

THESES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

RECHERCHES

SUR

LES PHÉNOMÈNES CHIMIQUES

DE L'ÉVOLUTION EMBRYONNAIRE

DES OISEAUX ET DES BATRACIENS;

Par A. BAUDRIMONT.



PARIS,

IMPRIMERIE DE BACHELIER.

RUE DU JARDINET, 12.

ACADÉMIE DE PARIS.

FACULTÉ DES SCIENCES.

MM. DUMAS, doyen, BIOT, FRANCOEUR, DE MIRBEL, PONCELET, POUILLET, LIBRI, STURM, DELAFOSSÉ, LEFÉBURE DE FOURCY, DE BLAINVILLE, CONSTANT PRÉVOST, AUGUSTE SAINT-HILAIRE, DESPRETZ, BALARD, MILNE EDWARDS, CHASLES, LE VERRIER.	} Professeurs.
DUHAMEL, VIEILLE, MASSON, PELIGOT, DE JUSSIEU, HERVÉ DE LA PROVOSTAYE, BERTRAND, PAYER.	} Agrégés.

THÈSE DE CHIMIE.

RECHERCHES

sur

LES PHÉNOMÈNES CHIMIQUES

DE L'ÉVOLUTION EMBRYONNAIRE

DES OISEAUX ET DES BATRACIENS ⁽¹⁾;



Introduction.

Les phénomènes de l'évolution embryonnaire des animaux sont nombreux et variés. Ils se trouvent d'ailleurs reliés par une mutualité qui les place sous une telle dépendance les uns des autres, que nous avons dû les aborder dans leur ensemble, aux divers points de vue de l'anatomie, de la physiologie et de l'organogénie. Il est résulté de nos observations, qu'elles se sont éclairées mutuellement, et que pas un fait nouveau n'a été observé dans une de ces branches des sciences naturelles sans conduire

(1) Extrait du Mémoire de MM. A. Baudrimont et Martin-Saint-Ange, qui a remporté le grand prix des Sciences physiques, proposé par l'Académie des Sciences, pour l'année 1846.

à de nouvelles recherches et à de nouveaux résultats dans les autres branches. Il ne sera question dans ce Mémoire que d'une partie de nos recherches physiologiques : celles relatives à l'influence des circonstances sur l'évolution embryonnaire.

Si les êtres qui forment la partie accessible du globe que nous habitons se divisent immédiatement en deux groupes fort distincts, ceux doués d'organes, caractères de la vie, et ceux qui en sont dépourvus, il n'est pas moins évident qu'il existe entre ces êtres une relation intime due à la nature matérielle des éléments qui les constituent les uns et les autres. La matière possédant des propriétés, soit statiques, soit dynamiques, qui l'accompagnent partout où elle se trouve engagée, il en résulte que les êtres vivants, parfaitement distincts des corps bruts, par cela même qu'ils sont vivants, ne possèdent pas moins un grand nombre de propriétés qui leur sont communes avec ces derniers corps : c'est ainsi qu'ils sont pesants, élastiques, et qu'ils ont une forme limitée dans l'espace par le concours de plusieurs forces qui se tiennent en équilibre.

Les phénomènes dynamiques, observés chez les corps bruts, sont essentiellement mécaniques, ou physiques, ou chimiques, selon qu'ils sont relatifs à des masses plus ou moins considérables ou aux éléments les plus intimes qui constituent ces dernières. Par une conséquence de ce qui précède, on observe chez les êtres vivants des phénomènes mécaniques, comme les mouvements des animaux; des phénomènes physiques, comme ceux présentés par les organes de la vision ou de l'audition; et des phénomènes chimiques, comme ceux de la nutrition ou de la respiration. Cela étant, il devient évident que la mécanique, la physique et la chimie peuvent être d'un secours immense pour étudier certains ordres de phénomènes physiologiques.

La chimie n'est certainement point appelée à créer des

êtres vivants, ni les organes, ni même les éléments des organes de ces êtres : ce n'est point là son rôle; mais il est évident qu'elle possède des méthodes d'investigation toutes spéciales, propres à l'étude de la constitution des êtres organiques et d'une partie des phénomènes qu'ils présentent. Sans ces méthodes, les meilleurs observateurs et les hommes les plus profonds n'auraient pu qu'inventer des hypothèses plus ou moins spécieuses, plus ou moins vraisemblables; hypothèses qui n'auraient jamais eu pour elles le caractère d'une vérité démontrée, et qui, par cela même, n'auraient pu servir à l'avancement de la science, puisqu'elle ne peut progresser qu'en allant du connu à l'inconnu, et en s'appuyant sur des vérités irrécusables.

C'est sans doute pénétrée de cette pensée, que l'Académie a mis au concours la question suivante : *Déterminer par des expériences précises quelle est la succession des changements chimiques, physiques et organiques qui ont lieu dans l'œuf pendant le développement du fœtus chez les Oiseaux et les Batraciens.* C'est pour répondre à une partie de cette question, que les expériences qui font partie de ce Mémoire ont été entreprises.

Non-seulement les métamorphoses qui surviennent dans l'œuf fécondé et soumis à l'incubation, métamorphoses qui semblent se rattacher à notre propre origine et nous en dévoiler les mystères, sont dignes par elles-mêmes d'attirer l'attention au plus haut degré; mais elles méritent encore un intérêt bien puissant, par cela même qu'elles sont liées intimement avec les phénomènes de la nutrition observés chez les animaux adultes.

La nutrition des animaux, quoique peu compliquée en apparence, puisqu'au premier abord elle paraît pouvoir être représentée par une équation dans laquelle seraient, d'un côté, tous les aliments, et, de l'autre, la partie de ces aliments qui se trouverait assimilée et celle qui se trouverait éliminée, n'offre pas moins d'immenses difficultés à

celui qui veut l'aborder dans son ensemble. Il est évident qu'il suffit de déterminer deux de ces trois éléments pour en déduire le troisième : par exemple, en tenant compte des aliments et des produits excrétés, on peut facilement connaître les produits assimilés. Chez l'œuf fécondé soumis à l'incubation, le problème de la nutrition paraît plus simple à résoudre ; car les aliments et leur produit organisé se trouvent renfermés sous la même enveloppe : il suffit donc de prendre un œuf à deux époques différentes de l'incubation, d'apprécier s'il perd et s'il gagne quelque chose pendant ce temps, et d'en tenir compte.

Cette partie du problème a été résolue d'une manière assez satisfaisante, en opérant sur les œufs des oiseaux ; mais il restait encore d'autres parties non moins importantes qui ont été l'objet d'un grand nombre d'expériences, et qui n'ont point encore été suffisamment approfondies jusqu'à ce jour.

Le développement organique des Batraciens a été aussi l'objet d'observations et d'expériences qui ont donné des résultats analogues à ceux observés chez les oiseaux.

L'étude chimique des modifications qui surviennent dans l'œuf fécondé soumis à l'incubation avait à peine été l'objet des investigations de quelques expérimentateurs, et laissait ainsi un champ vaste et nouveau à explorer.

On avait observé depuis longtemps que les poids absolu et spécifique des œufs changeaient pendant l'incubation : Geoffroy Saint-Hilaire est le premier qui ait déterminé la variation du poids absolu avec quelque exactitude. En 1825, MM. Prévost et Dumas ont fait des expériences sur le même objet, en opérant sur des œufs fécondés et non fécondés. Ces savants affirment que *cette perte de poids provient en grande partie de l'eau qui s'est évaporée, et que le reste est dû à la transformation d'une certaine quantité de carbone en acide carbonique* ; mais ils ne font point connaître les expériences qu'ils ont entreprises pour obtenir ce résultat. (*Annales des Sciences naturelles*, t. IV, p. 48.)

En novembre 1837, M. Chevreul, dans des *considérations générales et inductions relatives à la matière des êtres vivants*, dit : *Entre la germination et le développement du germe dans l'œuf, il y a ce rapport, qu'une certaine température et le contact de l'oxygène atmosphérique sont indispensables, et cette différence, que la plupart des graines ne germent qu'en prenant de l'eau au dehors ; tandis que les œufs, au moins ceux des oiseaux, contiennent une plus grande quantité de liquide qu'il n'en faut pour le développement du germe. En effet, d'après mes expériences, ils en perdent un cinquième environ, terme moyen, pendant l'incubation. Le jeune végétal trouve dans la graine, comme le jeune animal dans l'œuf, tout ce qui est nécessaire à son développement, sauf la température, le gaz atmosphérique, et, pour la germination, l'eau qui vient du dehors....* Pas plus que MM. Prévost et Dumas, M. Chevreul n'a fait connaître les expériences qui lui ont donné de tels résultats.

En 1842, à la fin de son *Essai de statique chimique des êtres organisés*, M. Dumas publie des expériences faites en 1822 avec M. Prévost, qui le conduisent à admettre que, *pendant le développement du poulet contenu dans l'œuf, il y a une perte réelle de matière organique, et qu'il ne se produit pas de matière minérale.* Ce sont sans doute ces expériences qui ont donné lieu aux assertions publiées en 1825.

MM. Schwann et Magnus ont toutefois entrepris des expériences par lesquelles ils ont démontré l'indispensable nécessité de la présence de l'air pendant l'incubation des œufs des oiseaux.

Après ces observations si précises, on ne peut que grouper des faits mal observés et qui offrent les contradictions les plus choquantes. Erman affirme avoir opéré l'incubation dans des gaz irrespirables ; et, d'autre part, M. Bischoff et

M. Dulk ont reconnu que la chambre à air renfermait un gaz contenant jusqu'à 0,27 d'oxygène. M. Wagner, qui reconnaît la fonction respiratoire de l'allantoïde, veut concilier ces faits plutôt que d'admettre la possibilité d'une erreur d'observation. M. Prout (*Philosophical Transactions*, 1822) admet, à la suite d'expériences, que la quantité de chaux contenue dans l'œuf est plus grande après qu'avant l'incubation. Cela est vrai si l'on rapporte la quantité de chaux à l'œuf pris avant ou après l'incubation, et si l'on ne tient pas compte de la perte de poids éprouvée par ce dernier; cette observation a d'ailleurs été discutée par M. Berzelius, qui a indiqué l'origine probable de l'erreur de M. Prout.

Le résumé historique qui vient d'être exposé fait voir que quelques points à peine de l'étude des phénomènes chimiques de l'incubation ont été élucidés; mais qu'il importait de la reprendre sous divers points de vue pour en obtenir la confirmation, et qu'en réalité presque tout était encore à faire. En effet, il fallait d'abord étudier l'influence que les agents ambiants exercent sur l'œuf pendant l'incubation, voir si l'air y pénétrait, s'il s'y trouvait modifié; en un mot, ce qu'il perdait et ce qu'il gagnait pendant la durée de ce phénomène. Après cette première étude, il restait encore à rechercher les modifications survenues dans la nature des éléments organiques contenus dans l'œuf, et c'est là évidemment une des questions les plus dignes d'intérêt: en un mot, quelles sont les modifications successives que les éléments organiques contenus dans l'œuf des oiseaux, albumine et matières grasses, éprouvent sous l'influence de la fécondation et de l'incubation; comment s'opère le passage d'un élément dans un autre; quels sont les éléments organiques simplement modifiés ou si profondément altérés, qu'ils semblent être le résultat d'une véritable création. La répartition de la matière anorganique ou

incombustible méritait aussi d'attirer l'attention, car elle joue un rôle immense et modifie profondément les propriétés des tissus qu'elle ne fait que pénétrer.

Après avoir étudié les œufs qui subissent leur incubation dans l'air, il restait à les comparer avec ceux qui la subissent dans l'eau. On verra, dans ce travail, que ces derniers réclament les mêmes influences que les premiers. De l'étude attentive des principaux phénomènes de l'évolution embryonnaire, il est résulté que les fonctions de plusieurs organes des animaux, soit temporaires, soit persistants, ont été déterminées avec une grande précision, et que, par la nature même de ce travail qui exigeait que les faits fussent étudiés dès leur origine, il est résulté une plus grande simplicité et, par suite, une analyse plus complète qui a permis de les embrasser dans toute leur étendue, à partir du moment de leur première apparition jusqu'à leur entier développement chez l'être complet et adulte. C'est ainsi que la respiration, la formation du squelette et, en général, celle de tous les éléments organiques ont pu être comparées dans toute l'étendue de la vie d'un animal, depuis l'état embryonnaire jusqu'à son développement complet, et, par suite, dans toute l'échelle animale. Dans le grand travail dont celui-ci n'est qu'un extrait, on verra d'ailleurs que toutes les modifications de forme des éléments organiques et l'évolution des organes ont été étudiées en même temps, et qu'une fois qu'un fait a été bien établi, il a conduit à de nouvelles recherches faites dans un but déterminé : c'est ainsi que la fonction respiratoire de l'œuf étant bien démontrée, nous avons été conduits à rechercher la structure de la coquille des œufs aériens, comment l'air y pénétrait, et, par suite, à étudier la perméabilité des enveloppes muqueuses des œufs aquatiques des batraciens.

PREMIÈRE PARTIE.**INFLUENCE DES CIRCONSTANCES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES
EMBRYONS DES ANIMAUX OVIPARES.**

Les phénomènes de l'évolution embryonnaire, dépendant non-seulement de la nature intrinsèque des œufs, mais bien encore des circonstances dans lesquelles ils se trouvent placés, nous avons dû porter notre attention sur ces deux ordres de choses. Nous commençons par l'étude des circonstances.

EXPÉRIENCES RELATIVES AUX ŒUFS AÉRIENS.**ŒUFS DES OISEAUX.**

Les conditions nécessaires au développement de l'embryon contenu dans les œufs aériens, sont : la fécondation, une température déterminée, la présence d'une certaine quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère et celle de l'air respirable. Désirant n'attirer l'attention que sur les phénomènes chimiques de l'incubation, il ne sera point question ici de la fécondation.

Influence de la température.

L'influence d'une température déterminée et suffisamment élevée pour que l'évolution embryonnaire des œufs des oiseaux s'opère, a été reconnue nécessaire depuis les temps les plus reculés. Les Égyptiens sont parvenus à faire éclore des poulets dans des fours entretenus à une douce température. Réaumur, qui a fait une longue étude de cette question au point de vue de l'économie industrielle, a fixé cette température au 32° degré de son thermomètre, degré qui correspond au 40° du thermomètre centigrade à mercure dont on se sert actuellement. Il résulte de nos expériences, que c'est effectivement bien cette tem-

pérature qui convient à l'incubation. Dans les nombreux essais que nous avons faits dans des étuves, nous avons vu que cette température reproduisait le phénomène naturel de la manière la plus exacte et la plus complète. Si la température s'abaisse jusqu'au 38° degré, les phénomènes de l'évolution embryonnaire ont encore lieu, mais ils se succèdent plus lentement; à une température inférieure à 38 degrés, ils s'arrêtent. Si la température s'élève, l'évolution est plus rapide. On peut atteindre le 42° degré sans faire périr les embryons; mais on ne peut dépasser cette température sans obtenir un effet contraire, c'est-à-dire sans arrêter tous les phénomènes vitaux.

Nous avons observé un phénomène assez singulier et inconnu jusqu'à ce jour : c'est qu'à une température d'environ + 50 degrés, continuée pendant un temps assez long il est vrai, l'albumine s'opacifie et subit ainsi un commencement de coagulation. On admet généralement que ce phénomène n'a lieu qu'à + 70 degrés. Ceci est vrai; mais il faudra admettre maintenant que c'est lorsqu'on opère d'une manière brusque; car, comme cela vient d'être dit, en opérant lentement, la coagulation peut avoir lieu à une température beaucoup plus basse.

Nous ajouterons ici, sans en faire un chapitre particulier, ce que l'on sait d'ailleurs, que les phénomènes de l'incubation, comme ceux de la germination, peuvent avoir lieu sans le concours de la lumière.

Influence de l'humidité atmosphérique.

Les expériences nombreuses et variées que nous avons faites sur l'incubation des œufs des oiseaux nous ont permis de constater que la présence d'une certaine quantité d'eau dans l'atmosphère était indispensable pour qu'elle eût lieu.

Si l'on fait couvrir des œufs dans un vase clos, l'air qu'il contient se trouve bientôt complètement saturé de vapeur à la température où l'on opère, la transpiration de l'œuf se

trouve supprimée, et l'embryon qu'il renferme périt infailliblement dans un temps qui varie selon la capacité du vase.

Nous nous sommes assurés de l'exactitude de ce résultat en faisant passer dans l'étuve un courant d'air saturé d'eau, afin d'être bien certain que ce n'était pas le manque d'air qui était cause de l'accident observé. D'une autre part, si l'on cherche à déterminer l'incubation dans un appareil fermé de toutes parts, où l'on a placé un vase contenant de l'acide sulfurique concentré et où l'on établit un courant d'air desséché par le même agent, les embryons des œufs déjà couvés par une poule y périssent en peu de temps. Dans ce cas, la transpiration de l'œuf dépasse de beaucoup les limites de la transpiration normale, et c'est sans aucun doute la cause qui les fait périr.

L'air desséché par le chlorure calcique, dans les circonstances qui viennent d'être indiquées, ne fait pas périr les embryons aussi rapidement que celui qui a été desséché par l'acide sulfurique concentré; mais il les tue infailliblement.

Tous ces faits, et l'explication que nous leur donnons, sont démontrés d'une manière évidente par la perte de poids éprouvée par les œufs. On sait d'ailleurs que cette perte de poids a déjà été déterminée par Geoffroy-Saint-Hilaire, MM. Dumas et Prévost, M. Chevreul et le docteur Prout. Nous avons répété les expériences de ces savants, et nous avons vu en outre que, dans le cas où l'atmosphère est très-humide, la perte de poids des œufs, dans un temps et à une époque de l'incubation donnés, est de beaucoup inférieure à celle qui a lieu dans les circonstances ordinaires. Dans l'air desséché par le sulfate hydrique, au contraire, cette perte est beaucoup plus considérable, et telle, qu'en continuant l'expérience, l'œuf serait complètement desséché avant que le temps nécessaire à l'incubation fût écoulé.

Des expériences que nous avons faites, et que nous rapporterons plus tard, nous ont démontré que l'enveloppe

calcaire des œufs des oiseaux avait principalement pour but, non-seulement de leur donner une certaine solidité, mais de régulariser et de modérer l'évaporation du liquide aqueux qu'ils renferment.

Nous devons avouer que ce n'est qu'après beaucoup de tâtonnements que nous sommes parvenus à opérer l'incubation dans des appareils fermés, et que la plus grande difficulté que nous ayons rencontrée a été d'entretenir l'air des appareils dans un état d'humidité convenable. Nous nous sommes enfin arrêtés à l'emploi du sel marin ordinaire desséché, comme corps hygroscopique, qui a parfaitement réussi.

Nous croyons devoir placer ici le tableau des observations que nous avons faites sur la perte de poids des œufs pendant l'incubation, en opérant sur trois couvées. Les résultats ont été obtenus en ne pesant qu'un seul œuf à la fois; car, malgré toutes précautions possibles, on ne pouvait enlever en même temps tous les œufs placés sous une poule sans l'empêcher de couvrir.

Tableau de la perte de poids éprouvée par les œufs pendant l'incubation naturelle.

JOURS.	PERTE.	JOURS.	PERTE.
1.....	0,00760	9.....	0,03422
2.....	0,01299	9½.....	0,05434
3½.....	0,01595	10½.....	0,05792
4.....	0,01679	11½.....	0,06002
4½.....	0,01908	12½.....	0,07124
5.....	0,02384	13½.....	0,07325
5½.....	0,02582	14½.....	0,09500
6½.....	0,03477	16.....	0,07340
8½.....	0,04732	16.....	0,10670
8½.....	0,04011	19.....	0,14596
9.....	0,04693	21.....	0,13755
9.....	0,03058	Poulet criant, coq. percée.	0,15955

Les pertes éprouvées par les œufs pendant l'incubation ne se suivent pas avec régularité. Cela tient à ce que tous les œufs d'une même couvée ne sont pas également avancés, parce qu'ils ne sont pas tous soumis à une égale influence de la part de la mère, malgré le soin qu'elle a de les déplacer et de les retourner. Cela devient évident si l'on songe qu'il peut y avoir jusqu'à trois jours d'intervalle entre le premier poulet d'une couvée qui apparaît, et le dernier.

Des observations faites sur des œufs, qui ne sont point inscrites dans le tableau précédent, ont démontré que, lorsque la perte était très-inférieure à celle qui résulte des observations précédentes, les œufs étaient fort en retard ou n'étaient point fécondés. Cette seule observation suffirait pour établir que la perte de poids éprouvée par les œufs est une chose nécessaire, et qu'elle doit avoir lieu dans de certaines limites.

Huit œufs, pesant ensemble $523^{\text{gr}},60875$, ont été abandonnés à eux-mêmes à une température de $+ 15$ à $+ 17$ degrés pendant cinq jours, et ont perdu $2^{\text{gr}},18775$; ce qui établit, pour chaque œuf, une perte égale à $0,00082$ par jour, ou environ le huitième de celle qui a lieu pendant l'incubation.

La perte moyenne de poids éprouvée par les œufs dans une atmosphère saturée d'humidité à une température de $+ 37$ à $+ 40$ degrés, a toujours été supérieure à $0,00082$, et toujours inférieure à la moitié de celle qui a lieu pendant l'incubation normale.

Dans une atmosphère privée d'humidité par l'acide sulfurique, la perte journalière éprouvée par un œuf varie de $0,014$ à $0,018$, et est au moins le double de la perte normale.

Il résulte des observations précédentes que la perte de poids éprouvée par les œufs pendant l'incubation est un phénomène nécessaire à l'évolution organique et à la transformation des matériaux alimentaires en tissus déterminés.

On verra, dans l'article suivant, que la perte de poids éprouvée par les œufs est due, non-seulement à une perte d'eau, mais aussi à une perte d'azote, et qu'elle n'est qu'une perte apparente, parce qu'en même temps il y a une absorption d'oxygène qui la diminue d'une quantité notable. La véritable perte est donc égale à la perte observée, plus le poids de l'oxygène absorbé.

Influence de l'air.

L'intervention de l'air dans le phénomène de l'incubation est demeurée inconnue jusque dans ces derniers temps. Quelques physiologistes ont tenté des expériences dont les résultats contradictoires laissaient beaucoup à désirer. Cuvier attachait une grande importance à la solution de cette question et a témoigné le désir qu'on s'en occupât. Convaincu que l'étude de ce phénomène était effectivement de la plus haute importance pour la physiologie générale, nous nous y sommes appliqués pendant quatre années consécutives, et nous avons constamment varié nos expériences, afin d'obtenir des résultats aussi complets que possible.

Non-seulement nous avons constaté la nécessité de l'intervention de l'air pendant l'incubation des œufs aériens, mais nous ne nous sommes point bornés à ces résultats : nous avons cherché par où et comment les produits de l'incubation se frayaient un passage au travers de la coque de l'œuf. Cela nous a conduits à étudier d'une manière expérimentale la constitution anatomique de cet organe accessoire.

Dans toutes les expériences qui suivent, nous nous sommes servis d'une étuve à triple paroi et à double enceinte, que l'on pouvait chauffer facilement avec des veilleuses. Après quelques tâtonnements, nous sommes parvenus à entretenir cette étuve à une température constante, en faisant varier le nombre des veilleuses et la longueur de leurs mèches. L'étuve interne était en tôle de fer; elle était

chauffée extérieurement et renfermée dans une double enveloppe de bois dont les parois étaient disposées de manière que l'air échauffé passât entre elles avant de se répandre au dehors. La boîte de tôle s'ouvrait en avant et était percée de deux ouvertures latérales, auxquelles étaient fixées des tubulures destinées à donner passage à des tubes communiquant avec le vase contenant les œufs. *Pl. I, fig. 1, 2 et 3.*

Dans les premières expériences, les œufs étaient introduits dans un petit panier en fil de laiton, que l'on suspendait à un crochet fixé à la voûte d'une cloche en verre. Cette cloche était dressée sur ses bords et se fixait sur une glace à l'aide de caoutchouc fondu. Sous la cloche, on plaçait un thermomètre et un vase contenant un corps hygrosopique, qui pouvait être pesé quand cela était nécessaire. Ayant constaté, par la suite, que le caoutchouc fondu absorbait de l'oxygène, nous l'avons remplacé par un mastic formé de deux parties de cire et d'une de colophane fondues ensemble. Ce dernier mastic est encore celui qui a servi pour enduire les œufs dans les expériences sur les fonctions de la chambre à air.

Dans les dernières expériences, la cloche précédente a été remplacée par une éprouvette tenue horizontalement. Cette éprouvette était percée à son sommet pour recevoir un tube, et était fermée à l'aide d'un bouchon de liège entièrement recouvert du mastic décrit précédemment. Ce bouchon était aussi traversé par un tube, *Pl. I, fig. 3.* A l'aide de ces tubes, il était facile d'établir un courant de gaz dans l'appareil.

Les expériences entreprises dans l'intention de déterminer le rôle de l'air dans l'incubation ont été faites à l'aide d'appareils fort simples et sont faciles à répéter; celles ayant pour but de déterminer les proportions des produits sont d'une exécution plus délicate et exigent des appareils plus compliqués.

Pour réussir dans les expériences qui vont être décrites, il est indispensable d'opérer sur des œufs déjà couvés pendant un certain nombre de jours et de ne pas les laisser trop longtemps dans l'appareil ; sans cette dernière précaution, les embryons qu'ils renferment périssent toujours. Si l'on opère sur des œufs qui n'ont point éprouvé un commencement d'incubation, les résultats sont plus lents à obtenir, par là même moins évidents, puisque les œufs doivent séjourner dans l'appareil le moins de temps possible.

Expériences qualitatives.

Les phénomènes les plus faciles à démontrer sont la diminution du volume de l'air mis en présence d'œufs fécondés, soumis à l'incubation, et le développement de l'acide carbonique.

Absorption de l'oxygène de l'air. — Pour démontrer la diminution du volume de l'air, il suffit d'introduire des œufs, déjà soumis à l'incubation depuis dix jours au moins, dans une cloche, de la placer dans l'étuve, de chauffer celle-ci jusqu'à + 40 degrés, et, lorsque la température est devenue stationnaire, de faire communiquer l'intérieur de cette cloche avec un manomètre à eau : peu à peu on voit le liquide s'élever dans le manomètre de manière à indiquer une diminution du volume du gaz contenu dans la cloche, *Pl. I, fig. 4.*

Si l'on continue l'expérience pendant un temps trop considérable, le volume de l'air redevient ce qu'il était primitivement. Nous reviendrons sur ce fait lorsqu'il sera question des fonctions de la chambre à air.

Production d'acide carbonique. — Pour constater la formation de l'acide carbonique, rien n'est plus commode que d'employer un courant d'air déterminé par un vase aspirateur. L'air est d'abord complètement privé d'acide carbonique en traversant une dissolution d'hydrate potassique, puis de longs tubes contenant de la ponce imprégnée

de la même dissolution, et enfin des tubes à ponce imprégnée d'acide sulfurique concentré.

L'air, complètement privé d'acide carbonique, traverse le vase contenant les œufs, et de là on le force de traverser un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte, *Pl. II, fig. 7*. Cet appareil donne bientôt l'indice de la présence de l'acide carbonique par la formation d'un dépôt abondant de carbonate barytique. Nous avons constaté, d'ailleurs, que le produit ainsi obtenu se dissolvait avec effervescence dans l'azotate hydrique, et qu'il y était complètement soluble.

Expériences quantitatives.

Pour déterminer les quantités relatives de l'air employé et des produits de l'incubation, deux sortes d'appareils ont été mis en usage : les uns étaient à *courant constant*, les autres à *courant alternatif*.

A l'aide des premiers appareils on peut déterminer exactement la perte de poids éprouvée par les œufs, le poids de l'eau et celui de l'acide carbonique exhalés; mais on ne connaît ni la variation du volume de l'air, ni la quantité d'oxygène absorbé, ni le volume de l'azote exhalé. En faisant usage des derniers appareils, on connaît le volume de l'air au commencement et à la fin de l'expérience, celui de l'azote, celui de l'oxygène et la perte de poids des œufs; mais l'on n'a pas le poids de l'eau exhalée. Enfin, en combinant les deux sortes d'appareils dont il vient d'être question, nous sommes parvenus à réunir tous les éléments du problème et à les déterminer en une même expérience.

Expériences faites avec des appareils à courant constant.

L'appareil employé pour ces expériences est représenté dans la *Pl. I, fig. 1* : il se compose d'abord d'une longue suite de tubes destinés à priver l'air d'eau et d'acide carbonique; l'air passe d'abord dans une dissolution de potasse

caustique, puis dans un long tube imprégné du même produit, de là sur du chlorure calcique poreux, et de celui-ci sur de la ponce imprégnée de sulfate hydrique. Les tubes communiquent en outre avec des flacons remplis des mêmes matières, et présentent ainsi une très-grande surface absorbante. L'air parvient ensuite dans la cloche où se fait l'incubation : là se trouve un vase contenant du chlorure calcique, puis dans une suite de tubes destinés à le dépouiller d'eau et d'acide carbonique. Un tube à chlorure calcique, qu'on ne pèse pas, termine l'appareil et s'oppose à ce que la vapeur d'eau provenant du vase aspirateur puisse pénétrer dans les tubes collecteurs et vienne troubler les résultats.

Les expériences suivantes ont été faites avec l'appareil qui vient d'être décrit.

21 juin 1843. — Trois œufs de poule, couvés naturellement pendant neuf jours, sont soumis à l'expérience; un vase contenant du chlorure calcique est placé sous la cloche avec les œufs.

L'expérience dure trois jours pleins, pendant lesquels on fait passer 112 litres d'air sec et privé d'acide carbonique dans l'appareil.

Résultat.

Poids des œufs avant l'expérience	180,6950 ^{gr}
Perte de poids des œufs	4,9455
Eau recueillie	5,1950
Acide carbonique recueilli	0,7840
Carbone contenu dans l'acide carbonique	0,2136

28 juin 1843. — Trois œufs de poule, couvés naturellement pendant seize jours, sont soumis à l'expérience; un vase contenant du chlorure calcique est placé sous la cloche contenant les œufs.

L'expérience dure trois jours, comme la précédente.

3.

Résultat.

Poids des œufs avant l'expérience.....	150,6720 ^{gr}
Perte de poids des œufs	6,2865
Eau recueillie.....	6,1030
Acide carbonique recueilli.....	1,7970
Carbone contenu dans l'acide carbonique...	0,4673

Dans ces deux expériences le poids de l'eau recueillie est beaucoup plus considérable qu'il ne serait dans l'incubation normale; cela est dû à l'emploi de l'air sec, qui, comme nous l'avons déjà fait remarquer, produit une évaporation rapide des fluides de l'œuf.

Corollaire.

Chacune des expériences précédentes a été faite sur trois œufs et a duré trois jours; il en résulte que, si l'on divise par 9 le résultat obtenu, on obtient le produit d'un œuf en vingt-quatre heures. On voit ainsi que, dans ce laps de temps, un œuf couvé de neuf à douze jours émet 0^{gr},087 d'acide carbonique, contenant 0,0024 de carbone provenant de sa propre substance, et que le reste est de l'oxygène emprunté à l'air. Un œuf couvé de seize à dix-neuf jours émet jusqu'à 0^{gr},1997 d'acide carbonique, contenant 0^{gr},0519 de carbone et 0^{gr},1478 d'oxygène.

Ces derniers nombres sont beaucoup plus forts que les précédents, et cela tient à ce que, du seizième au dix-neuvième jour, les organes respiratoires et l'appareil de la circulation sont beaucoup plus développés que du neuvième au douzième jour, puisque ce n'est qu'à la fin de cette dernière époque, que l'allantoïde, organe éminemment respiratoire, commence à se souder à la pointe de l'œuf de la poule.

Expériences faites avec des appareils à courant alternatif.

Les appareils à courant alternatif comprenaient essentiellement l'étuve qui a été décrite précédemment et deux gazomètres. Ces gazomètres étaient en verre, très-longs et très-étroits, afin de rendre les variations de volumes faciles à apprécier. Les divisions étaient gravées sur le verre, et chacune d'elles correspondait à 10 centimètres cubes. Il était facile de les subdiviser par appréciation.

L'intérieur du vase contenant les œufs communiquait de chaque côté avec un des gazomètres. Ces appareils étaient maintenus dans une dépendance mutuelle, à l'aide d'une corde de soie qui les tenait suspendus sur deux poulies, de telle manière qu'en abaissant l'un d'eux, l'autre montait, et *vice versa*. L'inspection des *Pl. I, fig. 5* et *Pl. II, fig. 6*, fera comprendre facilement cette disposition.

L'air dans lequel on opérait l'incubation était ainsi clos de toutes parts, et l'on pouvait facilement le faire circuler dans l'appareil de manière à l'y renouveler et à en opérer le mélange intime.

Entre les vases contenant les œufs et les gazomètres, on pouvait placer à volonté une suite d'appareils collecteurs propres à dépouiller l'air de l'eau et de l'acide carbonique qu'il pouvait contenir. Cette modification a été indiquée toutes les fois qu'il en a été fait usage.

Les œufs étant introduits dans l'appareil après avoir été pesés, et celui-ci étant fermé, on attendait quelques instants pour que l'équilibre de la température pût s'établir. On régularisait les niveaux intérieurs et extérieurs du liquide contenu dans les gazomètres, et l'on procédait à la détermination des données expérimentales qui devaient précéder l'expérience. Ces données étaient la température de l'étuve, celle des gazomètres, la pression barométrique,

le volume du gaz constaté à l'aide des gazomètres, et l'heure à laquelle commençait l'expérience ; alors on allumait l'étuve et l'on en fermait les portes.

Pendant toute la durée de l'expérience, on faisait marcher les gazomètres afin de faire circuler l'air dans l'appareil et d'en opérer le mélange. A la fin, surtout, cette dernière opération était répétée rapidement et un grand nombre de fois de suite.

A la fin de l'expérience, on notait la date et l'heure, on éteignait les veilleuses ; l'étuve était ouverte, et l'on attendait qu'elle fût refroidie à la température ambiante. Alors on déterminait de nouveau la température de l'étuve et celle des gazomètres, la pression, le volume, etc. Enfin on détachait un gazomètre, celui qui porte un robinet dans la planche ; et, en opérant une pression sur l'un d'eux et tournant le robinet, on pouvait déterminer l'écoulement du gaz qu'ils renfermaient, et le recueillir pour être soumis à l'analyse.

La quantité d'acide carbonique a été déterminée en absorbant ce gaz par la potasse et en opérant sur l'eau ; celle de l'oxygène l'a été par l'hydrogène à l'aide d'un eudiomètre. Le phosphore n'a été employé que lorsque les mélanges n'étaient point inflammables par l'étincelle électrique ; car les résultats obtenus par cet agent ne peuvent inspirer la moindre confiance, même en faisant une correction pour la vapeur de phosphore qui pourrait rester mélangée avec l'azote. A la suite de plusieurs de ces expériences, les chambres à air des œufs ont été ouvertes sous l'eau, et l'on a procédé à l'analyse du gaz qu'elles renfermaient. Quelquefois on mêlait le gaz contenu dans les chambres de plusieurs œufs ; quelquefois on opérait sur chaque œuf en particulier. Enfin les œufs étaient ouverts, et l'on examinait avec soin l'état dans lequel ils se trouvaient.

Les expériences faites dans les appareils à courant alter-

natif vont être exposées, en allant des plus élémentaires à celles qui présentent le plus de développement et donnent de plus amples renseignements.

Les trois expériences suivantes font connaître les changements survenus dans la composition de l'air, en opérant dans un appareil complètement fermé.

11 mai 1844. — Quatre œufs de poule, couvés naturellement pendant quinze jours, sont placés sous une cloche de verre, avec un thermomètre et un vase contenant du sel marin desséché.

L'appareil se compose de la cloche contenant les œufs, de deux tubes latéraux communiquant avec des éprouvettes remplies de chlorure calcique, et celles-ci avec les gazomètres, *Pl. I, fig. 5.*

L'expérience dure cinq jours pleins.

Poids des œufs avant l'expérience.	147,602 ^{gr}
Perte de poids des œufs.	2,152

Composition de l'air de l'appareil après l'expérience.

Acide carbonique.	0,0401 ^{gr}
Oxygène.	0,1028
Azote.	0,8571

9 juin 1844. — Trois œufs de poule sont placés dans l'appareil précédent; seulement les éprouvettes à chlorure de calcium sont supprimées, pour diminuer autant que possible le nombre des ligatures, et pour être assuré que l'appareil ferme bien.

L'expérience dure trois jours.

Poids des œufs avant l'expérience.	164,800 ^{gr}
Perte de poids des œufs.	1,530

Composition de l'air de l'appareil après l'expérience.

Acide carbonique.	0,0456 ^{gr}
Oxygène.	0,1033
Azote.	0,8511

11 août 1844. — Deux œufs de dinde, couvés depuis environ quinze jours, sont placés dans une éprouvette horizontale. Le caoutchouc fondu est entièrement supprimé. L'appareil est le même que le précédent.

L'expérience a été commencée le 11 août à 12^h 30^m; l'étuve a été éteinte le 12, à 2 heures de l'après-midi; les gaz ont été analysés à 4^h 40^m.

Poids des œufs avant l'expérience	153,840 ^{gr}
Perte de poids des œufs	0,530

Composition de l'air de l'appareil après l'expérience.

Acide carbonique	0,0119 ^{gr}
Oxygène	0,1749
Azote	0,8132

Après l'expérience, on trouve qu'un des deux œufs n'était pas fécondé, et cela explique suffisamment la faiblesse des résultats obtenus.

Après avoir éteint la veilleuse de l'étuve, une forte pression a été établie sur les gazomètres et maintenue pendant une heure, sans que les niveaux primitivement établis aient subi la moindre variation; nous nous sommes assurés ainsi que l'appareil fermait parfaitement bien, et que les résultats de cette expérience ne pouvaient laisser le moindre doute sur leur exactitude.

Corollaire.

Les résultats des trois expériences précédentes sont exactement dans le même sens, et l'on en déduit :

1°. Après l'expérience, l'oxygène est toujours en quantité beaucoup plus faible qu'avant; sa quantité s'abaisse jusqu'à 0,1028 du gaz contenu dans l'appareil, au lieu de 0,2081 qui s'y trouvait avant qu'elle commençât.

2°. Il y a toujours production d'acide carbonique: la quantité de ce gaz croît jusqu'à 0,0456, au lieu de 0,0005 qui se trouvent ordinairement dans l'air.

3°. Le volume de l'oxygène restant dans l'appareil, ajouté à celui de l'acide carbonique produit, ne représente point l'oxygène contenu dans l'air avant l'expérience.

Tout en donnant de nouveaux renseignements, les expériences précédentes laissent encore beaucoup à désirer : car, indépendamment de ce qu'elles ne donnent pas des nombres absolus, la disparition de l'oxygène peut être expliquée de plusieurs manières différentes : 1° il a pu être simplement absorbé ; 2° il a pu demeurer en quantité invariable, et de l'azote a pu se dégager ; 3° enfin de l'oxygène a pu être absorbé, et de l'azote a pu être exhalé dans le même temps.

Les expériences suivantes ont été entreprises pour résoudre les questions précédentes ; elles font connaître :

1°. Le volume de l'air employé et la variation qu'il éprouve pendant l'incubation ;

2°. La quantité d'oxygène absorbé ;

3°. Celle de l'acide carbonique exhalé ;

4°. La variation du volume de l'azote.

On connaît d'ailleurs, comme dans tous les cas précédents, la perte de poids éprouvée par les œufs ; mais la quantité d'eau produite n'est pas donnée directement, et elle ne peut être déduite que par le calcul (*voir* le corollaire, page 30).

Comme dans les expériences précédentes, les données expérimentales sont supprimées, et l'on n'en fait connaître que le résultat.

16 juin 1844. — Quatre œufs de poule, couvés naturellement depuis quatorze jours révolus, sont introduits dans un appareil composé d'une cloche et des gazomètres seulement, sans éprouvettes à chlorure calcique pour dessécher les gaz ; en outre des œufs, la cloche renferme un vase contenant du chlorure sodique et un thermomètre.

L'expérience commence le 16 juin, à 12^h15^m ; l'étuve

est éteinte le 18, à 5 heures de l'après-midi; les gaz sont mesurés à 7^h 6^m du soir.

Poids des œufs avant l'expérience	219 ^{gr} ,770
Poids des œufs après l'expérience.	217 ^{gr} ,065
Différence ou perte.	2 ^{gr} ,705
Volume de l'air avant l'expérience, réduit à 0 degré et 76 centimètres de pression barométrique.	4268 ^{cc} ,27
Volume de l'air après l'expérience.	4031 ^{cc} ,67
Différence ou absorption	236 ^{cc} ,60

Composition de l'air de l'appareil en volumes et en poids.

		Volume.	Poids.
Avant l'expérience. {	Oxygène.	887,28	1,2784
	Azote.	3380,40	4,2594
Après l'expérience. {	Acide carbonique.	228,19	0,4518
	Oxygène.	345,51	0,4975
	Azote	3457,97	4,3570

Corollaire.

Oxygène employé.	542,27	0,7809
Oxygène dans le gaz carbonique	228,19	0,3286
Oxygène absorbé	314,08	0,4523
Azote exhalé.	77,48	0,0976
Carbone brûlé	228,19	0,1264
Eau exhalée (par le calcul)	»	2,9333

26 juin 1845. — Deux œufs de poule, couvés naturellement pendant un nombre de jours que nous n'avons pu connaître exactement, sont placés dans l'appareil. Celui-ci se compose essentiellement d'une éprouvette placée horizontalement et contenant du sel marin desséché, *Pl. I, fig. 3.*

L'expérience commence le 26 juin, à 5^h 30^m du soir, et finit le 27, à 5 heures.

Après l'expérience, on trouve qu'un seul œuf était fécondé, mais que le deuxième n'était pas corrompu.

Poids des œufs avant l'expérience	111 ^{gr} ,500
Poids des œufs après l'expérience	110 ^{gr} ,705
Différence ou perte.	0 ^{gr} ,795
Volume de l'air à 0 degré et 76 centimètres de pression barométrique, avant l'expérience	1943 ^{cc} ,16
Volume de l'air après l'expérience.	1898 ^{cc} ,28
Différence ou absorption	44 ^{cc} ,88

Composition de l'air de l'appareil en volumes et en poids.

	Volume.	Poids.	
Avant l'expérience. {	Oxygène	404 ^{cc} ,16	0 ^{gr} ,5820
	Azote	1539,00	1,9390
Après l'expérience. {	Gaz carbonique ..	66,82	0,1316
	Oxygène	254,56	0,3665
	Azote	1576,90	1,9869

Corollaire.

Gaz oxygène employé	149 ^{cc} ,60	0 ^{gr} ,2154
Gaz oxygène absorbé.	82,78	0,1192
Gaz oxygène dans le gaz carbonique.	66,82	0,0962
Azote exhalé.	37,90	0,0477
Carbone brûlé	66,82	0,0373
Eau exhalée (par le calcul)	"	0,8292

28 juin 1845. — La disposition de l'appareil est la même que celle de l'expérience précédente.

Trois œufs de poule, couvés naturellement depuis le 15 juin, à 3 heures de l'après-midi, sont employés pour cette expérience. Elle commence le 28 juin, à 5^h 30^m du soir. L'étuve est éteinte le lendemain, à 11^h 15^m du matin.

Poids des œufs avant l'expérience	188 ^{gr} ,450
Poids des œufs après l'expérience.	187,640
Différence ou diminution de poids des œufs.	0,810

L'air du laboratoire, le gaz contenu dans les chambres à air des œufs et celui de l'appareil, sont analysés et donnent les résultats suivants :

	Laboratoire.	Appareil.	Chambre à air.
	^{gr}	^{gr}	^{gr}
Oxygène	0,2067	0,1640	0,2041
Azote	0,7933	0,8212	0,7959
Gaz carbonique . .	Indéterminé.	0,0148	0,0000

Volume de l'air de l'appareil à 0 degré et 76 centimètres

de pression barométrique, avant l'expérience 2220^{cc}

Volume de l'air après l'expérience 2182

Différence ou diminution de volume 38

Composition de l'air de l'appareil en volumes et en poids.

		Volume.	Poids.
		^{cc}	^{gr}
Avant l'expérience.	Oxygène	461,76	0,6649
	Azote	1758,24	2,2154
Après l'expérience.	Oxygène	357,85	0,5153
	Azote	1791,86	2,2577
	Gaz carbonique . .	32,29	0,0639

Corollaire.

Gaz oxygène employé	103,91	0,1496
Gaz oxygène dans le gaz carbonique . .	32,29	0,0465
Gaz oxygène absorbé	71,62	0,1031
Azote exhalé	33,62	0,0423
Carbone brûlé	32,29	0,0281
Eau exhalée (par le calcul)	"	0,9835

1^{er} juillet 1845. — L'appareil est le même que celui qui a servi pour les deux expériences précédentes.

On emploie trois œufs couvés depuis le 15 juin sous la même poule que les précédents.

L'expérience commence à 11^h 30^m du matin ; l'étuve est éteinte le 2 juillet, à 5^h 30^m du matin. Les mesures sont prises à 9 heures.

A la fin de l'expérience, on trouve que les œufs étaient tous trois fécondés, couvés et en bon état.

Poids des œufs avant l'expérience	165,480 ^{gr}
Poids des œufs après l'expérience	164,754
Perte de poids	0,726

Le gaz des chambres à air, ainsi que celui de l'appareil, sont soumis à l'analyse et donnent les résultats suivants, en volumes :

	Appareil.	Chambre à air.
Oxygène.....	0,0943 ^{gr}	0,1741 ^{gr}
Azote.....	0,8474	0,7874
Acide carbonique.....	0,0583	0,0385

Le gaz des trois chambres à air occupait 12 centimètres cubes, à + 18°,5 et à 7574 dimillimètres de pression barométrique.

Volume de l'air de l'appareil à 0 degré et 76 centimètres de pression barométrique, avant l'expérience.....	2201 ^{cc}
Volume de l'air après l'expérience.....	2136
Différence ou diminution de volume.....	65

Composition de l'air des gazomètres.

	Volume.	Poids.
Avant l'expérience. {	Oxygène..... 458,0 ^{cc}	0,6595 ^{gr}
	Azote..... 1743,0	2,1962
Après l'expérience. {	Gaz carbonique.. 124,5	0,2465
	Gaz oxygène.... 201,4	0,2900
	Gaz azote..... 1810,1	2,2807

Corollaire.

Oxygène employé.....	256,6 ^{cc}	0,3695 ^{gr}
Oxygène absorbé.....	132,1	0,1902
Oxygène dans le gaz carbonique.....	124,5	0,1793
Azote exhalé.....	67,1	0,0845
Carbone brûlé.....	124,5	0,0672
Eau exhalée (par le calcul).....	"	0,7645

Corollaire des expériences faites dans l'appareil à courant alternatif.

Les expériences précédentes ont marché toutes dans le même sens et ont démontré qu'indépendamment de la production de l'acide carbonique, les œufs absorbent de l'oxygène et exhalent de l'azote pendant l'incubation. Le carbone brûlé a été déduit du volume de l'acide carbonique

produit. Quant à l'eau qui n'a pu être recueillie, elle a été calculée en considérant que la perte de poids des œufs ne représente pas leur perte réelle, puisqu'ils absorbent de l'oxygène; or cette perte, plus le poids de l'oxygène absorbé, doivent donner une somme égale aux poids réunis de l'eau, de l'azote et du carbone exhalés. Ceci donne naissance à une équation dans laquelle la quantité de l'eau est la seule inconnue. Il est donc facile de la connaître.

On verra plus tard, qu'indépendamment de l'eau, de l'azote et du carbone, les œufs perdent encore un produit sulfuré; mais sa quantité n'a pas encore pu être déterminée. La quantité d'eau obtenue par le calcul serait donc à diminuer de toute la quantité du produit sulfuré, si celle-ci était connue.

Dans les expériences précédentes, la quantité d'acide carbonique exhalée est toujours plus faible que celle de l'oxygène absorbé; mais il se pourrait bien que ces deux quantités fussent égales, car nous avons opéré avec des gazomètres à eau, dans lesquels celle-ci était recouverte d'un opercule de liège verni, il est vrai; mais il a pu se perdre une petite quantité de gaz, quoique nous nous soyons assurés qu'en remplissant la cuve des gazomètres avec de l'eau distillée bouillie, elle ne donnait point l'indice de la présence de l'acide carbonique par l'eau de baryte à la fin de l'expérience.

Expériences faites dans un appareil complet.

Les renseignements donnés par les expériences précédentes sont très-importants, puisqu'ils permettent de constater directement la formation de l'acide carbonique, la diminution de l'oxygène, l'exhalation de l'azote et la perte de poids des œufs; cependant, afin d'obtenir des renseignements encore plus précis et plus complets, des appareils ont été combinés de manière à avoir, comme précédemment, la perte de poids des œufs, la variation totale du volume de l'air, la diminution de l'oxygène, l'exhalation

de l'azote et de l'acide carbonique par des pesées, et, de plus, le poids de l'eau exhalée.

L'appareil employé, semblable aux précédents, possède en outre, de chaque côté, et entre le récipient de l'étuve et les gazomètres, une série de tubes collecteurs propres à absorber l'eau et l'acide carbonique. Entre les tubes et les gazomètres, il y avait un long tube en U rempli de ponce et de sulfate hydrique, puis une grande éprouvette à pied contenant une quantité considérable de chlorure calcique, poreux ; de telle manière que l'air venant des gazomètres et s'échappant avec une vitesse convenable, devait se dépouiller complètement d'humidité, *Pl. II, fig. 6.*

Tout en signalant les avantages offerts par l'appareil qui vient d'être décrit, il est convenable d'en faire connaître les inconvénients. Dans cet appareil, les œufs sont soumis à l'influence de l'air complètement dépouillé d'humidité, et ils y souffrent réellement : aussi l'expérience ne doit-elle durer que le moins de temps possible ; en outre, l'appareil est si compliqué, que l'on ne peut avoir la certitude qu'il ferme parfaitement, et que l'on est exposé ainsi à une grande chance d'erreur. L'expérience qui va être décrite a été reprise trois fois, et ce n'est que la dernière qui nous a paru marcher régulièrement : encore présente-t-elle un résultat qui renferme une anomalie ou une erreur.

Le récipient à œufs de l'étuve contenait du sel marin desséché ; les tubes collecteurs formaient deux séries semblables, une à droite et une à gauche, et étaient ainsi disposés en allant de l'étuve aux gazomètres :

- N^o 1. Tube à sulfate hydrique concentré.
- N^o 2. Tube à sulfate hydrique concentré.
- N^o 3. Ponce et potasse dissoutes.
- N^o 4. Sulfate hydrique.
- N^o 5. Sulfate hydrique non pesé.

Le n^o 1 était destiné à recueillir l'eau du récipient aux

œufs échappée à l'action du sel marin ; le n° 3 devait absorber le gaz carbonique ; les n°s 2 et 4 avaient pour but de recueillir l'eau d'évaporation des tubes à potasse, quel que fût le sens du courant de l'air ; enfin, le n° 5 achevait de dessécher l'air venant des gazomètres, et qui avait passé sur du chlorure calcique.

Les trois expériences faites avec l'appareil qui vient d'être décrit ont toujours indiqué une perte d'eau et d'acide carbonique pour les œufs, et une perte d'oxygène pour l'air, ainsi que cela a été constamment observé dans les expériences précédentes. Celle du 15 juillet 1844 mérite seule d'être rapportée ; elle est faite sur quatre œufs de poule et commencée à 1 heure du soir. L'étuve est éteinte le 16, à 5 heures du soir : les gaz sont mesurés deux heures après.

Données expérimentales.

	Avant l'exper.	Après l'exper.	Différences.
Poids de quatre œufs	199,1030 ^{gr}	198,3250 ^{gr}	0,7780 ^{gr}
Vase à sel marin	40,6260	40,9430	0,3170

Tubes de droite.

N° 1. Sulfate hydrique	129,8800	130,0565	0,1765
N° 2. Sulfate hydrique	175,4170	175,5250	0,1080
N° 3. Potasse	127,2815	127,4330	0,1515
N° 4. Sulfate hydrique	171,8350	171,9150	0,0800

Tubes de gauche.

N° 1. Sulfate hydrique	131,2045	131,4040	0,1995
N° 2. Sulfate hydrique	117,6450	117,7350	0,0900
N° 3. Potasse	128,8955	128,8860	-0,0095
N° 4. Sulfate hydrique	157,2475	157,3065	0,0590
Pression atmosphérique	755 ^{mm} ,4	759 ^{mm} ,5	
Température de l'étuve	+ 20°	+ 20°	
Tempér. des gazomètres	+ 19°	+ 18°,4	
Gaz contenu dans les gazomètres	169 ^{div}	146 ^{div} ,4	

Composition de l'air des gazomètres à la fin de l'expérience.

	I.	II.	III.	IV.
Air des gazomètres.....	38,4	32,0	35,5	38,5
Air des gazomètres + hydrogène.	64,6	54,0	58,0	60,1
Résidu.....	48,0	40,7	43,0	44,0

D'où l'on déduit la composition moyenne de l'air après l'expérience :

Oxygène.....	0,14065
Azote.....	0,85635

Résultat du calcul.

Perte de poids des œufs.....	0,7780 ^{gr}
Poids de l'eau recueillie.....	0,6930
Poids de l'acide carbonique.....	0,4790

Volume de l'air à 0 degré et 76 cen- timètres de pression barométr.	{	Avant l'expérience.	3655 ^{cc}
		Après l'expérience.	3508 ^{cc}

Composition de l'air de l'appareil en volumes et en poids.

	Avant l'expérience.		Après l'expérience.	
	Volume. ^{cc}	Poids. ^{gr}	Volume. ^{cc}	Poids. ^{gr}
Oxygène.....	760	1,0944	491	0,7070
Azote.....	2895	3,6477	3017	3,8014

Corollaire.

	Poids directs.	Poids corrigés.
Perte de poids éprouvée par les œufs..	0,7780 ^{gr}	0,7780 ^{gr}
Eau exhalée.....	0,6930	0,6930
Acide carbonique produit.....	0,4790	0,4790
Carbone contenu dans l'ac. carbonique.	0,1305	0,1305
Oxygène employé.....	0,3874	0,6970
Oxygène employé dans l'ac. carbonique.	0,3485	0,3485
Oxygène absorbé.....	0,0389	0,3485
Azote exhalé.....	0,1537	0,1537

Conformément aux principes qui nous ont servi précédemment pour calculer la perte d'eau éprouvée par les œufs pendant l'incubation, la perte de poids des œufs, ajoutée au poids de l'oxygène qu'ils absorbent, devait donner une somme égale à celle des poids du carbone brûlé et de l'eau plus l'azote exhalés; mais l'expérience a donné 0^{gr},8169 pour la première somme, et 0^{gr},9772 pour la seconde, sommes dont la différence est 0^{gr},1603. Cette différence, peu considérable d'une manière absolue, est assez grande relativement aux données de l'expérience. Quelle que soit la cause de cette différence anormale, on peut rétablir les faits d'une manière assez exacte, en admettant que le volume de l'oxygène absorbé était égal à celui existant dans l'acide carbonique, résultat qui est un des plus positifs de ceux obtenus. Si l'on admet ce fait, qui paraît très-vraisemblable, on a le résultat suivant :

Perte de poids des œufs.....	0 ^{gr} ,7780	} somme = 1 ^{gr} ,0265
Oxygène absorbé.....	0,3485	
Eau exhalée par les œufs.....	0,6950	} somme = 0,9772
Carbone de l'acide carbonique..	0,1305	
Azote exhalé	0,1537	
Différence.....	0,0493	

Cette nouvelle différence est dans les limites des erreurs inhérentes à une expérience si difficile à conduire et faite à l'aide d'un appareil si compliqué.

Détermination de la capacité de l'appareil qui a servi pour faire l'expérience du 15 juillet 1845.

Dans les expériences précédentes, la capacité de l'appareil a été déterminée en le remplissant avec de l'eau mesurée soigneusement, et en négligeant les faibles variations de volume qui pouvaient survenir par la dissolution des parties solubles.

Ce procédé, très-simple en apparence, est difficilement

applicable à un appareil compliqué ; il a, en outre, l'inconvénient d'occasionner la perte de tous les produits employés, et de faire qu'ils ne puissent servir plusieurs fois. Ces inconvénients sont graves, surtout à cause du temps considérable qu'un appareil de cette nature exige pour être monté. Afin d'éviter cet embarras, nous avons déterminé la capacité de notre appareil par un procédé plus simple, qui repose entièrement sur l'élasticité des gaz et sur la variation de volume qu'ils éprouvent lorsqu'on vient à la changer. L'instrument qui nous a servi est un flacon à deux tubulures, dont une inférieure, latérale, et une ordinaire, supérieure et médiane, *Pl. II, fig. 9*. A la tubulure inférieure est adapté un tube coudé qui se relève verticalement et parallèlement à l'axe du flacon ; à la tubulure supérieure est adapté un autre tube coudé pouvant être fermé à l'aide d'un robinet d'acier. Ces deux tubes sont parfaitement scellés, de manière à supporter une pression sans donner issue à l'air.

Avant de commencer l'expérience, on introduit du mercure dans l'appareil jusqu'au-dessus de l'ouverture du tube latéral, pour intercepter la communication avec l'air extérieur. Cela étant fait, si l'on joint le vase ainsi préparé à un appareil quelconque fermant bien et renfermant un gaz permanent, on peut en connaître la capacité en ajoutant un volume connu de mercure dans le flacon, par la tubulure latérale : le gaz se trouve alors comprimé, et sa nouvelle élasticité est indiquée par la différence des niveaux du mercure dans le vase et dans le tube latéral.

Soient p la pression de l'air au moment de l'expérience, x le volume du gaz à déterminer, v le volume du mercure ajouté, et p' l'élasticité du gaz après avoir ajouté le mercure. La quantité de gaz n'ayant pas changé, il est évident que les deux volumes successifs sont en raison inverse des pressions auxquelles ils sont soumis, et que l'on a l'équation

$$px = p'(x - v),$$

équation dont on déduit la valeur de x :

$$\frac{p'v}{p' - p} = x.$$

On tient compte de l'abaissement du mercure par la capillarité dans le tube latéral. Cela est facile à faire en mettant du mercure dans le flacon reposant sur une base horizontale, laissant le robinet ouvert et mesurant la différence des niveaux à l'aide d'un cathétomètre.

On tient aussi compte du mercure contenu dans le tube, au-dessus du niveau de celui contenu dans le flacon. Cela est encore facile en mesurant la longueur d'une colonne de mercure dans le tube et en la versant ensuite dans un tube étroit et bien gradué pour en connaître le volume.

Enfin, on retranche du volume total, trouvé par l'observation, la capacité du vase qui sert pour faire l'expérience.

Pour appliquer l'instrument qui vient d'être décrit, à la détermination de la capacité de l'appareil qui nous a servi pour faire l'expérience d'incubation du 15 juillet 1845, les gazomètres ont été séparés de cet appareil; une de ses extrémités a été fermée, et l'autre a été réunie à l'instrument.

Voici les données de l'expérience :

Pression atmosphérique	754 ^{mm} ,7
Abaissement du mercure dans le tube par la capillarité	0 ^{mm} ,325
Capacité de 1 millimètre de longueur du tube latéral	0 ^{cc} ,01616
Capacité de l'instrument, en tenant compte du mercure ajouté en premier lieu pour intercepter la communication avec l'air extérieur.	1093 ^{cc} ,63
Mercure ajouté	150 ^{cc}
Niveau inférieur du mercure	155 ^{mm} ,8
Niveau supérieur	188 ^{mm} ,5

OEUFS DES REPTILES ET DES MOLLUSQUES TERRESTRES.

Des expériences de même ordre que celles décrites précédemment ont été faites sur des œufs d'animaux des classes inférieures aux oiseaux. Les œufs sur lesquels on a opéré sont ceux de la couleuvre à collier, du lézard gris et de l'*Helix hortensis*, L.

OŒufs de la couleuvre à collier.

Première expérience. — Le 20 juillet 1844, à 8 heures du soir, dix œufs de couleuvre à collier ont été placés dans un vase fermant bien, *Pl. II, fig. 8*, muni de deux tubes opposés, dont l'un communiquait avec un appareil destiné à le priver d'acide carbonique, et l'autre, avec un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte. Le condenseur était réuni à un vase aspirateur qui permettait de faire passer un courant d'air dans tout l'appareil. Avant d'arriver dans le vase aux œufs, l'air passait dans un flacon barboteur rempli d'une dissolution concentrée de potasse caustique, de là dans un long tube en U rempli de ponce imprégnée de la même dissolution, de là dans un tube contenant de la ponce et de l'eau distillée destinée à entretenir les œufs dans un état convenable d'humidité. En peu de temps l'eau de baryte a été troublée; et le lendemain, 21 juillet, à 10 heures du matin, il y avait une quantité considérable de carbonate barytique formé dans le condenseur, *Pl. II, fig. 7.*

Il résulte de cette expérience que les œufs de la couleuvre à collier émettent du gaz carbonique pendant l'incubation, de même que ceux des oiseaux. Cette production d'acide carbonique, qui est, à n'en pas douter, le résultat d'une véritable combustion, est sans doute la cause à laquelle il faut attribuer l'élévation de température des œufs des

ophidiens pendant l'incubation : phénomène qui a été observé, d'une manière très-positive, par M. Valenciennes, sur les œufs du python à double raie.

Deuxième expérience. — Le 21 juillet, les œufs de l'expérience précédente ont été pesés, puis introduits dans le même vase et placés dans l'étuve, et celui-ci mis en communication avec les gazomètres, après avoir enlevé les éprouvettes à chlorure calcique, afin de conserver à l'air l'humidité qui convient pour ces sortes d'œufs qui sont privés d'enveloppe calcaire et se dessèchent très-facilement.

L'étuve a été entretenue à une température de + 30 degrés.

L'air du laboratoire a été analysé le même jour, afin de le comparer aux résultats obtenus :

Air.	34,5	} d'où oxygène = 0,2087
Air + hydrogène	52,0	
Résidu.	30,4	
Poids des œufs avant l'expérience.		^{gr} 31,081
Poids après l'expérience.		30,535
Différence.		0,546

A la fin de l'expérience, l'air contenu dans l'appareil a été soumis à l'analyse; il a donné le résultat suivant :

Acide carbonique.	^{gr} 0,0085
Oxygène.	0,1834
Azote.	0,8081

Dans cette expérience comme dans les précédentes, on voit qu'il y a de l'acide carbonique produit et que le volume de ce gaz, ajouté à celui de l'oxygène restant dans l'air, ne reproduit pas celui qui s'y trouvait auparavant : d'où il faut conclure que de l'oxygène a été absorbé. Le calcul total de l'expérience a, de plus, démontré qu'il y avait eu de l'azote exhalé.

Troisième expérience. — Le 23 juillet 1845, vingt-deux œufs de couleuvre à collier ont été introduits dans le récipient de l'étuve. L'expérience a été commencée à 12^h 35^m et terminée le 25, à 11 heures du matin :

Poids des œufs avant l'expérience.....	100,35 ^{gr}
Poids après l'expérience.....	88,97
Différence ou perte.....	11,38

Volume de l'air avant l'expérience, réduit à 0 degré et à 76 centimètres de pression barométrique.....	2191 ^{cc}
Volume de l'air après l'expérience.....	2081
Différence ou absorption.....	110

Composition de l'air de l'appareil en volumes et en poids.

	Volume.	Poids.	
	^{cc}	^{gr}	
Avant l'expérience. {	Oxygène.....	456	0,6566
	Azote.....	1735	2,1861
Après l'expérience. {	Acide carbonique.	133	0,2633
	Oxygène.....	185	0,2664
	Azote.....	1765	2,2214

Corollaire.

Oxygène employé.....	271	0,3902
Oxygène dans le gaz carbonique.....	133	0,1915
Oxygène absorbé.....	138	0,1976
Azote exhalé.....	28	0,0353
Carbone brûlé.....	"	0,0718

Cette expérience faite sur les œufs de la couleuvre à collier a donné des résultats entièrement conformes à ceux donnés par les œufs des poules, à cela près que l'azote exhalé est en quantité relativement plus faible que celui émané de ces derniers œufs.

OEufs du lézard gris.

Des œufs de lézard gris ont été introduits dans un petit vase et soumis à un courant d'air privé d'acide carbonique

qui passait ensuite dans un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte, comme dans la première expérience sur les œufs de couleuvre. Ils ont donné naissance à du carbonate barytique, comme on devait s'y attendre.

Œufs de l'Helix hortensis, L.

Le 14 juillet 1844, vingt-sept œufs de l'*Helix hortensis* sont introduits dans un large tube de verre contenant du sable mouillé. Ce sable avait été chauffé au rouge blanc et agité au contact de l'air à cette haute température, pour être assuré qu'il ne renfermerait aucune matière carbonée pouvant donner du gaz carbonique.

Ce tube ainsi disposé a été soumis à un courant d'air privé d'acide carbonique, qui se rendait ensuite dans un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte, comme dans les expériences précédentes. Cet appareil est représenté *Pl. II, fig. 7*. Du carbonate de baryte s'est formé dans le condenseur, et nous en avons constaté la nature en le dissolvant dans l'azotate hydrique.

L'expérience a marché pendant trois jours. Les œufs du limaçon n'ont pas souffert, car nous les avons gardés dans de la terre humide où ils sont éclos, et le 18 octobre 1844, ils vivaient encore.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Les œufs aériens des oiseaux, des reptiles proprement dits et des mollusques terrestres donnent naissance à de l'acide carbonique pendant l'incubation; on doit regarder ce fait comme étant général dans la nature, et il est éminemment probable que, dans tous les cas, il y a exhalation d'azote et absorption d'oxygène.

Tous les éléments relatifs à l'influence de l'air atmosphérique sur les œufs aériens se trouvent réunis dans le tableau suivant :

Résumé des corollaires relatifs aux phénomènes chimiques de l'incubation des œufs aériens.

DATES des expériences.	NATURE DES ŒUFS, âge d'incubation et observa- tions.	NOMBRE des œufs.	POIDS initial des œufs.	DURÉE de l'expé- rience.	PERTE de poids.	GAZ OXYGÈNE				GAZ CARBONIQUE		GAZ AZOTE exhalé.		CAR- BONE brûlé.	EAU exha- lée.	DIMINU- TION du vo- lume de l'air.
						employé.		absorbé.		Vo- lume.	Poids.	Vo- lume.	Poids.			
						Vo- lume.	Poids.	Vo- lume.	Poids.							
<i>Résultat direct de l'expérience.</i>																
16 juin 1844.	4 œufs couvés naturellement pendant quinze jours.	1	gr 219,770	h m 52.45	2,705	cc 542,27	gr 0,7809	cc 314,08	gr 0,4523	cc 228,19	gr 0,4514	cc 77,48	gr 0,0978	gr 0,1264	gr 2,9333	cc 236,60
26 juin 1845.	Œufs de poule incubés naturel- lement.	2	111,500	24.00	0,705	149,60	0,2154	82,78	0,1192	66,82	0,1323	37,90	0,0477	0,0375	0,8292	44,88
28 juin 1845.	Œufs de poule couvés natu- rellem. depuis treize jours.	3	188,450	19.45	0,310	103,91	0,1496	71,62	0,1031	32,29	0,0639	33,62	0,0423	0,0281	0,9855	38,00
1 ^{er} juillet 1845.	Œufs de poule couvés natu- rellem. depuis quinze jours.	3	165,480	18.00	0,725	256,60	0,3695	132,10	0,1902	124,50	0,2465	67,10	0,0845	0,0672	0,7645	65,00
28 juillet 1845.	Œufs de couleuvre à col- lier.	22	100,380	46.25	11,380	371,00	0,3902	138,00	0,1976	135,00	0,2633	28,00	0,0353	0,0737	11,4686	110,00
<i>Résultat donné par un œuf en vingt-quatre heures.</i>																
16 juin 1844.	Œuf de poule couvé naturel- lem. pendant quatorze jours	1	54,942	24.00	0,3503	61,58	0,0888	35,71	0,0514	25,94	0,0516	8,810	0,0111	0,0102	0,3355	26,90
26 juin 1845.	Œuf de poule couvé natu- rellement	1	68,750	24.00	0,3075	74,80	0,1077	41,35	0,0596	33,41	0,0661	18,95	0,0238	0,0187	0,5146	22,44
28 juin 1845.	Œuf de poule couvé naturel- lement pend. treize jours.	1	62,810	24.00	0,3329	42,74	0,0615	29,46	0,0424	13,28	0,0263	13,83	0,0174	0,0115	0,4045	1,85
1 ^{er} juillet 1845.	Œuf de poule couvé natur. pendant quinze j.; bon état.	1	85,160	24.00	0,3221	113,05	0,1640	58,05	0,0844	55,30	0,1095	29,79	0,0375	0,0308	0,3397	29,08
Moyennes des quatre observations.		"	57,165	"	0,3282	73,27	0,1055	41,29	0,0593	31,98	0,0634	17,84	0,0225	0,0176	0,3736	20,09
Résultat donné par un œuf de couleuvre en vingt-quatre heures.		"	4,56	24.00	0,2674	6,3685	0,0092	3,24	0,0046	3,125	0,0072	0,6580	0,00085	0,0017	0,2695	2,58
<i>Résultat donné en vingt-quatre heures par un œuf ramené au poids de 100 grammes.</i>																
16 juin 1844.	Couvé naturellement pendant quatorze jours	"	100,000	24.00	0,6373	112,08	0,1616	65,07	0,0935	47,21	0,0939	16,03	0,0202	0,0185	0,6106	48,96
26 juin 1845.	Couvé naturellement pendant x jours.	"	"	"	0,5515	135,63	0,1932	74,17	0,1068	89,94	0,1183	38,99	0,0426	0,0334	0,7437	40,25
28 juin 1845.	Couvé naturellement pendant treize jours.	"	"	"	0,5300	68,06	0,0980	46,90	0,0675	21,15	0,0418	22,02	0,0277	0,0183	0,6441	3,10
1 ^{er} juillet 1846.	Couvé naturellement pendant quinze jours.	"	"	"	0,5839	206,58	0,2973	105,60	0,1630	100,25	0,1885	54,00	0,0679	0,0540	0,6158	32,72
Moyennes des quatre observations.		"	"	"	0,5757	130,59	0,1875	72,94	0,1052	57,14	0,1082	31,51	0,0396	0,0310	0,6285	38,77
Résultat donné par 100 grammes d'œufs de couleuvre à collier.		"	"	24.00	5,8640	189,68	0,2039	71,05	0,1017	68,53	0,1359	14,43	0,0182	0,0379	5,9100	36,57

(41)

Observations.

1°. La perte de poids des œufs est donnée par deux pesées directes, faites, l'une avant, l'autre après l'expérience.

2°. Le volume de l'oxygène employé a été déterminé directement; son poids est calculé.

3°. Le volume de l'oxygène absorbé est la différence entre le volume de l'oxygène employé, ou disparu, et celui contenu dans le gaz carbonique; son poids est calculé.

4°. Le volume du gaz carbonique et celui du gaz azote exhalés ont été observés directement; leur poids est calculé.

5°. Le poids du carbone brûlé est déduit par le calcul de celui de l'acide carbonique formé.

6°. Le poids de l'eau exhalée par les œufs a été calculé. Voir page 30, l'équation qui donne cette quantité d'eau.

EXPÉRIENCES TOXICOLOGIQUES FAITES SUR LES ŒUFS DE POULE SOUJETS A L'INCUBATION.

Pour compléter notre travail sur la respiration des œufs pendant l'incubation, il était important de rechercher l'influence que les gaz irrespirables exercent sur eux. Le manque d'air, un excès ou un défaut de transpiration pouvant empêcher l'évolution embryonnaire d'avoir lieu, il n'était pas douteux qu'il en serait de même en plaçant les œufs dans des gaz incapables d'entretenir la respiration, malgré les assertions contraires données par Erman. Nous avons opéré avec l'oxygène, l'hydrogène et l'acide carbonique. Chacun de ces gaz a donné lieu à des phénomènes dignes du plus grand intérêt au point de vue des modifications apportées dans l'évolution des embryons et de ses annexes.

L'appareil se composait de l'étuve et des deux gazomètres;

il ne pouvait être rempli que par déplacement : aussi n'avons-nous jamais pu opérer sur des gaz purs ; mais les gaz employés ont toujours été soumis à l'analyse, afin d'apprécier leur degré de pureté.

Incubation dans l'oxygène.

Première expérience.

3 juillet 1845. — Trois œufs de poule, couvés depuis le 15 juin, à 3 heures de l'après-midi, sont employés pour cette expérience. Elle est commencée à 11^h30^m et finie le 4, à 9^h30^m du matin.

L'oxygène employé pour faire cette expérience avait été préparé en chauffant du bioxyde de manganèse d'Allemagne non purifié, et il contenait du gaz carbonique. En ayant été prévenus trop tard, et les œufs étant à notre disposition, l'expérience n'en a pas moins été faite. Cela importait peu d'ailleurs, puisqu'en peu de temps l'air est altéré dans un appareil fermé, et contient alors du gaz carbonique.

Poids des œufs avant l'expérience.....	174,112 ^{gr}
Poids des œufs après l'expérience.....	173,470
Différence ou perte.....	0,642

Le gaz contenu dans l'appareil avant et après l'expérience, et celui des chambres à air, ont été soumis à l'analyse et ont donné les résultats suivants :

Composition moyenne des gaz.

	Avant l'expér.	Après l'expér.	Chambres à air.
Gaz carbonique..	0,0149	0,2207	0,0153
Gaz oxygène....	0,8397	0,5881	0,1964
Gaz azote.....	0,1554	0,1912	0,7883
			6.

Volume du gaz contenu dans l'appareil, réduit à 0 degré et à 76 centimètres de pression barométrique.

Avant l'expérience.....	1805 ^{cc}
Après l'expérience.....	1474
Différence ou absorption.....	331

Composition du gaz en volume et en poids. Avant l'expérience.

	Volume.	Poids.
	^{cc}	^{gr}
Gaz carbonique.....	27	0,0534
Gaz oxygène.....	1516	2,1830
Gaz azote.....	262	0,3301

Après l'expérience.

	Volume.	Poids.
	^{cc}	^{gr}
Gaz carbonique.....	325	0,6435
Gaz oxygène.....	867	1,2484
Gaz azote... ..	284	0,3578

Corollaire.

	^{cc}	^{gr}
Gaz oxygène employé.....	649	0,9436
Gaz oxygène absorbé.....	351	0,5054
Gaz oxygène dans le gaz carbonique.....	298	0,4291
Gaz azote exhalé.....	22	0,0277

Les œufs soumis à l'influence du gaz oxygène en absorbent donc une certaine quantité; ils émettent, en outre, du gaz carbonique et très-peu d'azote. Ces résultats sont, comme on devait s'y attendre, dans le sens de ce qui se passe dans l'air respirable; mais les œufs n'en ont pas moins subi des altérations profondes. Lorsqu'on les ouvre, on trouve que l'embryon est rouge; les vaisseaux sanguins sont fortement colorés; *l'allantoïde est très-résistante et a plus de 1 millimètre d'épaisseur*; l'amnios est rempli d'un liquide rouge cerise. Ce liquide contient des globules sanguins extravasés; ces globules, très-visibles au microscope,

sont gonflés : ils sont beaucoup plus denses que le liquide dans lequel ils sont immergés, et se déposent rapidement à sa partie inférieure. Ce liquide s'altère rapidement et répand alors une forte odeur d'urine putréfiée. L'albumen est très-visqueux et presque membraneux ; il est solidifié et blanchi dans quelques parties et présente l'aspect de l'albumine coagulée par la chaleur.

Deuxième expérience.

5 juillet 1845. — Deux œufs incubés artificiellement depuis dix jours sont soumis à l'expérience ; un troisième œuf, pris à côté des précédents, est ouvert : il est dans un état parfait, comme s'il avait été couvé par une poule.

L'expérience est commencée à 7 heures du soir ; elle est terminée à une heure que l'on a oublié de noter :

Poids des œufs avant l'expérience.....	123,467 ^{gr}
Poids des œufs après l'expérience.....	122,300
Différence ou perte.....	1,167

Les œufs portent les n^{os} 1 et 2. Les gaz contenus dans leurs chambres à air sont examinés séparément.

Composition du gaz de l'appareil.

	Avant l'expér.	Après l'expér.
Gaz carbonique.....	0,0248	0,0489
Gaz oxygène.....	0,8463	0,8007
Gaz azote.....	0,1289	0,1504

Composition du gaz des chambres à air.

	Œuf n ^o 1.	Œuf n ^o 2.
Gaz carbonique.....	0,0081	0,0112
Gaz oxygène.....	0,1712	0,9217
Gaz azote.....	0,8207	0,0671

Volume du gaz à 0 degré et à 76 centimètres de pression barométrique.

Avant l'expérience.....	1422 ^{cc}
Après l'expérience.....	1333
Différence ou absorption.....	89

Composition du gaz en volume et en poids. Avant l'expérience.

	Volume.	Poids.
Gaz carbonique.....	35,3 ^{cc}	0,0698 ^{gr}
Gaz oxygène.....	1203,4	1,7329
Gaz azote.....	183,3	0,2309

Après l'expérience.

Gaz carbonique.....	65,0	0,1295
Gaz oxygène.....	1067,3	1,5369
Gaz azote.....	200,5	0,2526

Corollaire.

Gaz oxygène employé.....	136,1	0,1960
Gaz oxygène dans le gaz carbonique..	29,9	0,0430
Gaz oxygène absorbé.....	106,2	0,1529
Gaz carbonique produit.....	29,9	0,0592
Gaz azote exhalé.....	17,2	0,0216
Carbone dans le gaz carbonique.....	"	0,0161

L'œuf n° 1 est moins dense que l'eau. Ouvert, il paraît avoir subi l'incubation jusqu'au sixième jour et n'est point altéré.

L'œuf n° 2 est développé jusqu'au douzième jour, ainsi que cela devait être; mais il présente plusieurs modifications considérables: l'animal est rouge, l'allantoïde est fort épaissie, etc. Cet œuf présente d'ailleurs exactement les mêmes caractères que ceux de l'expérience précédente du 3 juillet 1845.

Incubation dans l'hydrogène.

16 juillet 1845. — L'appareil n'a pu être rempli autrement que par déplacement, et il y est resté de l'air. Cet air, dont il a été tenu compte par l'analyse, n'a pas troublé les résultats négatifs qui étaient attendus et que l'on eût eus en employant l'hydrogène pur.

Deux œufs de poule sont employés à cette expérience ; ils étaient soumis à l'incubation naturelle depuis le 3 juillet, à 7 heures du soir.

L'expérience commence le 16, à 11^h 30^m ; elle est terminée le 18, à 6^h 45^m du matin :

Poids des œufs avant l'expérience.	105,000 ^{gr}
Poids des œufs après l'expérience.	103,370
Différence ou absorption.	1,630

Composition du mélange gazeux contenu dans les gazomètres.

	Avant l'expér.	Après l'expér.
Gaz hydrogène.	0,7481	0,6476
Gaz oxygène.	0,0524	0,0580
Gaz azote.	0,1995	0,2510
Gaz carbonique.	0,0000	0,0164

Composition des gaz contenus dans les chambres à air.

	OEuf n° 1.	OEuf n° 2.
Gaz hydrogène.	0,0000	0,0213?
Gaz oxygène.	0,1115	0,1872
Gaz azote.	0,8885	0,7915
Gaz carbonique.	0,0000	0,0000

Volume du gaz de l'appareil à 0 degré et 76 centimètres de pression barométrique.

Avant l'expérience.	1317 ^{cc}
Après l'expérience.	1264
Différence ou absorption.	53

Composition du gaz en volume et en poids. Avant l'expérience.

	Volume.	Poids.
Gaz hydrogène.	985 ^{cc}	0,0886 ^{gr}
Gaz oxygène.	69	0,0994
Gaz azote.	263	0,3314

Après l'expérience.

	Volume.	Poids.
Gaz hydrogène.....	853 ^{cc}	0,0768 ^{gr}
Gaz oxygène.....	73	0,1051
Gaz azote.....	317	0,3997
Gaz carbonique.....	21	0,0415

Corollaire.

Hydrogène disparu.....	132 ^{cc}
Oxygène en plus.....	4
Azote en plus.....	54
Gaz carbonique exhalé.....	21

Ce corollaire conduit à penser que l'appareil ne fermait pas exactement, que de l'hydrogène a pu s'en échapper, et que de l'air a pu y rentrer. Quoi qu'il en soit, le plus important était de constater l'action toxicologique exercée par ce gaz sur les œufs, et ce résultat a été obtenu d'une manière très-satisfaisante. A l'autopsie des œufs on observe qu'ils offrent un contraste frappant avec ceux soumis à l'action de l'oxygène. En ouvrant les œufs par la chambre à air, on en aperçoit le fond, qui est jaune; l'embryon est pâle, *en partie résorbé* et recouvert d'un lambeau de membrane indéterminable. On n'aperçoit aucune trace de vaisseaux ni d'allantoïde; le jaune a perdu sa consistance, et il ne reste que très-peu d'albumen interne.

Il résulte de cette observation que, sous l'influence du gaz hydrogène, le sang et les tissus sont profondément altérés; que celui-là se décolore entièrement et que ceux-ci sont résorbés.

Incubation dans le gaz carbonique.

19 juillet 1845. — Trois œufs de poule, couvés naturellement depuis le 5 du mois courant, sont placés dans l'appareil à incubation, que l'on remplit de gaz carbonique par voie de déplacement.

Toutes les mesures sont prises, comme dans les expériences précédentes, pour obtenir des résultats complets; mais il y a une forte absorption de gaz par l'eau des gazomètres, et ces mesures sont ainsi devenues inutiles.

Avant l'expérience, le gaz de l'appareil contient 0⁸,9164 d'acide carbonique; le reste est de l'air.

A la fin de l'expérience, le gaz contenu dans les chambres à air des œufs est soumis à l'analyse par la potasse et le phosphore. Il donne :

	N ^o 1.	N ^o 2.
Gaz carbonique	0,0163	0,0866
Gaz oxygène	0,1493	0,1729
Gaz azote	0,8344	0,7405

Un des œufs soumis à l'incubation dans le gaz carbonique a pu être complètement dénudé de sa coque calcaire sans éprouver aucune rupture. L'allantoïde présente de véritables ecchymoses; le sang a une couleur rouge vif, comme celle du sang artériel. Plusieurs vaisseaux sont blancs, parce qu'ils ne renferment plus de sang; d'autres présentent encore un filet rouge, et sont accompagnés d'un filet blanc : on ne peut déterminer lequel des deux est une veine ou une artère. Il est toutefois probable que c'est le système artériel qui est vide, puisque la respiration n'a pu avoir lieu, et que le sang a dû s'arrêter dans les capillaires de l'allantoïde où s'opère l'hématose.

Corollaire.

Les expériences toxicologiques dont le résultat est consigné dans ce paragraphe confirment parfaitement toutes celles qui précèdent, et démontrent comme elles la nécessité de l'intervention de l'oxygène pendant l'incubation des œufs aériens. Elles démontrent en outre, comme celles du même ordre, faites sur les têtards des batraciens, que ce qui est vénéneux pour les animaux adultes l'est aussi, et de la même manière, pour les embryons de ces

mêmes animaux. Ces sortes d'expériences offrent en outre un grand intérêt par la nature des altérations produites par des agents déterminés. Les effets produits par l'oxygène, l'hydrogène et le gaz carbonique sont très-remarquables et fort distincts : ces deux derniers gaz ne peuvent point être considérés comme inactifs et seulement comme ne pouvant remplacer le gaz oxygène, car ils produisent des effets qu'il est impossible de confondre. Les expériences faites sur les tétards ont prouvé que l'hydrogène est réellement vénéneux; c'est un agent réduisant qui, mis en contact avec le sang des capillaires, doit s'opposer complètement à l'hématose. Mais il fait plus encore, car il détruit le résultat de l'hématose, puisqu'il décolore complètement le sang, et qu'il fait que les éléments des organes disparaissent. Il est probable que les agents réduisants en général, tels que le *grisou*, qui est un protocarbure d'hydrogène, et quelques émanations miasmatiques, peuvent agir comme l'hydrogène. C'est peut-être une certaine quantité de grisou répandue dans l'atmosphère des mines d'Anzin, qui a donné lieu à l'anémie épidémique qui a frappé les ouvriers de ces mines en 1811.

Il est bien désirable que l'on entreprenne des expériences complètes sur la respiration de l'homme et des animaux adultes, de même ordre que celles qui sont consignées dans ce Mémoire, et qu'on les fasse comparativement sur des individus atteints de différentes affections morbides : on y trouverait de précieux renseignements sur l'étiologie des maladies. Déjà nous avons fait construire des appareils considérables, et des expériences ont été tentées dans cette direction ; mais nous n'avons pas encore pu y consacrer le temps nécessaire pour en tirer des conséquences utiles. Il est bien désirable aussi que l'on perfectionne les moyens employés pour analyser l'air, et qu'on les rende aussi simples que possible afin qu'un grand nombre de médecins puisse les mettre en pratique. On obtiendrait ainsi une foule de renseignements sur les causes des maladies.

EXPÉRIENCES RELATIVES AUX ŒUFS AQUATIQUES.*Recherches sur les conditions nécessaires au développement des batraciens.*

Les conditions nécessaires au développement des batraciens sont, comme pour les oiseaux, la fécondation, l'alimentation, la modification des aliments par la présence de l'oxygène, puis enfin l'influence de la lumière et d'une température convenable. Il est bien probable que l'électricité doit jouer un rôle important dans cet acte de la vie, mais nous n'avons rien qui ait pu nous permettre de le constater ni de l'affirmer. Pour nous, toutefois, la lumière, la chaleur et l'électricité dérivent d'une source commune, et ne sont que des modifications phénoménales ou apparentes du mouvement général qui détermine toutes les réactions indispensables à la formation et à l'organisation des êtres.

Comme pour les œufs des oiseaux, nous mettrons de côté ce qui est relatif à la fécondation, afin de ne nous occuper que des autres conditions.

Influence de l'alimentation.

Il est évident que l'animal ne crée point les matériaux nécessaires à son existence, et qu'il les puise au dehors. S'il est bien certain que les germes animaux puisent les éléments nécessaires à leur édification dans l'œuf même, il est aussi bien démontré qu'ils empruntent quelque chose au fluide dans lequel ils sont plongés. Ne se pourrait-il point que les œufs aquatiques, qui sont immergés dans l'eau, empruntassent aussi quelque chose aux substances que ce liquide tient en dissolution? Nous démontrerons que cela est indispensable pour l'oxygène, que cela paraît être aussi indispensable pour les matériaux inorganiques, et peut-être même pour les matières organiques que l'eau pourrait contenir. En effet, M. Rusconi a déjà vu que des œufs de salamandre, privés de leur enveloppe et placés dans l'eau or-

dinaire, pouvaient y subir les différentes phases de leur évolution. Nous avons répété cette expérience, et nous avons vu que le développement de l'embryon *était même plus rapide que dans les circonstances ordinaires*. Quant aux matériaux anorganiques, ainsi que cela vient d'être dit, ils sont puisés dans le fluide ambiant; ceci est prouvé bien nettement par la comparaison des produits de l'incinération des œufs de grenouille avant la fécondation, et des œufs de têtard à divers degrés de développement. Les premiers ne contiennent nullement les éléments des derniers; par conséquent, ces éléments sont puisés au dehors. Nous pouvons le dire ici, d'ailleurs: l'appel de ces matériaux anorganiques est une chose indispensable à l'être animé; s'il n'avait point lieu, les particules organiques demeureraient sans consistance, et les tissus qui en sont formés, dépourvus de solidité, ne pourraient résister à la pesanteur, et conserver la forme qui leur est donnée par la puissance créatrice. Mais comment se fait-il que, selon l'âge de l'animal, il y ait un choix parmi les matériaux qui l'entourent? comment se fait-il que les premiers diffèrent essentiellement des derniers, non-seulement par leur nature, leur proportion, mais encore par leur localisation? Le fer appartient principalement à la matière colorante du sang des animaux adultes; chez les plus jeunes têtards, il fait partie de tout l'être, et en quantité relativement très-considérable. Ce sont là des faits que nous sommes heureux d'avoir pu constater; mais qu'il ne nous appartient pas encore d'expliquer.

Influence de l'oxygène.

Si les aliments sont nécessaires au développement de l'animal, l'intervention de l'oxygène ne l'est pas moins. C'est ce qui ressortira pleinement des expériences dont le détail va suivre. Ces faits d'ailleurs, comme on l'a vu dans la première partie de ce travail, sont complètement démontrés pour les œufs aériens. Il ne restait qu'à rechercher

si la même chose avait lieu pour les animaux pondant des œufs aquatiques.

Pour soumettre les œufs des batraciens à l'influence de l'oxygène et de divers autres gaz, nous les avons introduits avec de l'eau dans des flacons à deux tubulures, *Pl. II, fig. 10*. La tubulure moyenne de ces flacons était traversée par un tube très-rétréci à son extrémité inférieure, qui plongeait dans le liquide, tandis que son extrémité supérieure était soudée à un tube plus large pouvant servir d'entonnoir, et auquel il était facile d'adapter un bouchon, soit pour le fermer, soit pour le faire communiquer avec un appareil générateur de gaz. La seconde tubulure recevait un tube à recueillir les gaz, dont la branche aspirante était longue, très-rétrécie à son ouverture et permettait de fermer l'appareil en la plongeant dans le liquide.

En plaçant des œufs de batraciens dans le flacon et le remplissant complètement d'eau, on pouvait y faire parvenir un gaz par la tubulure moyenne, tandis que de l'eau sortait par la tubulure latérale. Lorsque l'expérience était terminée, il était facile d'obtenir une partie du gaz de l'appareil pour le soumettre à l'analyse. Pour cela il suffisait de verser de l'eau par la tubulure moyenne et de soulever la branche interne du tube latéral au-dessus du niveau de l'eau : le gaz se trouvait déplacé par le liquide afférent et s'écoulait par le tube latéral.

1^o. En avril 1842, des œufs de grenouille grise ont été introduits dans une cloche qu'ils remplissaient complètement. Cette cloche a été ensuite renversée sur le mercure.

Pendant quelques jours on a vu les embryons se remuer; mais tout mouvement a cessé, et les animaux sont morts.

2^o. A la même époque, des œufs du même animal ont été introduits dans des flacons complètement remplis d'eau distillée, privée d'air par l'ébullition, puis ces flacons ont été bouchés hermétiquement.

On a vu les embryons se remuer pendant quelques jours : enfin ils sont tous morts en peu de temps.

Cette expérience a été faite dans l'obscurité et à la lumière solaire : elle a toujours donné le même résultat.

3°. Le 1^{er} avril 1844, à 1^h 25^m, des œufs de grenouille, en bon état, ont été introduits dans trois flacons remplis d'eau distillée, bouillie la veille et refroidie sans le contact de l'air. Les flacons ont été parfaitement bouchés sans qu'il s'y trouvât une seule bulle d'air. Ils ont été exposés au soleil, à une température de + 22 degrés et par un beau temps.

A 1^h 45^m, trois nouveaux bocaux ont été préparés comme les précédents ; mais ils avaient été remplis avec de l'eau de Seine aérée. En outre, des œufs de grenouille ont été placés à côté des précédents, dans l'eau de Seine en communication avec l'air ambiant.

Ces expériences ont donné lieu aux observations suivantes :

Le 3 avril, tous les embryons de grenouille placés dans l'eau distillée bouillie étaient morts ; ils étaient à demi sortis de leurs enveloppes. Les embryons placés dans l'eau de Seine privée du contact de l'air vivaient encore.

Le 4 avril, tous les embryons contenus dans un flacon d'eau de Seine étaient morts.

Le 5 avril, tous les embryons contenus dans les deux autres flacons vivaient encore et avaient pris un grand développement.

Le 10 avril, la moitié des têtards du deuxième flacon était morte. Les têtards restants paraissaient se bien porter ; cependant ils sont morts successivement, et le 16 avril, il n'en restait plus un seul vivant dans aucun flacon.

Les œufs placés à côté des précédents dans de l'eau de Seine communiquant avec l'air libre se sont développés lentement ; mais les têtards qui en sont provenus se por-

taient encore très-bien le 21 avril, jour où l'expérience a été arrêtée.

4°. Le 1^{er} avril 1843, vingt œufs de grenouille grise ont été introduits dans un flacon contenant 2 décilitres d'eau de Seine et 3 décilitres d'air; ce flacon fut ensuite bien fermé. Tous les œufs sont éclos depuis le jour où l'on a commencé l'expérience, jusqu'au 9 avril.

Tous les têtards produits furent très-agiles et parurent se bien porter; mais ils se sont très-peu développés. La même expérience a été répétée un grand nombre de fois avec le même résultat.

Ces expériences semblent démontrer que les têtards, après leur sortie de l'œuf, ont besoin d'aliments que les débris de leurs enveloppes ne peuvent leur procurer, et que l'oxygène n'est pas le seul agent qui leur soit indispensable.

5°. Le 22 mai 1842, vingt têtards noirs, récemment éclos, ont été introduits dans un des flacons à deux tubulures, décrits précédemment. Ce flacon contenait de l'eau aérée et de l'air.

Le 3 juin ils étaient tous vivants et bien portants.

L'air du flacon, soumis à l'analyse, ne renferme plus que 0,20 d'oxygène. L'air en renfermant généralement 0,008 de plus que cette quantité, il en résulte que ce qui manquait avait été consommé par les jeunes têtards.

En 1846 nous avons entrepris des expériences pour voir s'il se produisait de l'acide carbonique pendant l'évolution embryonnaire des batraciens; mais nous n'avons pu nous procurer que des œufs non fécondés, qui n'ont pu nous donner aucun résultat utile.

Les expériences toxicologiques faites avec l'acide carbonique et différents gaz autres que l'air complètent ce qui vient d'être dit, et démontrent la nécessité de l'intervention de l'oxygène, pour que l'évolution embryonnaire des batraciens ait lieu : ceci est, d'ailleurs, bien conforme à ce que nous avons observé chez les œufs aériens. Dans

la partie toxicologique on trouvera, en outre, la preuve que les enveloppes des œufs des batraciens sont éminemment perméables aux liquides, et que c'est par imbibition et endosmose que l'eau aérée et chargée de matières salines parvient à l'embryon.

Influences de la chaleur et de la lumière.

Nous avons déjà eu occasion de dire qu'une température de 12 degrés au moins était nécessaire pour que l'évolution embryonnaire des batraciens pût se faire convenablement. Nous pouvons ajouter ici que la rapidité du développement est en rapport avec la température : quand elle est trop basse, il n'a pas lieu ; quand elle est trop élevée, il marche lentement. Il est rapide au contraire, si la température est élevée de 20 à 25 degrés. La lumière accélère aussi le développement des têtards. On sait depuis longtemps qu'on peut le retarder, pour ainsi dire, indéfiniment, en les plaçant dans un endroit obscur et dont la température est peu élevée, dans une cave par exemple.

Nous n'avons pu apprécier l'influence de l'électricité ; mais nous devons dire que, toutes les fois qu'une grande quantité de têtards a été conservée dans un volume d'eau, relativement faible, ils ont toujours péri lorsqu'un orage est survenu. Nous avons eu occasion d'observer ce fait un assez grand nombre de fois, dans la suite de nos recherches qui ont duré plusieurs années, pour que nous puissions le considérer comme positif et constant. On sait, d'ailleurs, que le poisson, même adulte, périt dans des circonstances semblables.

EXPÉRIENCES TOXICOLOGIQUES SUR LES OEUFS FÉCONDÉS
DES BATRACIENS.

Pour compléter nos expériences sur les œufs des batraciens, nous les avons mis en rapport avec des agents pon-

dérables de divers ordres, tels que des gaz irrespirables, des substances vénéneuses et quelques composés salins.

Nous ne rapportons ici que les faits relatifs aux gaz irrespirables.

Influence des gaz irrespirables.

Acide carbonique. — Le 1^{er} avril 1842, des œufs de grenouille ont été introduits dans des flacons remplis d'eau distillée chargée d'acide carbonique; les flacons ont été ensuite bien bouchés et placés, les uns à la lumière solaire, les autres dans l'obscurité. En peu de jours tous les embryons sont morts.

Le 1^{er} avril 1843, l'expérience précédente a été répétée et a donné exactement le même résultat. Les embryons sont morts dans l'œuf. Le 10 avril, ils étaient ratatinés: l'albumen interne était devenu opaque et adhérait après eux; l'albumen externe était considérablement dilaté.

Hydrogène. — Le 1^{er} avril 1843, on a fait passer un courant d'hydrogène dans de l'eau où plongeaient de petits têtards, et l'air contenu dans la partie supérieure du flacon a été complètement remplacé par ce gaz. Le 10 avril, il y avait des animaux morts; mais il en restait encore de vivants. Nous pensons que de l'air est rentré dans l'appareil. Un accident nous a empêchés de soumettre à l'analyse celui qui se trouvait dans le flacon.

Le 22 mai 1842, la même expérience a été faite dans l'appareil de la *Pl. II*, *fig.* 10, décrit précédemment. Les têtards exécutaient des mouvements lents; ils paraissaient engourdis et ne donnèrent bientôt plus quelque signe de vie que lorsque l'on agitait le vase qui les contenait. *Ils sont tous morts en une heure.*

Les expériences suivantes ont été faites sur des têtards récemment éclos.

Oxygène. — Le 22 mai 1842, vingt têtards de grenouille ont été introduits dans de l'eau où l'on a fait passer

un courant d'oxygène. Le 3 juin suivant, deux têtards sont morts, les autres paraissent en bon état; l'eau est colorée en brun. Le gaz de l'appareil, soumis à l'analyse à la fin de l'expérience, n'a pas donné l'indice de la présence de l'acide carbonique, et était composé ainsi qu'il suit :

Oxygène.....	0,316;
Azote.....	0,684.

De l'air est évidemment rentré dans l'appareil, car l'azote s'y trouvait en trop grande quantité pour avoir pu être exhalé par les têtards. Si ces embryons ont pu résister à l'action d'une si grande quantité d'oxygène, cela tient évidemment au peu de solubilité de ce gaz dans l'eau; et si le gaz du flacon ne contenait pas d'acide carbonique, on peut l'attribuer à une action contraire de la part de ce dernier gaz.

Protoxyde d'azote. — Le 22 mai 1842, vingt petits têtards ont été introduits dans un flacon rempli d'eau distillée, où l'on a fait passer un courant de protoxyde d'azote. Les petits têtards ont paru beaucoup plus animés que ceux que l'on avait placés dans de l'eau aérée pour les observer comparativement : ils exécutaient des mouvements incohérents qui simulaient une espèce d'ivresse. *Une heure après ils étaient tous morts.*

Cette dernière série d'expériences démontrerait, s'il en était besoin, l'indispensable nécessité de l'intervention de l'oxygène pour que l'évolution embryonnaire des batraciens pût s'exécuter. En effet, les petits têtards renfermés dans l'œuf sont déjà munis de branchies dans lesquelles on voit le sang circuler; ces branchies, sans aucun doute, fonctionnent comme celles des animaux adultes qui en sont pourvus, et l'action que l'oxygène exerce immédiatement sur le sang, après avoir traversé leurs parois, est le premier moteur de la circulation dont l'indispensable nécessité est démontrée, soit pour porter la vie dans toutes les parties de l'être, soit pour y distribuer les matériaux divers qui

doivent servir à son édification, soit enfin pour entraîner au dehors ceux qui ont accompli leur rôle vital.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

1°. Le poids des œufs aériens, comme on le savait depuis longtemps, diminue pendant l'incubation.

2°. L'air respirable contenant une certaine quantité d'humidité pour les œufs aériens et une température convenable sont indispensables pour que l'incubation ait lieu.

3°. Les œufs aériens absorbent de l'oxygène et émettent dans le même temps de l'eau, du gaz carbonique, de l'azote et un produit sulfuré indéterminé.

4°. La perte de poids des œufs est toujours inférieure à la somme des poids de l'eau, de l'acide carbonique et de l'azote qu'ils exhalent; elle est même inférieure à la somme des poids de l'eau, de l'azote, et non de l'acide carbonique, mais seulement du carbone qu'il contient; car on peut admettre que l'oxygène de cet acide a été emprunté à l'air.

Cela est évidemment dû à ce que, en même temps que le poids des œufs diminue par la perte de ces produits, ils absorbent de l'oxygène qui l'augmente.

5°. Le gaz oxygène nécessaire à l'incubation se divise en deux parties : une qui donne naissance à de l'acide carbonique; l'autre qui est absorbée ou qui sert à produire de l'eau.

6°. Le volume de l'oxygène absorbé est sensiblement le même que celui qui existe dans le gaz carbonique, et le volume de l'azote est environ la moitié de ce dernier ou le quart de l'oxygène employé.

7°. L'oxygène employé, le carbone et l'azote exhalés sont en proportions définies et peuvent être représentés par $8O + 2C + Az$, qui donnent $4O + 2CO_2 + Az$. Si l'oxygène est employé à brûler de l'hydrogène, on a $4HO + 2CO_2 + Az$, dont H_4C_2Az viennent de l'œuf et

représentent un produit qui se détruit, ou l'excédant d'un ou de plusieurs produits qui changent de nature.

8°. Que la moitié de l'oxygène soit absorbée ou combinée, ou employée à faire de l'eau, il en résulte que l'œuf qui a subi l'incubation *est plus oxygéné que celui qui ne l'a pas subie*, puisque la quantité d'oxygène qu'il contient normalement demeure la même si elle n'augmente, et que le carbone et l'azote diminuent.

9°. Les phénomènes de l'évolution embryonnaire représentent une véritable nutrition, dans laquelle les aliments ne deviennent assimilables, ou plutôt ne se distribuent selon certaines lois pour créer un animal, qu'après avoir subi l'action de l'oxygène.

10°. La nutrition dans l'œuf paraissant, par les phénomènes qui l'accompagnent, tout à fait comparable à celle qui a lieu chez les animaux adultes, il en résulte que l'assimilation ne peut avoir lieu chez ces derniers qu'après que les aliments entraînés dans l'appareil circulatoire ont subi l'influence de l'oxygène par l'acte de la respiration. Cela semblera d'autant mieux fondé si l'on considère que le canal thoracique qui reçoit les aliments puisés dans les intestins des animaux s'ouvre toujours dans le système veineux et dans un point rapproché de l'organe de la respiration.

Vu et approuvé,

Le 5 juillet 1847.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,

J. DUMAS.

Permis d'imprimer,

Pour Monsieur le Vice-recteur en congé,

L'INSPECTEUR D'ACADÉMIE DÉLÉGUÉ,

RAGON.

THÈSE DE PHYSIQUE.

PROPOSITIONS DE PHYSIQUE.

I.

Dispersion de la lumière.

II.

Instruments à vent; tuyaux de flûte fermés; tuyaux de flûte ouverts; instruments à anches.

III.

La quantité de chaleur renfermée dans les corps n'est rigoureusement proportionnelle au produit de leur masse, par leur chaleur spécifique et leur température, que dans des limites très-resserrées. Il est indubitable qu'il faut tenir compte de la variation de volume que les corps éprouvent lorsque l'on modifie leur température.

Cela ressort, de la manière la plus évidente, des expériences de Berthollet sur la compressibilité des métaux; des observations de M. Despretz; de l'enseignement de Dulong; des chaleurs spécifiques déterminées par M. Regnault, en opérant sur des corps écrouis à différents

degrés: et sur celles que j'ai faites sur la chaleur spécifique des corps polymorphes.

Vu et approuvé,

Le 5 juillet 1847.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,

J. DUMAS.

Permis d'imprimer,

Pour Monsieur le Vice-recteur en congé,

L'INSPECTEUR D'ACADÉMIE DÉLÉGUÉ,

RAGON.



IMPRIMERIE DE BACHELIER,
rue du Jardinnet, 12.