en paraglycogène.

De même chez les Coccidies (*Adelina dimidiata*), il y a au stade de rapprochement des gamontes un σ^7 à chondriome plus basophile que celui de la φ .

Avec cinq Grégarines: *Nina gracilis*, *Gregarina polymorpha* et *cuneata*, *Steinina ovalis*, *Stylorhynchus longicollis*, avec deux Coccidies: *Aggregata Eberthi*, *Adelina dimidiata*, JOYET-LAVERGNE observe sur le chondriome des différences d'ordre morphologique et chimique qu'il considère comme des manifestations primitives de la sexualisation du cytoplasme; les mêmes différences peuvent, d'après d'autres auteurs, s'observer sur le chondriome du spermatozoïde et de l'œuf d'*Ascaris megalocephala*.

Les différences relatives aux lipides sont, chez les Sporozoaires (15) plus nettes encore; (les lipoïdes se rapprochent de la lécithine et les graisses sont des graisses neutres). Chez *Aggregata Eberthi*, les lipoïdes du microgamétocyte sont moins abondants et ont moins d'affinité pour l'acide osmique que ceux du macrogamétocyte.

Chez *Nina gracilis*, les éléments que l'on considère comme φ ont des lipoïdes plus abondants et plus osmiophiles que les σ^7 ; après l'enkystement, les différences sont encore accentuées: l'osmiophilie des φ a augmenté, Il apparaît donc que la teneur en graisse et en

lipoides serait un caractère de sexualisation du cytoplasme des éléments qui donneront des gamontes femelles; ce caractère se retrouve chez d'autres organismes : chatte (VAN DER STRICHT (62), *Ascaris* (FAURÉ-FRÉMIET 9 a).

Chez *Gregarina polymorpha* (14) même différence que chez *Nina gracilis*, en ce qui concerne les lipides, entre primitive et satellite.

Avec *Nina*, certains caractères tels que la coloration du ♂ par le bleu de méthylène attestent un milieu plus réducteur chez la ♀ qui, par formation d'un leucodérivé, décolore le bleu. La lipogenèse plus intense chez la ♀ serait en relation avec ce milieu réducteur.

Chez les Grégarines (22), les colorations vitales, directes ou indirectes (par le leucodérivé) donnent des renseignements sur les propriétés réductrices du cytoplasme. Par des colorations directes avec le bleu de méthylène et le bleu de crésyl (*Gregarina polymorpha*), avec le bleu de crésyl (*Steinina ovalis*), avec le bleu de Nil (*Gregarina polymorpha*), avec le violet dahlia (*Gregarina cuneata*), JOYET-LAVERGNE montre que le primitive (♀) se colore différemment du satellite (♂); on ne peut invoquer une différence de pH, le bleu de bromothymol indiquant partout un pH de 6. Avec les leucodérivés du rouge neutre, du bleu de crésyl, du bleu de Nil, du violet dahlia, la réoxydation du réactif est plus forte dans le satellite (♂); les ♀ ont un rH inférieur à celui des ♂.

§ 2. CRYPTOGAMES.

Avec les colorations vitales, les spores d'*Equisetum arvense* (23), qui sont morphologiquement semblables, présentent des différences qui ne sont pas en rapport avec l'intensité dissemblable de la coloration des corps verts chlorophylliens. Au rouge neutre, certaines spores se colorent en jaune orangé, d'autres en rouge; par la safranine, en orange rosé et en rouge; par le violet neutre, en jaune rosé et en rouge violacé; ces colorations sont visibles surtout dans la zone non chlorophyllienne. Il n'y a pas de différence de pH (au bleu de bromothymol).

JOYET-LAVERGNE distingue une catégorie de spores A, faiblement colorables, et une catégorie B, fortement colorable, les spores étant plus nombreuses dans la catégorie A. Sous l'action du protoplasme de la spore, les leucodérivés sont plus ou moins rapidement colorés, et de même qu'avec les colorations directes, on retrouve deux catégories de spores, caractérisées chacune par l'intensité avec

laquelle les leucodérivés sont réoxydés. JOYET-LAVERGNE admet que les catégories A et B, par coloration directe, se retrouvent identiques par coloration indirecte.

La prêle posséderait donc deux catégories de spores, caractérisées par un rH différent. Par analogie, JOYET-LAVERGNE attribue le sexe ♀ aux spores du groupe A, à rH plus faible, donc moins colorables par les réactifs ou leurs leucodérivés, et le sexe ♂ à celles du groupe B; la réaction des spores A correspond à celles des ovules (voir plus loin).

A l'aide de deux autres méthodes (21) : action des sels réductibles, (AuCl_3 , Ag NO_3) et action de KMnO_4 au millième, le pouvoir réducteur ♀ apparaît également. Au chlorure d'or et au nitrate d'argent, les spores A (♀) sont colorées plus fortement que les spores B; au permanganate de potassium, les mêmes spores A ont une action décolorante plus marquée que les spores B. Au réactif des peroxydases (benzidine, eau oxygénée), les spores B donnent des réactions plus intenses que les spores A. Vis-à-vis de ces mêmes réactifs, les ovules et les grains de pollen de quelques phanérogames (lys, œillet, renoncule) se comportent : les ovules comme les spores A, les grains de pollen comme les spores B.

Pour *Equisetum maximum* et *limosum*, JOYET-LAVERGNE attribue le sexe ♀ aux spores A (rH le plus faible), et ♂ aux spores B (rH le plus élevé). Chez *Equisetum limosum*, il y a une légère différenciation morphologique des spores, les ♂ étant en général plus petites que les ♀.

Equisetum maximum, étudié par les mêmes réactifs, présente le même dimorphisme physico-chimique dans ses spores.

§ 3. PHANÉROGAMES.

A l'aide de la méthode de NEEDHAM, JOYET-LAVERGNE étudie le potentiel d'oxydation-réduction du protoplasme pollinique, en ne tenant pas compte des faibles perturbations apportées par les réactifs (20).

Chez *Geranium Robertianum*, le leucodérivé du bleu de méthylène colore en bleu le protoplasma du pollen, en vert le funicule ; les cellules du nucelle sont inchangées ; par le leucodérivé du rouge violet, le pollen est rouge violet, le nucelle incolore ; le pollen est rouge jaunâtre avec le rouge neutre, bleu avec le bleu de crésyl, le nucelle restant incolore.

De même, avec les colorants indiqués, le pollen de *Cheiranthus cheiri*, *Ranunculus repens*, *Arum maculatum* se colore, à l'exclusion du nucelle.

Des études faites avec les mêmes espèces et colorants sur les tubes polliniques (19), prouvent que malgré les phénomènes d'oxydation dont ces derniers sont le siège, le rH ne change pas au cours de la germination.

Partout le protoplasme du grain de pollen présente un pouvoir réducteur plus faible que les cellules du nucelle et du sac embryonnaire.

Le comportement différent de ces mêmes cellules sexuelles, vis-à-vis de l'acide osmique (26), est une nouvelle manifestation de ce pouvoir réducteur élevé caractérisant la ♀ ; avec *Arum maculatum*, *Cheiranthus Cheiri*, *Helleborus niger*, *Primula officinalis*, *Antirrhinum majus*, l'acide osmique colore plus intensément l'ovule que le grain de pollen, malgré les conditions de pénétration défavorable que présente l'ovule ; chez le grain de pollen, la couleur du cytoplasme est à peine changée, gris pâle ; les petits éléments colorés en noir semblent être les éléments de Golgi.

Une critique peut cependant être faite aux recherches qui ont trait aux phanérogames : pour que les résultats aient toute leur valeur, il faut que les comparaisons sexuelles soient faites entre organes homologues, grain de pollen et *sac embryonnaire* et non pas entre grain de pollen et funicule. Cette réserve n'enlève d'ailleurs pas de leur intérêt aux résultats de JOYET-LAVERGNE, puisqu'il étudie aussi, dans l'organe ♀, le sac embryonnaire.

Il y a un grand intérêt à rechercher à quelle substance est due ce pouvoir réducteur élevé. Chez *Gregarina polymorpha* comme chez *Viola tricolor* (25), les éléments qui ont le rH le plus faible correspondent à ceux dont la teneur en glutathion est la plus élevée ; les réactifs utilisés sont le nitroprussiate de sodium, le chlorure de fer, l'acide picrique.

Si, à l'aide d'acide trichloracétique à 10%, on dissout le glutathion contenu dans les ovules de *Digitalis purpurea*, de *Viola tricolor* ou d'*Arum maculatum*, on constate une élévation du potentiel d'oxydation-réduction ; c'est donc que le glutathion joue un rôle fondamental dans l'établissement du rH, dans la respiration et les oxydations intracellulaires.

Chez les Sporozoaires (12), de même que chez *Elodea canadensis*,

Iris germanica, *Lilium croceum* (épiderme), *Helix pomatia* (24), c'est le chondriome qui semble être le support du glutathion; sa surface est de ce fait considérablement augmentée et son action dans les phénomènes d'oxydo-réduction cellulaire sera d'autant plus importante.

Tous les faits signalés par JOYET-LAVERGNE forment, comme on le voit, un ensemble d'une remarquable homogénéité, de telle sorte que des lois peuvent être émises.

Une première loi a trait ¹ (10) au r^H . «La valeur du potentiel d'oxydation-réduction intracellulaire est un caractère de sexualisation du cytoplasme; les cellules polarisées dans le sens femelle ont un r^H inférieur à celui des cellules polarisées dans le sens mâle». Comme nous le verrons au chapitre III, d'autres auteurs, travaillant avec un matériel et des méthodes différents, arrivent à des conclusions semblables.

Une deuxième loi concerne les lipides ² (10) « Les différences : de nature et de proportion dans les réserves lipoïdes et grasses constituent un second caractère de sexualisation du cytoplasme; les cellules polarisées dans le sens femelle acquièrent des réserves en graisses qui noircissent l'acide osmique; les réserves des cellules qui donnent des gamètes mâles n'ont pas cette qualité ».

Les êtres très différents qui ont servi de matériel à cette étude sont un garant de la généralité des conclusions.

Dans certains travaux antérieurs à ceux de JOYET-LAVERGNE, on retrouve des faits qui confirment les généralisations de JOYET-LAVERGNE. FAURÉ-FRÉMIET (9 a) signale que les jeunes oocytes d'*Ascaris* possèdent des réserves graisseuses, tandis que les spermatoocytes ne renferment que quelques globules gras.

SMITH (58) indique que chez *Carcinus moenas*, les ♀, au moment de la maturité, ont dans leur sang, qui est chargé de lipochrome, une quantité de graisses supérieure à celle qui se trouve chez la ♂ (0,198% contre 0,059% chez le mâle à sang incolore et 0,086% chez le mâle à sang rose). D'autre part, les Sacculines qui féminisent une partie de la morphologie des mâles parasites (*Carcinus*, *Inachus*) agissent aussi sur le métabolisme des graisses qui se rapproche de celui de la femelle (ROBSON (46). Par contre, d'autres faits sont en désaccord avec les théories émises : VANEY et MAIGNON (63) indi-

¹ JOYET-LAVERGNE. C. R. Acad. Sc. Paris, 1926, T. 182, p. 1555.

² Ibid. Paris, 1927, T. 184, p. 293.

quent que chez *Bombyx mori*, c'est le ♂ qui a la teneur en graisse la plus élevée (chez les adultes, 8,666gr. % pour le ♂ et 2,133 gr. pour la ♀).

Il reste à comprendre le lien qui unit les deux caractères : lipogénèse et pouvoir réducteur. La lipogénèse glucidique, phénomène fondamental du métabolisme ne peut s'accomplir que dans un milieu suffisamment réducteur ; il n'y a donc pas lieu de s'étonner que la femelle qui possède un pouvoir réducteur plus intense soit en même temps le siège d'une lipogénèse plus forte.

Nous souscrivons entièrement aux termes prudents de JOYET-LAVERGNE lorsqu'il parle de cellules polarisées dans le sens mâle ou femelle ; de cette façon, il n'attribue pas aux facteurs physico-chimiques qu'il a découverts la valeur de déterminants sexuels, mais sous-entend une orientation préalable sur laquelle nous ne savons pas grand chose, de laquelle peuvent découler les caractéristiques observées.

Une autre conséquence de ces importantes recherches est d'attirer l'attention sur les caractères cytoplasmiques, trop négligés, les caractères nucléaires et chromosomiques ayant seuls jusqu'à maintenant fait les frais des théories du déterminisme sexuel.

Avant JOYET-LAVERGNE, c'est DEWITZ qui, semble-t-il, a le premier parlé de pouvoir réducteur caractérisant, accompagnant le sexe.

Avec *Saturnia pyri* (6), le corps de l'insecte étant finement broyé, DEWITZ montre que l'extrait femelle est plus riche en catalase que l'extrait mâle ; la quantité d'oxygène est plus élevée, le dégagement est plus rapide chez la ♀.

Avec *Sphinx euphorbiae*, les différences sexuelles sont moins accentuées qu'avec l'espèce précédente. Ces différences se retrouvent également chez les cocons (7) de *Saturnia pyri* : pendant les premières minutes, la quantité d'oxygène dégagée est plus élevée chez la femelle.

Le cocon de *Bombyx mori* ne décompose pas l'eau oxygénée.

En utilisant divers colorants (8) : carmin d'indigo, fuchsine, violet de méthyle, bleu de méthyle, et en expérimentant avec *Saturnia pyri*, *S. pavonia*, *Sphinx euphorbiae*, DEWITZ trouve que le sang ♀ est plus réducteur que le sang ♂ ; cependant le bleu de méthylène fait exception et est plus rapidement décoloré par le sang ♂.

Chez les trois espèces, le sang est d'une teinte différente pour les deux sexes : jaune chez le ♂, vert chez la ♀.

DEWITZ indique que des différences semblables se retrouvent chez quelques plantes dioïques : l'extrait glycéринé ♂ réduit plus fortement le beu de méthylène que l'extrait ♀ (*Lychnis dioica*). Avec *Mercurialis annua*, la décomposition de l'eau oxygénée est inégale pour les deux sexes.

§ 4. DIFFÉRENCES CHIMIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DIVERSES.

Les différences sexuelles d'ordre biochimiques ne sont pas limitées au pouvoir réducteur et aux lipides. Un certain nombre de travaux signalent des caractères sexuels d'ordre chimique et physico-chimique.

SPRECHER (51, 52), dans une étude très poussée, indique que chez *Cannabis sativa*, *Rumex acetosa*, cultivés sur divers engrais (P^2O^5 , azote, K^2O , CaO), une différence de concentration moléculaire ; il y a toujours pour les feuilles et les tiges, une différence de pression d'une demi atmosphère environ en faveur du ♂, le suc des tiges ♂ contenant plus de substances à poids moléculaire élevé. Très prudemment avant de parler de véritable dimorphisme sexuel, SPRECHER fait intervenir la notion d'âge physiologique, les mâles étant au même moment, à un stade de développement plus avancé que les ♀ ; malgré ces réserves, le dimorphisme dans le développement s'exprime ici d'une façon particulière et très précise.

LAURENT (38) établit des relations entre la pression osmotique interne, la structure et le sexe chez quelques plantes dioïques (*Cannabis*, *Mercurialis*). Avec *Mercurialis*, cet auteur trouve que les plants ♂ contiennent moins d'extrait sec que les plants ♀ ; il admet qu'une pression osmotique plus élevée caractérise la ♀, affirmation contraire à celle de SPRECHER. LAURENT admet non seulement « que les troubles osmotiques correspondent à des modifications profondes du chimisme, mais admet que les changements de pression osmotique peuvent influencer sur le sexe ». Si les engrais azotés et calciques augmentent le nombre de pieds ♂, l'acide phosphorique et la potasse, le nombre de pieds ♀, c'est par l'intermédiaire de variations de pression osmotique ; les résultats de cet

auteur ne sont cependant pas concluants, car son étude est insuffisamment poussée et ne suffit pas à justifier son hypothèse.

Dans le domaine de la composition chimique comparée des sexes, quelques résultats intéressants doivent être relatés. KLIE-SICKI (32) trouve plus d'azote uréique dans le sang de l'homme que dans celui de la femme (méthode à l'uréase).

♂ = 10,80 à 17,90% N. uréique.

♀ = 6,24 à 12,90% N. uréique.

Ces résultats sont cependant contestables, car les sujets dont le sang est analysé sont dans un état de santé et de nutrition différent. L'auteur dit avoir trouvé de semblables différences chez le chien et promet de nouvelles recherches en ce qui concerne l'influence de la nutrition ; elles semblent nécessaires pour affirmer la réalité de différences quantitatives chez un produit d'excrétion aussi important que l'urée.

Selon EDLBACHER et RÖTHLER (9), la teneur en arginase des muscles de volaille ♂ est cinq fois supérieure à celle des mêmes muscles chez la ♀. La même différence se retrouve, quoique moins accentuée, chez les mammifères.

La teneur en graisse et en glycogène est différente chez les deux sexes de *Bombyx mori* (VANEY et MAIGNON (63) ; le glycogène est plus abondant chez la femelle adulte ; pour la graisse, c'est l'inverse. Ces différences existent à la montée et s'accroissent à l'état adulte. Les teneurs en glucose, en albuminoïdes, sont égales pour les deux sexes.

Très prudemment, VANEY et MAIGNON ne recherchent pas l'influence de ces facteurs sur la détermination du sexe, mais se demandent quelles sont les différences de nutrition dues à la sexualité.

Il faut encore citer ici les très curieuses expériences de Russo (48, 49, 50) qui croit retrouver dans l'ovule de lapine deux types d'ovules : les uns riches en lécithine, les autres contenant des acides gras libérés par la décomposition du lipoïde ; *le dimorphisme serait donc primitif* et du fait qu'une injection intrapéritonéale de lécithine chez une lapine, augmente le nombre des ♀ d'une portée, Russo conclut que les œufs à lécithine donneraient des ♀, les œufs à acides gras des ♂ ; la lécithine témoigne d'un métabolisme anabolique, les acides gras d'un catabolisme. Ces résultats, obtenus avec un nombre

restreint d'individus, furent vivement critiqués par HAEPE¹, PUNNET² et BASILE³. La question n'est pas résolue.

§ 5. ÉTUDE DU MÉTABOLISME EN GÉNÉRAL.

La mesure du métabolisme et l'établissement des bilans n'est pas aisée, sauf chez les Mucorinées où elle paraît plus facile.

Il est intéressant de noter que ce n'est pas seulement chez les êtres gonochoriques que le sexe est accompagné de caractéristiques métaboliques spéciales ; chez les hermaphrodites, lorsque les deux sexes ont des périodes de maturation différentes, on voit se manifester un métabolisme particulier, selon que l'un ou l'autre des sexes se manifeste. ORTON (44), par exemple, montre que chez *Ostrea edulis*, qui présente, selon SPAERCK, un hermaphroditisme protandrique alternant, le développement des œufs correspond à une phase où le métabolisme des protéines domine, tandis que la formation du sperme correspond à une phase où le métabolisme des hydrates de carbone et surtout du glycogène est prédominant.

MAC ARTHUR et BAILLIE (42) retrouvent chez *Daphnia magna* des différences sexuelles nettes dans l'activité métabolique.

Le métabolisme est plus élevé chez le mâle, jusqu'au moment de la sénescence où le métabolisme de la femelle atteint et dépasse celui du mâle; la longévité varie en raison inverse du taux moyen de l'activité métabolique, ce dernier étant exprimé par le nombre de battement du cœur.

$$\text{♂} = 4,3 \text{ battements} \times 37,8 \text{ jours} = 161,54.$$

$$\text{♀} = 3,7 \quad \text{»} \quad \times 43,8 \quad \text{»} = 162,06.$$

Chez l'homme, les différences sexuelles dans les courbes de croissances sont connues depuis longtemps. BENEDICT et TALBOT (1) signalent que le métabolisme de base, égal chez les deux sexes à la naissance, ne l'est plus dans la suite ; il est de 7% plus élevé chez le garçon que chez la fillette du même âge ; la même différence se retrouve chez les adultes (BENEDICT et EMMES,) (2).

¹ HAEPE. Proceed. Cambr. Philos. Soc., 1908, T. 14.

² PUNNET. Id., 1909, T. 15.

³ BASILE. Rend. Acad. Lincei, 1908, série 5, An. 17.

CONCLUSIONS

Sous le nom de biochimie sexuelle, nous avons compris des caractères généraux, tels que pouvoir réducteur, lipogénèse, qui, se retrouvant chez tous les êtres étudiés, sont véritablement liés au sexe, ainsi que d'autres caractères plus particuliers et qui ne peuvent être mis sur le même plan que les premiers.

Ces caractères isolés sont difficiles à expliquer et on ne sait quelles sont les relations de cause à effets qui les unissent les uns aux autres.

Nous pensons que c'est un travail urgent d'étudier systématiquement les divers groupes animaux et végétaux au point de vue de leur biochimie sexuelle, de distinguer ce qui est lié au sexe, d'une façon générale ou particulière, de ce qui ne l'est pas.

Dans les conclusions générales de la première partie et après avoir étudié les réactions chimiques du sexe, nous dégagerons les lignes générales de cette étude. Nous avons volontairement passé sous silence un des aspects important de la biochimie sexuelle : l'étude comparée des hormones ; l'étude chimique de ces dernières est encore peu avancée.

CHAPITRE III

Les réactions chimiques du sexe

Cette direction de recherches semble, à première vue, être assez éloignée des précédentes ; mais comme nous le verrons, lorsqu'on veut expliquer ces réactions dites spécifiques, on retrouve, en dernière analyse, liées au sexe, des différences chimiques et physico-chimiques, des différences de métabolisme.

La première en date et la plus importante de ces réactions, est celle de MANOÏLOFF ¹. Partant de l'idée très rationnelle que dans l'organisme se trouvent des substances spécifiques ♂ et ♀ (hormones), caractéristiques du sexe, et en conditionnant les manifestations externes, MANOÏLOFF essaie de mettre ces substances en évidence à l'aide d'une réaction caractéristique.

Empiriquement, semble-t-il, il met au point un certain nombre de réactions complexes, dont le résultat s'exprime par une décoloration plus ou moins intense de réactifs colorés.

Les quatre modifications de sa réaction sont choisis parmi 36 modifications étudiées.

Premier type de réaction :

Réactif 1 : eau oxygénée, 1/2%.

Réactif 2 = 8 cc. ninhydrine à 1% et 2 cc. potasse à 10%.

Réactif 3 : violet de méthyle = 1 %.

A 3 cc. de sérum, adjonction de 3 gouttes de R. 1. ; de 5-6 gouttes de R. 2 ; de 2 gouttes de R. 3.

Après mélange et exposition d'un quart d'heure à la température ordinaire, MANOÏLOFF observe que dans le tube contenant le sérum ♂, il y a décoloration, tandis qu'avec le sérum ♀, la décoloration est faible ou nulle. Avec des sérums provenant des bestiaux jeunes, il obtient 70% de résultats exacts. Les bestiaux âgés (castrats), ne donnent pas de réaction typique. Les résultats obtenus avec la volaille sont semblables à ceux que donne le bétail jeune.

Deuxième type de réaction.

Elle est destinée aux érythrocytes dans lesquels l'hormone devrait être plus abondante.

Réactif 1 : permanganate de potasse à 1%.

Réactif 2 : eau oxygénée à 1/2%.

Réactif 3 : acide chlorhydrique à 40%.

Réactif 4 : thiosinamine à 2%.

Réactif 5 : potasse à 10%.

En ajoutant à un mélange formé d'une quantité déterminée de chaque réactif, 1 goutte de solution de dahlia ou de violet de méthyle, MANOÏLOFF observe, avec du sang provenant des réactions

¹ Nous n'avons pu consulter les mémoires originaux de Manoïloff, ainsi que ceux d'un certain nombre de ses collaborateurs. Nous nous référons au mémoire allemand de 1924 (82).

de Wassermann, 70 à 80% de résultats positifs (sur 780 cas) ; les tubes contenant les globules sont ♂ notablement plus décolorés que les tubes avec globules ♀.

Troisième type de réaction.

En se basant sur une observation précédente¹, relatant une faculté de combinaison, une attraction entre le sérum syphilitique et le suc stomacal (...« dass in der Tat eine Bindungsfähigkeit zwischen Magensaft und Luesserum besteht »), MANOÏLOFF met au point une troisième modification avec adjonction de ferment (celui-ci scinderait un complexe protéique et mettrait l'hormone en liberté).

Réactif 1 : Solution aqueuse de papayotine à 1%.

Réactif 2 : Solution alcoolique de dahlia ou de violet de méthyle à 1%.

Réactif 3 : Solution de permanganate de potassium.

Réactif 4 : Solution d'acide chlorhydrique à 40%.

Réactif 5 : Solution de thiosinamine à 2%.

A 3 cc. d'une émulsion d'érythrocytes non chauffés, et après adjonction d'une quantité déterminée de chacun des réactifs, on observe une décoloration de l'émulsion ♂, tandis que l'émulsion ♀ est intacte. Sur 530 cas, MANOÏLOFF a obtenu 86-96% de résultats positifs. L'auteur insiste sur le fait qu'il faut établir la dilution la plus favorable à la différenciation sexuelle ; les cas douteux doivent être repris en modifiant le nombre de gouttes de réactifs. Dans une recherche particulière, il supprime à tour de rôle l'un des cinq réactifs et montre, d'une façon plus précise, qu'il s'agit d'un phénomène d'oxydation en assurant que la papayotine et la thiosinamine seraient les réactifs les plus importants.

Le nombre d'érythrocytes et la teneur en hémoglobine, différents pour les deux sexes, n'influeraient pas sur la marche de la réaction.

En opérant avec un dialysat de l'émulsion, les résultats sont identiques.

STEGLOWA (101), en appliquant cette méthode à 80 cas, obtient 39 résultats concordants (sur 41) pour les ♂, et 38 résultats concordants (sur 39) pour les ♀.

EGOROW (70), sur 16 cas (nombre insuffisant !) obtient 62,5% de résultats positifs.

ISSAEWA (77) fait très justement remarquer qu'avant chaque expérience, il faudrait éprouver les réactifs avec des sangs connus.

¹ MANOÏLOFF. *Centralbl. für Bakt.*, 1912, T. 67.

MANOÏLOFF nous donne encore un quatrième type de réaction (avec adjonction d'aesculine), destiné à déterminer le sexe de l'embryon et obtient sur 436 cas, 88,1% de résultats positifs. (PRETSCHISTENSKY (89), sur 100 cas, obtient 79% de résultats positifs.)

Dans un travail important, GRÜNBERG (76) applique la réaction de MANOÏLOFF à la chlorophylle des plantes dioïques (*Vallisneria* sp., *Urtica dioica*, *Cannabis sativa*, *Populus* sp., *Hippophae rhamnoides*, *Encephalartos villosus* et *longifolius*, *Begonia* sp.). C'est un extrait alcoolique ou acétonique (à 60%) de chlorophylle qui sert de matériel ; le résultat principal est que les réactifs auxquels est ajoutée la chlorophylle ♀, ne sont pas ou partiellement décolorés, tandis que ceux sur lesquels agit la chlorophylle ♂ sont décolorés. GRÜNBERG obtient des résultats positifs avec des fleurs de *Begonia* (pas de chlorophylle !) ; les fleurs ♂ et ♀ donnent des réactions correspondant à leur sexe et, fait plus surprenant encore, le dialysat de l'extrait de fleur de *Begonia* fournit des résultats positifs.

Les résultats de GRÜNBERG furent confirmés par MINENKOW (86).

Nous avons relaté avec quelques détails les résultats obtenus par MANOÏLOFF et son école, car ils ont suscité un grand nombre de recherches. Malheureusement, MANOÏLOFF est beaucoup plus bref en ce qui concerne le chimisme de sa réaction. Il affirme cependant qu'il y a quelque chose de différent entre les deux sexes et que NaF détruit tout ou en partie cette substance « de nature fermentative ». Il constate prudemment qu'un phénomène d'oxydation est en jeu ; dans le violet dahlia doit se faire une transposition moléculaire dont le résultat est la formation d'une leucobase (♂) ; cette transposition n'aurait pas lieu chez la ♀. Il invoque encore la possibilité de l'intervention de la charge électrique des colloïdes et d'un grand nombre d'autres substances de l'émulsion et des réactifs (...und dass viele andere Substanzen der Emulsionen und der Reagentien einen Einfluss ausüben). On ne saurait être plus général ! Il paraît difficile de contester les résultats des observations de MANOÏLOFF ; elles forment un ensemble qui ne laisse pas d'être troublant (résultats positifs avec la chlorophylle et les dialysats) ; mais il en va tout autrement de ses conclusions et de ses interprétations. Avant même d'avoir recherché si les variations dans la décoloration ne sont pas dues à une teneur différente des deux sexes en une même substance connue, il parle de substances spécifiques, d'hormones, de substance de nature fermentative, dont l'action ne s'explique

guère. Malgré la réalité des résultats, les méthodes ont une apparence empirique qui leur enlève de leur valeur.

D'autres auteurs, à l'aide de méthodes chimiques précises, amenèrent une clarté partielle. GALVIALO, WLADIMIROFF, WINOGRADOFF et OPPEL (74) expliquent le mécanisme de la réaction de la façon suivante : en milieu acide, le permanganate de potassium oxyde le colorant ; il y a décoloration ; en présence de substances qui sont plus facilement oxydables que le colorant, la quantité de permanganate ne peut satisfaire aux deux oxydations et le liquide étudié reste coloré ; la thiosinamine servirait à la réduction du peroxyde de manganèse qui se forme en même temps ; la papayotine ne semble pas nécessaire à la réaction. Les substances qui se trouvent en petite quantité dans le sang (acides aminés) n'ont pas d'influence sur la réaction. Avec des liquides biologiques, tels que le lait, le sang, le sérum, la réaction serait presque uniquement conditionnée par les matières protéïques qui utilisent le permanganate. La réaction ne serait donc pas spécifique.

ALTERSBERG et HAKANSON (65) sont tout aussi catégoriques : les enzymes et les hormones ne sont pas responsables de la réaction ; il n'y aurait qu'une propriété banale de réduction du permanganate, qui joue le rôle d'oxydant. Par adjonction d'une petite quantité de ce corps, on aurait une modification du pouvoir réducteur du liquide à étudier. Ces auteurs n'admettent même pas que la plus ou moins grande quantité de substances réductrices contenues dans le sang des deux sexes soit un caractère de différenciation sexuelle et ne retrouvent pas les différences régulières observées par MANOÏLOFF, SATINA et d'autres auteurs. La réaction serait quantitative et non qualitative.

SCHRATZ (93), en faisant des expériences sur les végétaux, arrive à la même conclusion ; il obtient la réaction ♂ ou ♀ en l'absence de tout extrait, en ajoutant aux réactifs des quantités variables de papayotine. SCHRATZ admet dans la réaction la marche suivante : le permanganate oxyde les substances oxydables de l'extrait ; s'il reste un excès de permanganate, le colorant est décoloré. La réaction serait ainsi basée sur les proportions relatives de colorant et de permanganate. A notre avis, ce n'est pas prouver la nullité de la réaction que d'en montrer la relativité. Si les concentrations des liquides organiques et des réactifs sont rigoureusement comparables pour les deux sexes et si les liquides des deux sexes présentent des

résultats différents, un dimorphisme sexuel n'en est pas moins évident. Précisément, SCHMIDT et PEREWOSKAJA (94) fournissent une explication définitive en montrant que le sérum ♀ a un poids spécifique plus élevé que celui du ♂. Le premier contient 8,5% d'albuminoïdes en plus ; ces auteurs ne croient pas qu'à l'origine de la réaction se trouve une substance spécifique, et que la teneur en électrolyte ou le pH jouent un rôle ; si la réaction semble apparemment caractéristique du sexe, c'est uniquement du fait de ce surplus en matières protéïques ; plus le sérum est riche en matière protéïque, plus la quantité de permanganate nécessaire à l'oxydation sera élevée et moins il en restera pour l'oxydation de la matière colorante. Un second phénomène accentue encore les différences sexuelles : le sang ♂ contient 10-15% de globules en plus, si bien que lorsqu'on préparera l'émulsion, il faudra diluer le sang ♂ et de ce fait, la proportion relative de protéïque de sérum ♀ sera augmentée (18-23% de substances organiques en excès chez la ♀).

En dernière analyse, c'est à une différence de pouvoir réducteur qu'il faut attribuer les résultats de MANOÏLOFF. Si l'on ne peut pour l'instant parler de substances spécifiques, il faut néanmoins tenir compte de cet élément du dimorphisme sexuel chimique : la teneur en protéïque différente pour les deux sexes.

FALK et LERBERBLATT (71) estiment la méthode trop compliquée et proposent une simplification ; leur procédé est basé sur l'oxydation de la p-leucaniline incolore en présence de chlorure ferrique et formation de p-rosaniline. La réaction de MANOÏLOFF est vérifiée (parfois avec des résultats inverses !) sur le matériel suivant : extraits d'ovaire et de testicule, sang de mouton, sang humain ; feuilles de *Salix*, *Ginkgo*, *Diospyros*, *Ailanthus*.

PERKINS (88) en appliquant les différents tests biochimiques du sexe au crabe sacculinisé trouve que le ♂ parasite présente toujours, les réactions ♀, que la morphologie soit modifiée ou non ; avec *Cancer*, *Carcinus*, *Homarus*, *Pandulus*, *Gammarus* (états sexuels, de nutrition, de parasitisme différents), *Mercurialis annua*, il essaie l'action directe de l'extrait sur la p-rosaniline : la ♀ est la plus réductrice ; il essaie également l'oxydation de la p-leucaniline en présence d'une petite quantité de substance oxydante (eau oxygénée) et de l'extrait, de même qu'en présence d'un excès d'oxydant ; enfin il détruit la p-rosaniline par le permanganate de potassium, en

présence de l'extrait de tissu ; dans ce dernier cas, le permanganate se combine avec les substances réductrices de l'extrait, plus abondantes chez la ♀ ; le colorant sera plus rapidement détruit avec l'extrait ♂, puisque le permanganate restant sera en plus grande quantité ; l'excès de permanganate est détruit par un agent réducteur : thiosulfate de sodium, thiocarbamide d'allyle. Dans cette dernière réaction, les phénomènes sont les mêmes que dans la réaction de MANOÏLOFF.

Un certain nombre de travaux infirment ou confirment les idées et les théories de MANOÏLOFF.

CALISTO (67), ne retrouve pas avec le sang de cobaye de réaction liée au sexe.

FERREIRA DE MIRA (72, 73) reprend l'hypothèse d'une action de substances réductrices, mais, chez le lapin, n'observe pas de différences sexuelles dans la coloration.

Les constatations les plus intéressantes sont celles de SATINA et BLAKESLEE.

En 1925, SATINA et DEMEREC (97) appliquent les tests de MANOÏLOFF aux êtres suivants : souris, mouton, pigeon, *Drosophila viridis*, *Cladocera* sp. *Salix* sp., et obtiennent des résultats positifs. Ils insistent sur le fait que si l'on prend pour les extraits de l'alcool à plus de 60° et que l'on laisse reposer plus de 24 heures, l'enzyme est détruite (otherwise the enzyme which produce the reaction are likely to be destroyed). Ces auteurs ne semblent donc pas admettre que la réaction soit basée sur une propriété réductrice banale.

SATINA (95) applique sa méthode aux crustacés : *Daphnia*, *Moïna*; BLAKESLEE et SATINA (55) l'éprouvent avec *Rhamnus cathartica*; ils obtiennent des résultats conformes aux prévisions ; les résultats fournis par la méthode de MANOÏLOFF concordent avec : 1) la réduction du permanganate de potasse ; 2) la réduction des sels de tellure. Dans 172 cas (19 espèces, 14 genres), ces auteurs obtiennent 91,9% de résultats positifs ; plantes testées : *Salix discolor*, *Salix Babylonica*, *Populus balsamifera*, *Sassafras*, *Myrica carolinensis*, *Rhamnus cathartica*, *Ailanthus glandulosa*, *Morus*, *Cannabis sativa*, *Rumex acetosella*, *Arisaema tripyllum*, *Melandrium album*, *Rhus copalina*, *glabra*, *Humulus lupulus*, *Marchantia*.

C'est l'alcool à 60% qui donne les extraits les plus favorables à la réaction.

Avec *Rhamnus cathartica* (57), le pouvoir réducteur vis-à-vis du permanganate de potassium concorde avec les indications fournies par la réaction de MANOÏLOFF.

Sur 120 cas (13 genres) : *Rhamnus*, *Rumex*, *Celastrus*, *Myrica*, *Sassafras*, *Morus*, *Smilax*, *Salix*, *Acer*, *Populus*, *Fraxinus*, *Melandrium*, *Spinacia*, les résultats se disposent de la façon suivante :

	KMnO ³	Manoïloff
Résultats +	85 %	85 %
» —	13,3 %	10 %
» ?	1,7 %	5 %

En ce qui concerne les résultats positifs, la concordance est complète.

Le stade de développement des végétaux au moment de l'expérience a une grande importance ; pendant la floraison, les différences sexuelles exprimées par la réaction sont plus faibles que trois ou quatre semaines après la floraison, époque à laquelle elles semblent le plus intensément marquées.

Cas particulier des Mucorinées.

La réaction de MANOÏLOFF prend dans ce cas une signification particulière, puisqu'elle servira à déterminer le sexe des formes hétérothalliques. Avec 108 races (18 espèces, 8 genres) :

Phycomyces.

Rhizopus nigricans.

Syncephalastrum.

Cunninghamella Bertholletiae.

Circinella spinosa, umbellata.

Absidia glauca, Blakesleana.

Parasitella.

Mucor Mucedo, griseo-cyanus, hiemalis, Mucor D., N., IV, V, VII, H.,

SATINA et BLAKESLEE (98) observent que ce sont les races (+) qui, dans 94,5 % des cas, manifestent le pouvoir réducteur le plus élevé et qui donnent une réaction femelle ; ce sont également les races (+) qui, nous l'avons signalé précédemment, témoignent vis-à-vis des sels de tellure et du permanganate de potassium, du pouvoir réducteur le plus élevé. Par analogie, SATINA et BLAKESLEE

attribuent le sexe femelle aux races (+) ; le témoignage de la réaction de MANOÏLOFF s'ajoute à d'autres caractères : pouvoir réducteur, grandeur du progamétange (+). Nous montrerons que d'autres caractéristiques biochimiques (graisses en particulier) confirment la validité de ces conclusions.

Dans l'état actuel de la question, deux opinions sont en présence : la réaction de MANOÏLOFF serait basée sur l'existence de substances spécifiques, de nature hormonale ou enzymatique ; cette réaction serait qualitative, les corps spécifiques seraient différents pour chaque sexe. C'est l'opinion de MANOÏLOFF et de son école ; leurs assertions sont théoriques et pour l'instant la réalité de l'existence de ces substances spécifiques n'est pas démontrée. Pour d'autres auteurs, la réaction n'est pas spécifique, elle est quantitative ; elle s'explique si l'on tient compte du pouvoir réducteur différent de sexes, la ♀ l'étant plus que le ♂ ; cette explication simple paraît plus certaine encore si l'on tient compte du fait de la teneur en protéïques plus élevée dans le sang ♀ ; le pouvoir réducteur élevé de la ♀ n'est donc pas théorique, mais réellement démontré.

Cette manière d'envisager la question nous paraît rationnelle et nous y souscrivons ; mais le fait d'admettre le pouvoir réducteur de substances *connues* ne sous-entend pas que des substances spécifiques — dont l'existence reste à démontrer — ne puissent pas prendre part à la réaction. La réaction de MANOÏLOFF n'apparaît plus comme une réaction spécifique mystérieuse, mais comme un nouveau témoignage du dimorphisme sexuel biochimique.

Ses résultats s'accordent avec ceux d'autres auteurs, comme JOYET-LAVERGNE qui, par d'autres méthodes et par des voies moins détournées, ont mis en évidence le pouvoir réducteur élevé de la femelle. Il est curieux de constater qu'avec ces méthodes extraordinairement compliquée, MANOÏLOFF arrive aux mêmes conclusions que d'autres auteurs.

Ce pouvoir réducteur apparaît comme un élément fondamental du dimorphisme biochimique ; il confirme expérimentalement et dans ses grandes lignes, l'idée théorique de l'anabolisme femelle, car on admet que les réactions de réduction sont surtout des réactions de synthèse, les réactions d'oxydation, au contraire, sont des réactions de destruction, de désagrégation.

Il faut cependant remarquer que si le pouvoir réducteur caractérise la femelle d'une façon très générale, les substances auxquelles

est dû ce pouvoir réducteur sont différentes : glutathion pour JOYET-LAVERGNE, matières protéïques lors de la réaction de MANOÏLOFF ; SATINA et BLAKESLEE supposent que la réduction du permanganate et la réaction de MANOÏLOFF ne sont pas dues à la même substance.

L'étude de cette question est trop peu avancée pour être résolue par ces comparaisons ; d'ailleurs, chez une même espèce, le pouvoir réducteur peut être dû à *plusieurs* corps.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

En conclusion, les faits essentiels qui ressortent de cet exposé sont les suivants :

1) Le dimorphisme sexuel biochimique est facile à mettre en évidence chez les Mucorinées.

2) A l'aide de méthodes physico-chimiques et chimiques, on peut observer, sur les cellules sexuelles en particulier, des différences de composition, tant qualitatives que quantitatives, et établir des relations de cause à effet entre divers caractères étudiés.

3) Un certain nombre de faits épars, encore inexplicés et sans relation entre eux, mettent en évidence des dissemblances d'ordre biochimique.

4) A la base du dimorphisme biochimique se trouvent des caractères fondamentaux, tels que pouvoir réducteur qui impriment au métabolisme de chaque sexe une allure particulière.

5) Le dimorphisme dit biochimique porte sur des caractères quantitatifs : quantité plus élevée d'un constituant chez un sexe, ainsi que sur des caractères généraux de métabolisme : courbes de croissance, métabolisme de base, durée d'existence, préférences alimentaires, etc.

6) Il n'existe pas de réaction spécifique du sexe ; les réactions considérées comme telles sont basées sur un dimorphisme biochimique quantitatif.

7) L'idée générale du pouvoir réducteur élevé chez la femelle, s'accorde avec la conception de l'anabolisme femelle.

La question la plus délicate est celle qui concerne les relations entre les théories et faits dictés par l'étude du métabolisme et les conceptions basées sur l'étude des chromosomes sexuels.

Depuis MAC CLUG (1902)¹ qui, le premier, a établi une relation entre le chromosome particulier (idiosome) et l'état sexuel, un grand nombre de recherches ont établi qu'il existe un rapport causal entre le chromosome sexuel et le sexe ; mais il reste à préciser quel est le sens de ce rapport : idiosome déterminant le sexe de l'être vivant ou état sexuel préétabli, de nature inconnue, conditionnant la distribution du chromosome sexuel, ce dernier n'étant qu'une manifestation secondaire. Malgré que certains auteurs admettent l'hypothèse non prouvée de la détermination chromosomique du sexe, il semblerait plutôt que le chromosome sexuel soit résultant et non déterminant.

ORTON (44) admet que les chromosomes sexuels imposent au métabolisme propre de chaque espèce un métabolisme particulier auquel les gonocytes répondraient en se transformant en oocytes ou spermatocytes.

SCHAFFNER,² en se basant sur le fait qu'un changement de métabolisme conditionne une réversion du sexe, affirme que ce dernier n'est pas lié aux chromosomes et qu'il faut abandonner l'idée de la détermination chromosomique du sexe ; la sexualité est avant tout physiologique. GOLDSCHMIDT³ croit que l'étude du métabolisme, malgré son caractère quantitatif, ne fait pas comprendre la détermination du sexe.

Avant de recommander le rejet de la théorie du chromosome sexuel déterminant, il faudrait d'abord prouver son bien-fondé. Or, l'étude des idiosomes, chez les végétaux surtout, est très peu avancée (ALLEN⁴, SANTOS⁵, BLACKBURN⁶, KIHARA⁷). Nous ne voyons pas sur quel fait il faut se baser pour opposer des caractères nucléaires, chromosomiques, aux caractères de métabolisme qui semblent avant tout cytoplasmiques. Il existe une relation de causalité, dont le sens n'est pas connu, entre le chromosome et l'état sexuel ; il en existe probablement un entre le sexe et l'activité métabolique, mais il n'y a aucun rapport expérimental entre le chromosome et le métabolisme. Ce n'est que lorsque les deux conceptions auront des points expérimentaux communs

¹ MAC CLUG. *Biol. Bull.*, 1903, T. 3.

² SCHAFFNER. *Amer. natur.*, 1927, T. 61, p. 319.

³ GOLDSCHMIDT. *Science*, 1927, T. 66, p. 596.

⁴ ALLEN. *Science*, 1917, T. 47, p. 466. — *Proc. Amer. philos. Soc.*, 1919, T. 58, p. 298. — *Genetics*, 1925, T. 10, p. 72.

⁵ SANTOS. *Bot. Gaz.*, 1923, T. 75, p. 43.

⁶ BLACKBURN. *Nature*, 1923.

⁷ KIHARA. *Bot. Mag.*, 1923, T. 37.

qu'on pourra les confronter au point de vue de leur valeur dans la détermination du sexe. CAULLERY (*b*), il est vrai, cherche à établir un rapport entre les caractères chromosomiques et le métabolisme des sexes : l'intensité du métabolisme pourrait être liée à la quantité de chromatine ; le dimorphisme serait en faveur de la ♀ qui possède plus de chromatine et a une activité métabolique plus grande. On peut objecter à cette hypothèse ingénieuse que c'est pas toujours la ♀ dont la chromatine est la plus abondante et que, d'autre part, d'après les données actuelles, les différences sexuelles dans le métabolisme semblent surtout conditionnées par le cytoplasme. Mais il n'est pas impossible que le noyau agisse directement ou non, sur le métabolisme.

Il nous paraît préférable de considérer les chromosomes sexuels comme une manifestation essentielle du dimorphisme sexuel, comme un moyen commode pour suivre jusque dans l'intimité des tissus la répartition des sexes. De même, les différences métaboliques sont une autre manifestation de ce dimorphisme ; celui-ci ne doit pas se manifester seulement morphologique, cytologique et nucléaire, mais à l'échelle micellaire et moléculaire.

Caractères chromosomiques et caractères du métabolisme sont deux manifestations d'un état interne, le différentiel sexuel sur lequel nous ne savons rien.

Nous estimons que la biochimie sexuelle doit actuellement être étudiée pour elle-même, en dehors de toute idée de finalité ; elle doit être avant tout quantitative. Elle représente un aspect différent du problème de la sexualité et permettra de connaître, d'une façon plus intime, la nature même de la sexualité, l'étude chimique résultant, comme le dit DUCLAUX, de toute étude approfondie du problème biologique.
