

SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

CONTRIBUTION

A L'ÉTUDE

DES

PIGMENTS MICROBIENS

PAR

Ph. LASSEUR et F. GIRARDET

INTRODUCTION

Les pigments bactériens ont suscité des recherches nombreuses. La plus grande partie des travaux a été consacrée aux caractères de solubilité, à l'action des acides, des bases, des réducteurs et des oxydants sur ces substances colorantes. Quelques rares auteurs ont abordé la composition chimique des pigments microbiens. Par contre, l'examen spectroscopique qualitatif fut très en honneur chez les microbiologistes.

Cette orientation particulière des travaux tient à la nature même des corps colorés fabriqués par les Bactéries. En effet, de tous les pigments microbiens connus, cinq seulement cristallisent facilement, ce sont : la *pyocyanine*, la *chlororaphine*, les *Bactériopurpurines*, le pigment de l'*Actinomyces mordoré* G. THIRY et CHAMOT, et la substance isolée par JOSÉ de SEIXAS-PALMA (1).

(1) A notre instigation, M. VERNET prépare un travail où sera résumé l'état actuel de nos connaissances sur les pigments bactériens.

Avec toutes les autres matières colorantes microbiennes, il est impossible d'obtenir de beaux cristaux. Par évaporation des solutions colorées, on observe bien parfois de vagues ébauches cristallines, mais elles ne permettent pas de réaliser la purification exigée par l'analyse élémentaire des matières organiques.

Or, pour la partie visible du spectre, la seule (1) explorée du reste, la présence d'impuretés non colorées n'offre pas d'inconvénients graves en spectroscopie qualitative. De plus, le rendement des cultures, en matière colorante est extraordinairement faible (2). On conçoit donc aisément que les microbiologistes aient songé à caractériser les pigments par leur spectre d'absorption.

Malheureusement, l'immense majorité des auteurs a adopté une échelle arbitraire sans concordance avec les longueurs d'onde. En utilisant la notation en longueur d'onde et en suivant les techniques spéciales de HARTLEY et FORMANEK, on pouvait espérer reprendre avec fruit l'étude de l'absorption des pigments microbiens. C'est ce que nous nous proposons de faire dans le présent mémoire. Nous relaterons aussi quelques faits nouvellement acquis sur la composition des pigments et sur leurs propriétés. Car, pour nombre de matières colorantes, non cristallisables, les réactions décrites comme étant caractéristiques de tel ou tel pigment, ne sont en réalité que la réaction de l'impureté X, additionnée d'un peu de pigment. L'analyse capillaire nous a permis de pousser assez loin la purification des corps colorés non cristallisables et, de ce fait, nous avons diminué notablement l'importance de l'impureté dans les réactions colorantes.

Au cours de ce travail, nous nous sommes heurtés à de nombreuses difficultés, mais elles ont été rapidement aplanies, grâce à l'amabilité de MM. les Professeurs GUTTON (Nancy), CROZE (Nancy), PURVIS (Cambridge), NOELTING et GRANDMOUGIN (Mulhouse), WILD (Mulhouse), BANDERET (Mulhouse), à l'obligeance de M. le Professeur FORMANEK (Prague), MM. HAVAS et G.

(1) A deux exceptions près.

(2) Et la microanalyse n'est pas encore d'un usage courant.

GROSS (Mulhouse), à l'aide amicale de MM. J. HARTLEY (Londres),
GRÉGOIRE DE BOLLEMONT (Nancy) et GILLE (Nancy).

*
* *

Avant d'exposer nos résultats expérimentaux, nous résumeront brièvement les techniques que nous avons utilisées et les modes de représentation des résultats que nous avons adoptés.

TECHNIQUE

Milieux de culture. — Les différents germes ont étéensemencés sur les milieux qui, tout en étant les plus favorables à la fonction chromogène, se prêtaient le mieux à l'isolement du pigment.

Solvant. — Nous avons utilisé les solvants suivants : alcool éthylique, éther, acétone, chloroforme, éther de pétrole, benzine, pyridine. Tous ces produits ont été débarrassés de leurs impuretés habituelles (1). Pour certains solvants, les produits commerciaux (2) étaient suffisants ; par exemple, l'acétone obtenue par décomposition de sa combinaison bisulfite par la soude.

Purification

a) CRISTALLISATION. — La pyocyanine et ses sels, la xanthoraphine, l'oxychlororaphine, ont été purifiées par cristallisation troublée.

Pour les autres substances, un refroidissement très lent des solutions, l'emploi de mélange réfrigérants, la saturation des solutions à basses températures (solutions diluées) n'ont pas permis, pas plus d'ailleurs que tous les autres artifices de cristallisation, d'obtenir des formes cristallines nettes et abondantes.

L'addition d'eau aux solutions alcooliques chaudes de prodigiosine précipite la matière colorante en grains très fins, res-

(1) L'éther, par exemple, a souvent une réaction acide.

Par ses impuretés, l'éther agit fréquemment comme oxydant, ainsi s'expliquent les résultats contradictoires obtenus par différents auteurs utilisant l'éther pur du commerce.

(2) Avant 1914,

tant longtemps en suspension. On rassemble aisément ces grains par l'emploi de centrifugeuses à grande puissance.

Dans de nombreux cas, les pigments microbiens sont accompagnés d'impuretés qui s'opposent à la cristallisation. Ainsi, en partant de pyocyanine brute, on ne réaliserait pas d'emblée la cristallisation troublée (1) ; ce n'est que lorsque l'on a déjà éliminé une partie des impuretés par cristallisation lente que la cristallisation troublée est possible.

Souvent les pigments microbiens sont accompagnés de résines qui suffiraient à elles seules à s'opposer à la cristallisation. Il faudrait donc trouver un procédé permettant d'éliminer les résines sans trop perdre de pigment. Dans l'impossibilité où l'on était de faire cristalliser certaines matières colorantes, nous avons eu recours au procédé de purification ci-dessous.

b) ANALYSE CAPILLAIRE. — L'analyse capillaire de GOPPELSROEDER peut rendre de grands services dans l'étude des pigments microbiens. Tout d'abord, elle permet rapidement de se rendre compte si un pigment vert, violet, orange, etc..., correspond à une ou plusieurs substances colorantes. Et, de ce fait, elle oriente dès le début les méthodes d'extraction.

De plus, pour les pigments non cristallisables, on a intérêt à les purifier par la méthode de GOPPELSROEDER. Nous avons vu que, dans la partie visible du spectre, des impuretés peu ou pas colorées ne gênent pas beaucoup l'examen spectroscopique qualitatif. Mais, dans l'ultra-violet, les choses se passent tout autrement, de nombreux corps incolores, au sens ordinaire du mot, absorbent avec plus ou moins d'intensité les radiations de courtes longueurs d'onde (2).

Ces impuretés peuvent avoir une importance considérable dans l'ultra-violet.

Dans la pratique de l'analyse capillaire, on a parfois avan-

(1) Il est bien entendu que, par évaporation, on obtient du premier coup des cristaux de pyocyanine

(2) Ces substances doivent donc être considérées comme colorées, au sens large du mot.

tage (LASSEUR 1914), à utiliser les différences de vitesse d'ascension capillaire. Quoiqu'il en soit, il faut s'efforcer de concentrer les colorants dans des bandes très étroites et aussi éloignées que possible les unes des autres. Les pigments étant généralement sensibles à l'action de l'oxygène de l'air, il y a intérêt à effectuer l'analyse dans une atmosphère de gaz inerte.

Il est évident que la substance adsorbante joue un rôle capital et qu'il faut savoir l'adapter à chaque cas particulier. Les deux exemples ci-dessous montrent l'influence de la nature de la substance adsorbante :

I — MÉLANGE FUSCHINE + VERT DE MÉTHYLE.

PAPIER	SURFACE DE LA ZONE COLORÉE EN VERT
N ^o 1	2 m/m × 10 m/m.
N ^o 2	26 m/m × 10 m/m.
N ^o 3	65 m/m × 10 m/m.

II. — PIGMENT VERT D'*Aleurisma flavissimum*

PAPIER	SURFACE DE LA ZONE COLORÉE EN VERT.
N ^o 1	2 m/m × 10 m/m.
N ^o 2	12 m/m × 10 m/m.

Le rôle du solvant est tout aussi important, mais, pour cette question, nous renvoyons le lecteur à la note publiée par l'un de nous (LASSEUR 1914).

Spectre d'absorption

NOTATION.—Nous avons vu que les microbiologistes ont le plus souvent adopté une échelle arbitraire. Certes, on peut décrire sommairement les spectres d'absorption en indiquant la position des bandes par rapport aux raies de FRAUENHOFER, mais ces indications sont insuffisantes pour caractériser un spectre. Il faut adopter un mode de notation indépendant du degré de dispersion de l'appareil : la notation en longueurs d'onde.

Dans beaucoup de travaux, les auteurs n'ont même pas repéré leur bande par rapport aux différentes raies de FRAUENHOFER, ils se sont contentés d'indiquer que la raie D concordait

avec la division 50 ou 100 de leur échelle micrométrique. Certains ont même omis ce dernier point de repère.

FACTEURS RÉGISSANT L'ABSORPTION. — L'absorption dépend de la nature de la substance dissoute, de l'épaisseur de la couche absorbante, de la concentration de la solution, de la nature du solvant, de l'âge de la solution et de la température à laquelle est effectué l'examen spectroscopique.

Épaisseur. — On ne définit pas une bande d'absorption en disant qu'elle s'étend de : $\lambda = \dots$ à $\lambda = \dots$

C'est ce qui ressort de l'exemple suivant, où nous voyons les limites de la bande varier avec l'épaisseur de la couche de liquide absorbant.

<i>Bacillus Kiliensis</i>	
Solution alcoolique à 34,8 m/mgr %.	
ÉPAISSEUR EN M/M.	1 ^{re} BANDE
—	—
	$\mu\mu$.
10	de $\lambda = 542$ à $\lambda = 534$.
40	de $\lambda = 557$ à $\lambda = 521$.

Concentration, ionisation, solvation. — A concentration constante, l'absorption croît sensiblement suivant une fonction exponentielle de l'épaisseur de la couche absorbante. De même, à épaisseur constante, l'absorption d'un corps coloré « dans un même dissolvant est une fonction exponentielle de la concentration ».

En augmentant, la concentration des solutions, on devrait donc constater un élargissement des bandes d'absorption analogue à celui que nous venons d'observer dans le tableau précédent. Mais, en faisant varier la concentration, on peut modifier le corps dissous et entraîner des phénomènes d'ionisation. Ce qui nous conduit à l'étude des phénomènes d'hydrolyse, de solvation, d'ionisation (1), et de polymérisation.

(1) Les solutions saturées de chlorure cuivreux sont vertes, les solutions diluées sont bleues et, par rétrogradation de l'ionisation (addition de NaCl), la coloration redevient verte.

Les solutions aqueuses de safranine O sont rouges, et les solutions alcooliques sont oranges, avec une forte fluorescence. La prodigiosine donne des solutions rouges avec l'alcool, jaunes avec l'éther, et jaunes serin avec l'acétone.

Le pigment du Bacille violet est soluble en bleu violacé dans l'alcool éthylique et en violet rouge dans l'acétone, l'éther et l'alcool méthylique. Pour expliquer ces variations de coloration on ne saurait invoquer l'action des impuretés des solvants, parce que d'une part les solvants ont été purifiés et que, d'autre part, les impuretés ont une réaction acide dans l'éther et alcaline (*amines*) dans l'alcool méthylique (1).

Considérons la couleur d'une solution et la couleur de la radiation absorbée par cette solution, nous constatons que la couleur du spectre absorbée et celle de la solution se complètent pour donner de la lumière blanche. La solution colorée absorbe la couleur complémentaire du spectre (2).

Lorsque les pigments donnent des solutions de couleurs différentes avec les divers solvants, on peut prévoir à l'avance un déplacement et le sens de déplacement du spectre d'absorption. Les modifications du spectre peuvent parfois être plus importantes ; ainsi, certaines substances n'offrent qu'une seule bande d'absorption en solution aqueuse et en présentent

(1) Comme exemple de modification, au sein d'un dissolvant, on peut encore citer le polymère de la diphenylphénacetylpyrrolone. Ce corps, qui est cristallisé et d'un beau rouge comme le bichromate de potasse, se transforme par simple cristallisation dans l'alcool en aiguilles incolores.

(2) LEY et FORMANEK indiquent les concordances suivantes :

<i>Couleurs des corps absorbants.</i>		<i>Couleur de la radiation absorbée :</i>
Jaune	(L. et F.)	violette.
Orange	(L. et F.)	indigo.
{ Jaune-rouge	{ (F. {	bleu.
{ Rouge	{ (L. {	
{ Rouge	{ (F. {	vert.
{ Pourpre	{ (L. {	
{ Violette	{ (F. {	jaune.
{ Indigo	{ (L. {	
Bleue	(L. et F.)	orange.
Verte	(L. et F.)	rouge.

deux en solutions alcooliques. C'est ce que l'on observe par exemple avec le vert Cyper B (A), le violet Guinée S4B (A), etc... Inversement, les solutions aqueuses de bleu de Nil possèdent deux bandes d'absorption et les solutions alcooliques n'en montrent qu'une seule. Le spectre d'absorption de la prodigiosine comprend deux bandes principales. Or, ces bandes très nettes dans l'alcool faible sont peu distinctes l'une de l'autre dans l'alcool fort.

Un exemple d'hydrolyse, de dissociation, d'ionisation, nous est fourni par l'acétate et le chlorhydrate de pyocyanine. Les solutions aqueuses de chlorhydrate de pyocyanine montrent la superposition de deux spectres d'absorption : celui de la pyocyanine et celui du chlorhydrate de pyocyanine. Par addition de quelques gouttes d'HCl à la solution aqueuse de chlorhydrate le spectre de la pyocyanine disparaît et seul persiste celui du chlorhydrate. On observe le même phénomène, mais encore bien plus accusé, avec l'acétate de pyocyanine.

Par dilution croissante, le spectre d'absorption peut présenter de grandes modifications (1). On passe du spectre de la molécule qui prédomine tout d'abord, au spectre de l'ion, qui, pratiquement, subsiste seul à la fin dans le spectre. Dans ces conditions, l'action due à l'accroissement de l'épaisseur ne correspond pas à l'action de l'accroissement de la concentration. Dans le premier cas, c'est le spectre de la molécule qui imprime son cachet à l'absorption ; dans le second cas, c'est le spectre de l'ion qui domine.

Avec certaines solutions concentrées, on obtient des bandes présentant deux maxima d'absorption ; telles sont les bandes du vert malachite, et la bande II de l'oxychlororaphine réduite. Or, par dilution, ces bandes se résolvent en bandes n'offrant qu'un seul maximum d'absorption.

(1) Pour les grandes dilutions, on observe une certaine dissociation avec les colorants de tolazthionium et naphthaz-oxonium, le bleu de Nil A, le nouveau bleu de méthylène G. G., etc... L'intensité du phénomène atteint son maximum avec le vert d'alizarine G. Les solutions concentrées de ce colorant sont vertes et les solutions diluées sont rouges. Cette variation de la coloration entraîne une modification profonde du spectre.

Age des solutions colorantes. — Avec un certain nombre de colorants, on assiste à une modification du spectre d'absorption avec l'âge des solutions colorantes.

Le plus souvent, il y a un déplacement progressif des bandes jusqu'à une certaine position d'équilibre, à partir de laquelle les bandes n'éprouvent plus de décalage. Parfois, une ou plusieurs bandes disparaissent. On observe fréquemment des phénomènes de ce genre avec les pigments microbiens. C'est ainsi que les solutions réduites d'oxychlororaphine doivent être examinées peu de temps après leur préparation. Les solutions du pigment bleu de *B. Le Monnier* se comportent de la même façon. On peut poser en principe que l'on ne doit étudier que les solutions de pigment récemment préparées.

Température. — Certains pigments microbiens étant plus solubles à chaud qu'à froid, on serait tenté d'effectuer les mesures sur des solutions chaudes. Il faut éviter de le faire, et n'opérer qu'à une température voisine de 15 à 20° C. On sait, en effet, que certaines substances, telle que la Fluoridine présentent un décalage des bandes d'absorption avec l'élévation de la température.

MESURES. — Expression des résultats. — Pour caractériser une substance cristallisable, susceptible d'être obtenue à l'état pur, il suffirait de mesurer les bandes d'absorption à une concentration, sous une épaisseur et à une température déterminées. Mais nous avons vu que les pigments microbiens sont loin d'être tous cristallisables. Aussi, avons-nous été conduits à utiliser la méthode de FORMANEK-GRANDMOUGIN, et celle de HARTLEY.

Méthode de Formanek-Grandmougin. — FORMANEK et GRANDMOUGIN poussent la dilution jusqu'à l'obtention de bandes (1)

(1) FORMANEK limite le terme d'absorption sélective aux bandes d'absorption. Lorsqu'il y a absorption uniforme de toute une extrémité du spectre lumineux, FORMANEK emploie l'expression d'absorption unilatérale, « *einseitige* », c'est l'« *Endabsorption* » des auteurs allemands, ou absorption continue de l'extrémité du spectre. Si nous adoptons parfois cette nomenclature, nous n'oublions pas que les corps colorés n'absorbent que les radiations de longueur d'onde déterminée

présentant un seul maximum d'absorption « *absorptionsstreifen* ». C'est la position de ce maximum qui définit la bande. Suivant leur persistance et leur intensité, FORMANEK et GRANDMOUGIN distinguent des bandes principales et secondaires. Ces auteurs ont en outre montré que toutes les bandes d'absorption pouvaient être ramenées à un petit nombre de schémas types. Enfin, l'addition de réactifs, convenablement choisis (*bases ou acides*) aux solutions colorantes, déterminent des modifications de l'absorption.

La variation du spectre sous l'action des réactifs, la forme des bandes d'absorption, la position des maxima d'absorption, permettent de caractériser une substance et de l'identifier avec telle ou telle substance connue.

Dans un grand nombre de bandes d'absorption, on a bien la sensation d'une ligne noire qui se déplace devant le réticule lorsqu'on recherche le maximum d'absorption et la détermination peut être effectuée à 0,25 μ . Cette approximation est largement suffisante dans des investigations de ce genre.

La méthode de FORMANEK-GRANDMOUGIN est donc extrêmement précieuse dans l'étude des pigments non cristallisables, puisqu'avec cette méthode, on n'a pas à tenir compte de l'influence de la concentration, point capital, pour les substances dont il est impossible de pousser la purification suffisamment loin.

La technique de FORMANEK-GRANDMOUGIN est insuffisante lorsque les colorants ne présentent pas d'étroites bandes d'absorption, mais de larges plages, qui disparaissent graduellement et uniformément par dilution de la solution. Tel est le cas des pigments jaunes, du chlorhydrate de pyocyanine, de la pyocyanine, etc... Avec ces substances, il est impossible, à l'aide du spectroscope, de déterminer le maximum d'absorption. Le fait serait possible avec le spectro-photomètre, c'est un point particulier d'analyse quantitative que nous reprendrons plus loin. Actuellement, nous nous limitons à l'analyse qualitative au spectroscope, et nous disons que, dans les exemples ci-dessus, la méthode de FORMANEK-GRANDMOUGIN nous fournirait peu de renseignements utiles. Nous sommes ainsi conduits à utiliser le procédé de HARTLEY.

Méthode de Hartley. — HARTLEY fait varier la concentration ou l'épaisseur de la couche absorbante. Il établit les courbes d'absorption en portant les longueurs d'ondes (1) ou les temps périodiques en abscisse, et les logarithmes des épaisseurs ou des concentrations en ordonnées.

De cette façon, on arrive à obtenir des courbes caractéristiques, même pour l'absorption continue.

Il y a plus, tout le monde est d'accord pour reconnaître qu'une bande vue au spectroscope peut être schématisée de la façon suivante (*Fig. 1*).

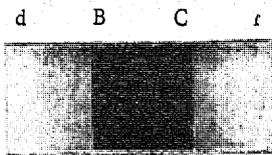


Fig. 1

Il existe un léger assombrissement de *d* à *B*, de *C* à *f* et des bords nets en *B* et *C*. Comme le faisait remarquer M^M. le Professeur PURVIS (2) et HARTLEY fils (3), on peut définir la bande de quatre façons différentes :

1° De *d* à *f* ; 2° de *B* à *C* ; 3° de *B* à *C* et en notant les assombrissements de *d* à *B* et de *C* à *f* ; 4° en donnant la photographie avec un spectre de référence.

Des expérimentateurs différents assigneront donc des limites variables à une même bande (4).

La détermination des limites d'une bande n'est donc qu'approximative, puisqu'elle fait intervenir le coefficient personnel. Ce fait capital pour qui étudierait le mécanisme de l'absorption

(1) Dans la construction des courbes, nous avons utilisé les longueurs d'ondes. « Il n'y a d'avantage à employer $1/\lambda$ de préférence à λ dans l'étude des spectres, que si l'on se propose de trouver des relations numériques entre les bandes spectrales. » (G. URBAIN). Tel n'était pas notre cas.

(2) et (3) Communications par lettre.

(4) Ces inconvénients n'existent pas dans les mesures spectrophotométriques.

a peu d'importance pour nous, qui cherchons à identifier des substances colorantes. En effet, ce qui caractérise une substance, c'est l'allure, c'est la forme de la courbe d'absorption (N. HARTLEY et PURVIS, HARTLEY fils et tous les auteurs anglais).

Or, un même expérimentateur adoptant forcément toujours le même point de départ (le même zéro) dans la détermination des limites des bandes, obtiendra une courbe qui, pour être décalée, n'en reste pas moins comparable à celle obtenue par ses devanciers. Si, un léger décalage présente des inconvénients, on tourne la difficulté en photographiant les spectres d'absorption avec un spectre de référence. Dans nos recherches, nous avons adopté le spectre du fer.

HARTLEY utilisait le spectre de l'alliage étain-cadmium.

EXAMEN QUANTITATIF. — L'examen quantitatif eut été préférable à l'examen qualitatif dans certains cas. Ainsi, dans les larges plages d'absorption, qui paraissent continues, nous aurions certainement découvert un ou plusieurs maxima d'absorption à l'aide du spectrophotomètre. Notre assertion est basée sur les observations photométriques que nous avons effectuées sur les spectres de la pyocyanine et de ses sels (1). Mais, pour les bandes étroites à maximum d'absorption très net, la spectrographie qualitative suffit.

Pour certaines régions du spectre, le violet en particulier, il y a un léger décalage entre les mesures spectroscopiques et les mesures spectrophotométriques. Mais les pigments qui absorbent dans l'indigo et le violet sont les colorants jaunes, ou jaune orangé, ou orangé, dont le spectre est dépourvu de bandes d'absorption dans la partie visible et ne montre qu'une absorption continue de l'extrémité du spectre. Par suite, il n'a pas été effectué de détermination de maximum d'absorption dans cette région, où le décalage est particulièrement sensible.

(1) Mesures effectuées en 1914 au laboratoire de Chimie-Physique de M. le Professeur P. Th. MULLER.

PARTIE VISIBLE DU SPECTRE

Appareillage. — Pour le spectre visible, les mesures ont été faites à l'aide du spectroscopie de longueur d'onde d'HILGER. Nous avons utilisé le brûleur NERNST comme source lumineuse. C'est une source constante, peu riche en ultra-violet. Nous avons fait varier l'épaisseur des couches liquides de 1 à 120 m/m en utilisant la cuve à glace de quartz de BALLY. Dans certaines expériences, l'épaisseur a varié en fonction logarithmique. Sur les conseils de M. le Professeur FORMANEK, nous avons employé les *verres fumés* de A. KRUSS et C. ZEISS. Ces verres ne devraient pas présenter de bandes d'absorption. Mais, lorsque l'on superpose une série de lames de verres fumés, les bandes d'absorption apparaissent. Il est vrai que ces bandes parasites du verre ne s'observent généralement que dans une région éloignée des bandes d'absorption des pigments, et, de ce fait, ne gênent que rarement l'expérimentation.

Les photographies ont été obtenues à l'aide du spectrographe d'HILGER, et de l'arc du fer comme source lumineuse. Pour l'obtention de l'arc, nous nous sommes rigoureusement conformés aux indications de H. BUISSON et Ch. FABRY (1908).

La courbe du spectroscopie a été établie à l'aide de 50 repères variant de $\lambda = 667,8$ à $\lambda = 421$.

Lorsqu'il s'agissait d'un doublet que le spectroscopie ne permettait pas de dédoubler, la lecture était faite sur le bord gauche ou sur le bord droit de la raie et on identifiait ce bord droit ou gauche avec la raie gauche ou droite décrite dans l'atlas. Ex : la raie $\lambda = 633,5$ est en réalité un doublet $\lambda = 6335$ et $\lambda = 6337$ Å. La lecture a été faite sur le bord gauche correspondant à $\lambda = 6335$ Å.

Nous avons utilisé l'atlas de BUISSON et FABRY (1908). L'identification des raies du spectre fournie par l'appareil d'HILGER avec celles décrites par BUISSON et FABRY est chose aisée :

de : $\lambda = 667,8$ à $\lambda = 485,9$.
 de : $\lambda = 475,4$ à $\lambda = 452,8$.
 et de : $\lambda = 441,5$ à $\lambda = 421$.

Mais, il existe trois régions où l'étude des raies est assez difficile. Cependant, l'allure de la courbe était très suffisamment dessinée par les 50 repères mesurés.

La lecture directe ne permet pas de repérer les raies à plus de 2 à 5 Å près. Par contre, en transformant le spectroscopie en spectrographe, on obtient de bons résultats.

Pour les raies isolées fines, bien au point, l'étude des clichés à la machine à diviser permet de repérer les raies de 0,5 Å à 0,25 Å près.

Dans l'étude de l'absorption la recherche des bandes douteuses ne peut pas être faite avec l'arc du fer. Le spectre du fer présente des assombrissements, notamment dans le vert, le bleu et le violet, qui peuvent conduire à des erreurs graves d'interprétation. Pour les bandes douteuses, on utilise un spectre continu, ex. : celui fourni par le brûleur Nernst (*Spectrogrammes n° 25 et 26, Pl. VIII*).

Lectures. — La détermination de l'absorption a comporté les mesures suivantes :

1° Lecture directe sur le tambour gradué en longueur d'ondes.

2° Etude du cliché à la machine à diviser, avec le spectre du fer comme spectre témoin.

Toutes nos lectures ont été effectuées avec 4 chiffres, mais nous ne ferons figurer que 3 chiffres dans nos résultats. Il n'y aura d'exception que pour les mesures où le 4^e chiffre représente une fraction estimable très facilement : exemple : 0,5 Å, et aussi pour les maxima d'absorption. Tous les maxima sont la moyenne d'au moins 50 lectures faites sur des solutions différentes, et à quelques jours d'intervalle.

Lorsque l'on a subi un grand entraînement dans les lectures directes, il est nécessaire de prendre certaines précautions pour éviter l'automatisme. Ainsi, dans une série de lectures successives, il est indispensable de lâcher le tambour gradué après chaque lecture, et de le reprendre ensuite, sinon, même les yeux bandés, on revient au nombre précédemment lu avec une régularité décevante.

ULTRA-VIOLET

Appareillage. — L'absorption dans l'ultra-violet a été étudiée (1) à l'aide du spectrographe de PAASCHEN, construit par FUESS.

Sur plaques « alsaciennes », l'appareil donnait un spectre s'étendant de $\lambda = 4800 \text{ \AA}$ à $\lambda = 2200 \text{ \AA}$, et même au-delà. En mettant au point sur la raie $\lambda = 3100 \text{ \AA}$, on obtenait une mise au point suffisamment bonne pour la région comprise entre $\lambda = 2300 \text{ \AA}$ et $\lambda = 4000$. De $\lambda = 4000$ à $\lambda = 4500$, les mesures étaient beaucoup moins précises. La largeur de la fente de l'appareil était de $0,015 \text{ m/m}$. Comme source lumineuse, on utilisait l'arc du fer (courant continu, 110 volts, 5 ampères). Les solutions colorantes étaient placées dans la cuve de BALY.

Nous devons la plus grande partie des clichés de l'ultra-violet à l'obligeance de MM. HAVAS et G. GROSS. Les raies ont été repérées d'après l'atlas d'EDER et VALENTA.

Pour faciliter la perception des bandes peu intenses, nous avons été conduit à placer en haut les spectres des faibles épaisseurs. De ce fait, dans tous nos spectrogrammes, la région des grandes longueurs d'onde est à la droite et non à la gauche du lecteur.

Concentration. — *Solvant.* — L'étude des pigments dans l'ultra-violet se heurte à deux difficultés : la détermination de la concentration des solutions à examiner et la nature du solvant à employer.

En général, dans l'ultra-violet, on examine des solutions dont la concentration varie de $N/1000$ à $N/10.000$. Nous connaissons le poids moléculaire de l'oxychlororaphine. Nous pouvons, en fonction de la formule de LEDDERHOSE, calculer à un facteur près le poids moléculaire (2) de la pyocyanine. Ce qui permet d'utiliser des solutions $N/10.000$ d'oxychlororaphine et $N/10.000$ de pyocyanine. Pour les autres pigments, nous ignorons

(1) Les lentilles de quartz ne sont pas achromatisées.

(2) Il ne s'agit évidemment que d'une première approximation.

même l'ordre de grandeur du poids moléculaire, et nous avons dû déterminer par tâtonnement la concentration qui donne un bon maximum d'absorption.

Tous les liquides incolores ne sont pas transparents aux radiations de courtes longueurs d'onde, et certains possèdent une absorption plus ou moins marquée dans l'ultra-violet, tels sont : l'acétone, la pyridine et le chloroforme.

Par contre, l'alcool et l'acide acétique sont pratiquement transparents. Pour certains pigments, nous avons été conduits à utiliser l'acide acétique à la place de l'acétone, et à remplacer la pyridine par un mélange d'acide acétique et de chloroforme. Vingt parties de chloroforme additionnées de 80 parties d'acide acétique peuvent être à la rigueur utilisées comme solvant, à la condition toutefois d'en déterminer le spectre d'absorption.

Épaisseurs. — Les solutions ont été examinées sous des épaisseurs de 5, 10, 15, ..., 65 m/m . Dans chaque cliché, le premier et le dernier spectre correspondent aux spectres témoins du fer.

Dans la délimitation des bandes, nous nous heurtons aux mêmes difficultés que dans le spectre visible.

Dans tous les cas, l'étude des spectres d'absorption doit être faite sur le cliché, et non sur le positif (*papier*).

Causes d'erreur dans la détermination des pigments

On a parfois multiplié le nombre des pigments sans raison décisive. Les principales causes d'erreurs sont les suivantes :

1^o Les pigments peuvent donner des solutions dont la coloration varie avec les solvants utilisés.

2^o Les corps colorés microbiens sont souvent très sensibles aux acides et aux bases. Suivant la réaction du milieu de culture, on peut obtenir des corps de couleur différente. Dans l'extraction, l'impureté des solvants peut modifier la couleur de la solution.

3^o Les pigments microbiens sont, en général, des corps instables. Ils sont sensibles aux oxydants et en particulier à l'oxygène de l'air. Les réducteurs peuvent les décolorer ou les décomposer.

La lumière solaire décolore rapidement bon nombre de leurs solutions. Certaines solutions se détruisent à l'obscurité.

Le chauffage à 80 et 100° altère fréquemment les pigments, et peut même les décomposer.

Par suite, les modes d'extraction peuvent altérer profondément la matière colorante primitive et le produit final obtenu peut être un mélange où le produit d'altération est plus abondant que la partie non modifiée du pigment.

Pour faciliter la comparaison des spectres d'absorption, nous étudierons les différents germes dans l'ordre suivant : *Aleurisma flavissimum* LINK, *B. chlororaphis*, *B. pyocyaneus*, *B. violaceus*, *B. prodigosus*, *B. Kiliensis*, *B. Le Monnieri*.



Aleurisma flavissimum Link

Notre vénéré maître, M. le Professeur VUILLEMIN, a bien voulu mettre à notre disposition des cultures d'*Aleurisma flavissimum* LINK.

Ce Champignon donne des cultures duveteuses jaunes passant au vert plus ou moins foncé. C'est cette matière colorante verte que nous nous sommes efforcés d'étudier.

EXTRACTION DES PIGMENTS. — *A. flavissimum* est ensemencé sur pomme de terre glycinée. Lorsque les cultures ont pris la teinte caractéristique, on récolte, avec soin, à l'aide d'une spatule de platine, toutes les parties vertes. Cette masse verte est traitée par l'alcool bouillant. On obtient une solution vert foncé ou vert noir.

L'examen spectroscopique de cette solution montre une absorption continue des deux extrémités du spectre. Les radiations vertes sont seules transmises.

Nous savons que, d'une façon générale, les pigments jaunes absorbent dans le violet et les pigments bleus dans l'orangé. De plus, les colorants verts sont parfois des mélanges de deux substances colorées, l'une jaune et l'autre bleue. Nous avons donc soumis le pigment vert d'*Aleurisma flavissimum* à l'analyse capillaire. Nous avons mis ainsi en évidence l'existence d'une substance jaune et d'une matière colorante bleue que nous avons séparées en opérant de la façon suivante.

SÉPARATION DES PIGMENTS. — La solution alcoolique verte est additionnée de son volume d'eau distillée. Cette solution hydro-alcoolique verte est épuisée par l'éther de pétrole ou l'éther

sulfurique. On obtient finalement les deux solutions suivantes A et B.

Solution initiale hydroalcool. verte :	}	éther :	{	sol. étherée bleue ou vert-bleue Solution A sol. hydroalcoolique jaune verdâtre Solution B.
---	---	---------	---	--

Solution B.— La solution B est traitée par la benzine et prend une belle coloration jaune d'or.

Examinée au spectroscope, cette solution montre une absorption continue de l'indigo et du violet. L'absorption dans le rouge a disparu.

Solution A. — La solution A est surtout constituée par du pigment bleu, mais elle renferme encore du pigment jaune dont il faut la débarrasser. Pour cela, les solutions étherées sont lavées plusieurs fois avec de l'eau alcoolisée à 30-40 % environ. Puis, elles sont évaporées dans le vide. Le résidu est repris par l'éther sulfurique anhydre ou la benzine.

PURIFICATION DES PIGMENTS : La purification des pigments s'effectue par l'analyse capillaire de GOPPELSROEDER.

En ce qui concerne le pigment bleu, il faut opérer avec des solutions faites dans la benzine cristallisable (LASSEUR 1914). On utilise ainsi les variations de vitesse d'ascension des colorants jaune et bleu.

La substance bleue se localise dans une bande très étroite, très nettement séparée du pigment jaune.

PROPRIÉTÉS DES SOLUTIONS BLEUES. — Les solutions bleues, au contact d'une trace d'acide, virent du violet au rouge violacé. Lorsqu'on réduit les solutions alcooliques vertes par Zn et HCl, on précipite peu à peu toute la matière colorante. Le précipité recueilli par filtration se dissout dans l'alcool en bleu vert avec une jolie bande d'absorption dans l'orangé.

Les solutions bleues ou vertes sont en général très peu stables et virent au jaune sous l'action des oxydants, des acides et des bases. L'oxygène de l'air suffit à altérer rapidement ces solutions.

ABSORPTION DANS LA PARTIE VISIBLE DU SPECTRE. — L'absorption dans le spectre visible est peu caractéristique, ainsi que cela ressort de l'examen des tableaux suivants.

Aleurisma flavissimum LINK

Pigment jaune.

Concentration : 46 m/mgr. de substance par 100 cmc de solvant.

Solvant : 1 partie d'alcool à 95° + 1 partie d'eau. Solution jaune.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION CONTINUE DE L'EXTRÉMITÉ DU SPECTRE. FIN DU SPECTRE LUMINEUX.
5	$\lambda = 425$ (1).
10	$\lambda = 430$
15	$\lambda = 435$
20	$\lambda = 442$
30	$\lambda = 450,5$
40	$\lambda = 456,5$
50	$\lambda = 461$
60	$\lambda = 465$

Le spectrogramme (2), planche I, représente l'allure générale du spectre.

Les valeurs suivantes se rapportent à des solutions bleues.

Aleurisma flavissimum LINK

Pigment bleu

Solution bleu-vert.

Concentration : 42 m/mgr. de matière colorante par 100 cmc. d'éther.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION SÉLECTIVE	ASSOMBRISSEMENT DU SPECTRE	ABSORPTION CONTINUE DE L'EXTRÉMITÉ DU SPECTRE. FIN DU SPECTRE LUMINEUX.
15	assombrissement de $\lambda = 720$ à $\lambda = 628$.		
20	Puis la bande apparaît nettement à 25 m/m.		$\lambda = 436,5$
25	de $\lambda = 690,5$ à $\lambda = 630,5$	de $\lambda = 630,5$ à $\lambda = 587$	
30	de $\lambda = 716,5$ à $\lambda = 626$		$\lambda = 444,5$
35	de $\lambda = 723$ à $\lambda = 617$	de $\lambda = 617$ à $\lambda = 583$	
40	de $\lambda = 730$ à $\lambda = 607$	de $\lambda = 607$ à $\lambda = 577$	$\lambda = 449$
45	de $\lambda = 735$ à $\lambda = 598$	de $\lambda = 598$ à $\lambda = 573$	
50	de $\lambda = 740$ à $\lambda = 590$	de $\lambda = 590$ à $\lambda = 561$	$\lambda = 452,5$
60	de $\lambda = 750$ à $\lambda = 575$	de $\lambda = 575$ à $\lambda = 546$	$\lambda = 467,5$

(1) Pour alléger la composition typographique, nous ne ferons figurer dans les tableaux de ce mémoire qu'une partie des valeurs obtenues.

Remarque : Pour une épaisseur de 15 m/m , on observe un assombrissement du spectre dans la région des grandes longueurs d'onde, mais ce n'est qu'à partir de 25 m/m qu'apparaît une large bande d'absorption. Cette bande est floue. Son maximum d'absorption est : $\lambda = 645 \text{ \AA}$. Pour une épaisseur de 45 m/m , on observe deux maxima d'absorption : $\lambda = 617$ et $\lambda = 705$.

L'assombrissement entre $\lambda = 630$ et $\lambda = 587$ ne permet pas de délimiter avec précision le bord de la bande et le début de l'assombrissement.

ABSORPTION DANS L'ULTRA-VIOLET

Pigment bleu. — La solution renfermant 0 gr., 040 de pigment par litre montre une large bande (*Spectrogramme n° 6*, Pl. II), dont il est difficile de déterminer le maximum d'absorption. Mais en étudiant les clichés obtenus avec les solutions à 0 gr., 060 et 0 gr., 020 par litre, la détermination du maximum s'effectue très facilement. Nous indiquons ci-dessous une partie des valeurs obtenues avec des solutions de concentration 0 gr., 040, 0 gr., 060, et 0 gr., 020 par litre.

La bande d'absorption se perçoit nettement sur les *spectrogrammes n° 5 et n° 6*, Pl. II.

Aleurisma flavissimum LINK

Solution étherée. — Concentration : 0 gr., 040 par litre. — Pigment bleu.

ÉPAISSEUR m/m	BANDE —	FIN DU SPECTRE DU FER.
5		$\lambda = 234$
10		$\lambda = 250$
15	de $\lambda = 407$ à $\lambda = 393$	$\lambda = 274$
20	de $\lambda = 408$ à $\lambda = 380$	$\lambda = 295$
25	de $\lambda = 409$ à $\lambda = 366$	$\lambda = 317$
30	de $\lambda = 417$ à $\lambda = 352$	$\lambda = 324$
35	de $\lambda = 425$ à $\lambda = 338$	$\lambda = 325$
50	de $\lambda = 430$	

La bande large asymétrique offre son maximum d'absorption à $\lambda = 402$.

Concentration : 0 gr., 060 par litre.

10 de $\lambda = 411$ à $\lambda = 395$

Concentration : 0 gr., 020 par litre.

30 de $\lambda = 407$ à $\lambda = 384$

Maximum de FORMANEK-GRANDMOUGIN : $\lambda = 402$.

Lorsque le pigment bleu s'oxyde, ses solutions montrent

la superposition de deux spectres : celui que nous venons de résumer et celui que nous allons décrire.

Pigment jaune. — Dans l'ultra-violet, le pigment jaune montre trois bandes d'absorption. La première bande est faible et ne se perçoit que sur les clichés suffisamment posés (*Spectrogramme 4, Pl. II*). Les bandes 2 et 3 sont particulièrement intéressantes, car on les observe avec différents pigments bactériens tels que ceux secrétés par *B. violaceus*, *B. Le Monnier*, *B. prodigiosus*.

Le spectre du fer est constitué par des séries de plages plus ou moins sombres. On peut se demander si les bandes 2 et 3 ne correspondent pas à des plages plus sombres du spectre dues à une absorption continue. Cette hypothèse possible est peu vraisemblable. En effet, le spectre du fer offre au milieu de la 3^e bande une raie forte qui, très probablement, ne serait pas éteinte dans l'hypothèse d'une absorption continue.

On serait aussi tenté d'attribuer les bandes 2 et 3 à des impuretés, à des traces de milieux de culture persistant dans les pigments, malgré les purifications successives. Ce fait ne me paraît pas exact, car les pigments ont été isolés des milieux les plus divers : liquides de Lasseur, solution de peptone, gélose, carotte et pomme de terre. Si on voulait s'en tenir à l'hypothèse d'une impureté commune, il serait plus logique d'imputer les bandes à des produits résultant du traitement des corps microbiens par les divers solvants. Mais, pourquoi obtiendrait-on le même produit en s'adressant aux Bactéries et aux Champignons? Des trois hypothèses émises, la première seule s'impose à l'esprit, cependant, aucun fait expérimental ne permet de la confirmer. Pour cela, il aurait fallu utiliser un spectre continu. Aussi, jusqu'à preuve du contraire, nous considérerons les plages 2 et 3 comme le résultat de l'absorption sélective du pigment jaune.

D'ailleurs, en étudiant le spectre visible, nous verrons plusieurs pigments bactériens, présenter des bandes d'absorption commune, il n'y a donc rien de surprenant à observer des faits analogues dans la région de l'ultra-violet.

Nous avons tracé la courbe (Fig. II) d'absorption pour les bandes 1, 2, et 3 de l'*Aleurisma*.

Pour les autres germes microbiens, nous nous contenterons, en général, d'indiquer les limites des bandes 2 et 3.

Aleurissima flavissimum LINK

Solution alcoolique. — Concentration : 0 gr., 080 par litre. — Pigment jaune.

ÉPAISSEUR m /m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	3 ^e BANDE	FIN DU SPECTRE DU FER
—	—	—	—	—
15			de $\lambda = 267$ à $\lambda = 261$	$\lambda = 231$
20		de $\lambda = 281$ à $\lambda = 277$	de $\lambda = 268,5$ à $\lambda = 261$	$\lambda = 233$
25	de $\lambda = 417$ à $\lambda = 403$	de $\lambda = 282$ à $\lambda = 276,5$	de $\lambda = 270$ à $\lambda = 261$	$\lambda = 237$
30	de $\lambda = 418$ à $\lambda = 402$	de $\lambda = 283$ à $\lambda = 276$	de $\lambda = 271$ à $\lambda = 261$	$\lambda = 249$
35	de $\lambda = 419$ à $\lambda = 401,5$	de $\lambda = 283,5$ à $\lambda = 275,5$	de $\lambda = 273$	
40	de $\lambda = 420$ à $\lambda = 399$	de $\lambda = 285$ à $\lambda = 275$	de $\lambda = 274$	
45	de $\lambda = \dots$ à $\lambda = 398$	de $\lambda = 290$		
50	de $\lambda = 421$ à $\lambda = 396$	de $\lambda = 291$		

La première bande est faible ; son maximum d'absorption correspond à : $\lambda = 410$.

Épaisseurs
(Longueurs proportion. à leurs logar.)

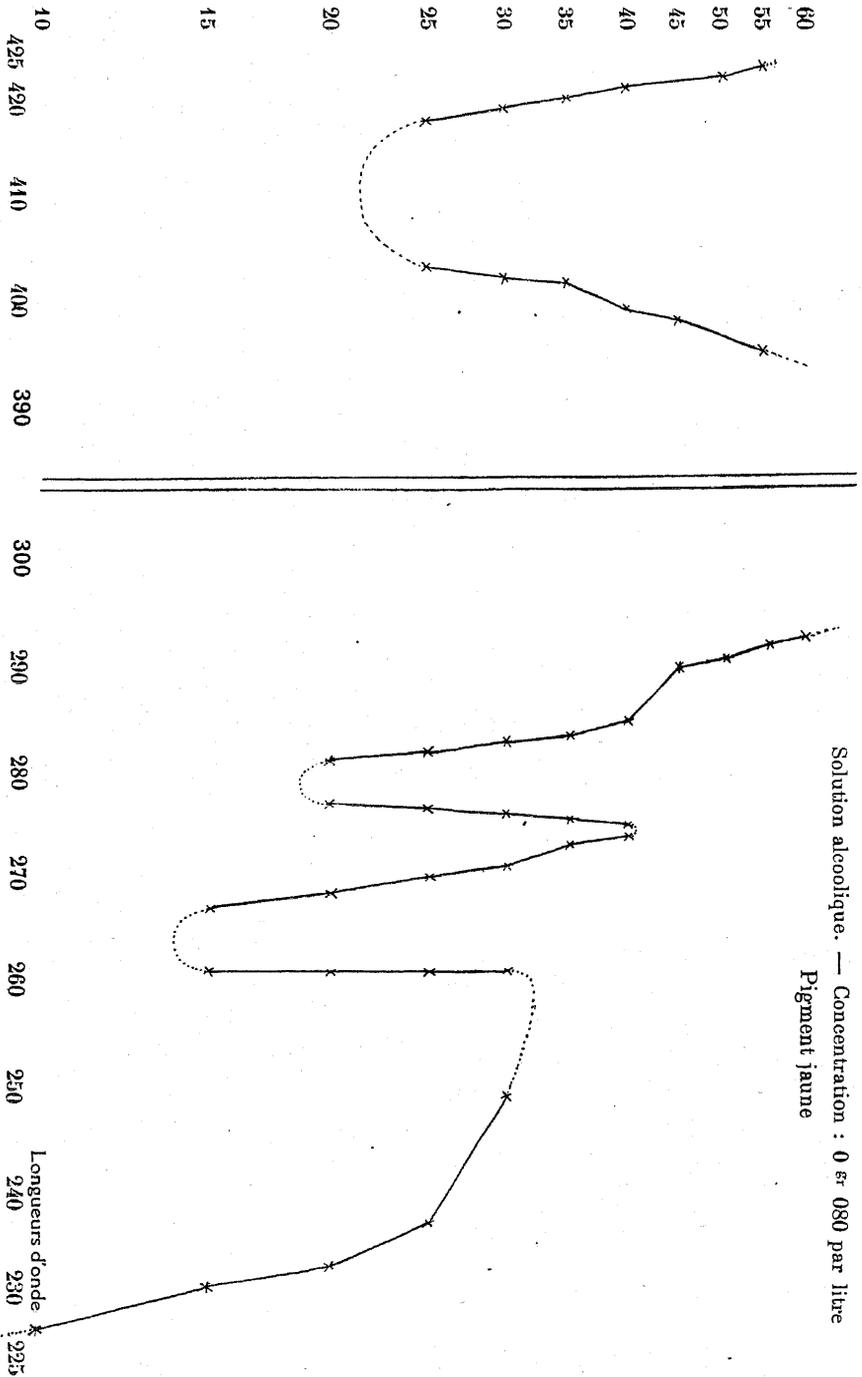


Fig. 2. — *Aleurissina flavissimum* LINK
Solution alcoolique. — Concentration : 0 gr 080 par litre
Pigment jaune

Bacillus Chlororaphis G. et S. (1)

Je rappellerai que *B. chlororaphis* produit dans ses cultures de belles aiguilles vertes ou *chlororaphine* (Lasseur, 1911).

J'ai montré (1911) que la chlororaphine dérive par réduction d'une substance mère, la xanthoraphine. La chlororaphine est peu stable, et par oxydation se transforme en un corps jaune, l'oxychlororaphine.

Je vais résumer brièvement les faits nouveaux acquis dans l'histoire de ces pigments.

Xanthoraphine

L'extraction de la xanthoraphine par le tanin et l'oxyde de plomb est longue et pénible. J'ai essayé d'isoler la xanthoraphine à l'aide du procédé que j'ai décrit en 1914. Ce sont ces tentatives que je vais résumer.

EXTRACTION DE LA XANTHORAPHINE. — Des cultures riches en xanthoraphine sont saturées à 40° C. par le sulfate d'ammoniaque. La solution saturée est traitée par l'acétone. On décante, filtre et évapore dans le vide à 40° C. L'acétone a entraîné un peu d'eau. Lorsque tout l'acétone est évaporée, on élève la température jusqu'à 50° C., et on continue la distillation de façon à réduire l'eau à quelques cmc (5 ou 10). Puis, on laisse refroidir. On observe alors la formation de longues aiguilles jaunest flexueuses, groupées en faisceaux, rarement en rosaces. C'est la xanthoraphine impure.

On filtre sur une essoreuse. Les cristaux restés sur l'esso-

(1) Toutes les recherches relatées dans ce chapitre ont été effectuées exclusivement par Ph. LASSEUR.

reuse sont traités par l'alcool à 95°. On obtient d'emblée une solution louche, qui donne rapidement un dépôt constitué par des cristaux minéraux.

On filtre pour éliminer les cristaux minéraux. La solution alcoolique abandonnée au repos donne, par évaporation des aiguilles jaune clair, groupées en faisceaux, en rosaces.

Par réduction, les solutions alcooliques de ces cristaux virent au vert foncé et montrent les quatre principales bandes d'absorption de l'oxychlororaphine réduite. La xanthoraphine isolée par l'acétone et le sulfate d'ammoniaque est plus stable que celle extraite par le procédé décrit en 1911.

Oxychlororaphine

COMPOSITION. — On peut attribuer à l'oxychlororaphine la formule $C_{14} H_{11} N_3 O$ (1)

ou $C_{13} H_{10} N_4 O$ (2).

La production de la chlororaphine était déjà très coûteuse avant 1914, et actuellement, il paraît difficile de produire ce pigment en quantité suffisante pour décider entre les schémas (1) et (2). C'est la raison pour laquelle je me suis limité à l'étude des spectres d'absorption.

ABSORPTION DANS LA PARTIE VISIBLE DU SPECTRE

En 1911, je n'ai pas observé d'absorption sélective avec l'oxychlororaphine. Or, l'oxychlororaphine réduite offre 4 bandes d'absorption.

Ces différences, dans les résultats de l'analyse spectrale, tiennent à ce que j'avais négligé en 1911 certaines précautions concernant la réduction de l'oxychlororaphine. Cette réduction doit être effectuée de la façon suivante :

Les solutions acétoniques d'oxychlororaphine sont additionnées de HCl et de Zn. La réduction est poussée jusqu'à l'apparition de la teinte vert foncé, vert noir. Puis, on décante car une réduction trop prolongée décolorerait la solution.

Les solutions vertes doivent être examinées peu de temps après leur obtention. Dans les solutions vertes âgées de deux heures, les bandes d'absorption sont déjà floues.

Nous allons examiner successivement le spectre de l'oxychlororaphine en solution acétonique et l'absorption de l'oxychlororaphine réduite.

Oxychlororaphine

Concentration : 115^{mg}/m^{gr}. par 100 cmc d'acétone.

ÉPAISSEUR m/m	TRANSMISSION LA LUMIÈRE EST TRANSMISE	ABSORPTION CONTINUE DE L'EXTRÉ- MITÉ DU SPECTRE. FIN DU SPECTRE LUMINEUX.
2,5 ?	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 420$	$\lambda = 420$
5	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 423$	$\lambda = 423$
10	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 427$	$\lambda = 427$
15	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 430,5$	$\lambda = 430,5$
20	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 434$	$\lambda = 434$
25	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 436$	$\lambda = 436$
30	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 437$	$\lambda = 437$
40	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 439$	$\lambda = 439$
60	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 441$	$\lambda = 441$
100	de $\lambda = 770$ à $\lambda = 445,5$	$\lambda = 445,5$

Il n'y a pas de bande d'absorption, mais seulement une absorption continue de l'extrémité du spectre.

L'addition d'acide chlorhydrique augmente l'absorption continue des solutions acétoniques d'oxychlororaphine (*spectrogramme n° 8, Pl. III*). L'absorption sélective n'apparaît qu'avec la réduction des solutions acétoniques.

SPECTRE D'ABSORPTION DE L'OXYCHLORORAPHINE

Oxychlororaphine réduite

Concentration : 34,5 m /mgr. de substance par 100 cmc d'acétone.
 La solution renferme aussi 8 cmc. HCl par 100 cmc. de solvant.

ÉPAISSEUR m /m	1 ^{re} BANDE		2 ^e BANDE		3 ^e BANDE		4 ^e BANDE		ABSORPTION CONTINUE DE L'EXTRÉMITÉ DU SPECTRE. FIN DU SPECTRE LUMINEUX.	
	de λ	à λ	de λ	à λ	de λ	à λ	de λ	à λ		
5									$\lambda = 470$	
10	de $\lambda = 709$	à $\lambda = 693$	de $\lambda = 644$	à $\lambda = 627$					$\lambda = 476$	
15	de $\lambda = 712$	à $\lambda = 690$	de $\lambda = 650$	à $\lambda = 621,5$	de $\lambda = 590$	à $\lambda = 580$			$\lambda = 480$	
20	de $\lambda = 716$	à $\lambda = 682,5$	de $\lambda = 653$	à $\lambda = 617$	de $\lambda = 594$	à $\lambda = 576$			$\lambda = 484$	
25	de $\lambda = 721$	à $\lambda = 678$	de $\lambda = 656,5$	à $\lambda = 612$	de $\lambda = 596$	à $\lambda = 574$			$\lambda = 485,5$	
30	de $\lambda = 724$	à $\lambda = 672,5$	de $\lambda = 659$	à $\lambda = 610$	de $\lambda = 598$	à $\lambda = 569$			$\lambda = 489$	
35	de $\lambda = 729$	à $\lambda = 672$	de $\lambda = 661$	à $\lambda = 609$	de $\lambda = 600$	à $\lambda = 568$	de $\lambda = 541$	à $\lambda = 531$	$\lambda = 493$	
40	de $\lambda = 733$	à $\lambda = 671$	de $\lambda = 661,5$	à $\lambda = 608$	de $\lambda = 601$	à $\lambda = 566$			$\lambda = 497$	
45	de $\lambda = 737$	à $\lambda = 670$	de $\lambda = 661,5$	à $\lambda = 608$	de $\lambda = 602$	à $\lambda = 564$	de $\lambda = 542$	à $\lambda = 530$	$\lambda = 503$	
50	de $\lambda = 738$	à $\lambda = 669$	de $\lambda = 668$	à $\lambda = 608$	de $\lambda = 603$	à $\lambda = 563,5$			$\lambda = 510$	
55	de $\lambda = 740$	à $\lambda = 668$	de $\lambda = 667$	à $\lambda = 607$			de $\lambda = 544$	à $\lambda = 529$	$\lambda = 512,5$	
60	de $\lambda = 742$	à $\lambda = 667$							$\lambda = 517$	
65									560	
70									558	
75	de $\lambda = 742$								de $\lambda = 546$	à $\lambda = 528$
80									de $\lambda = 548$	à $\lambda = 527$

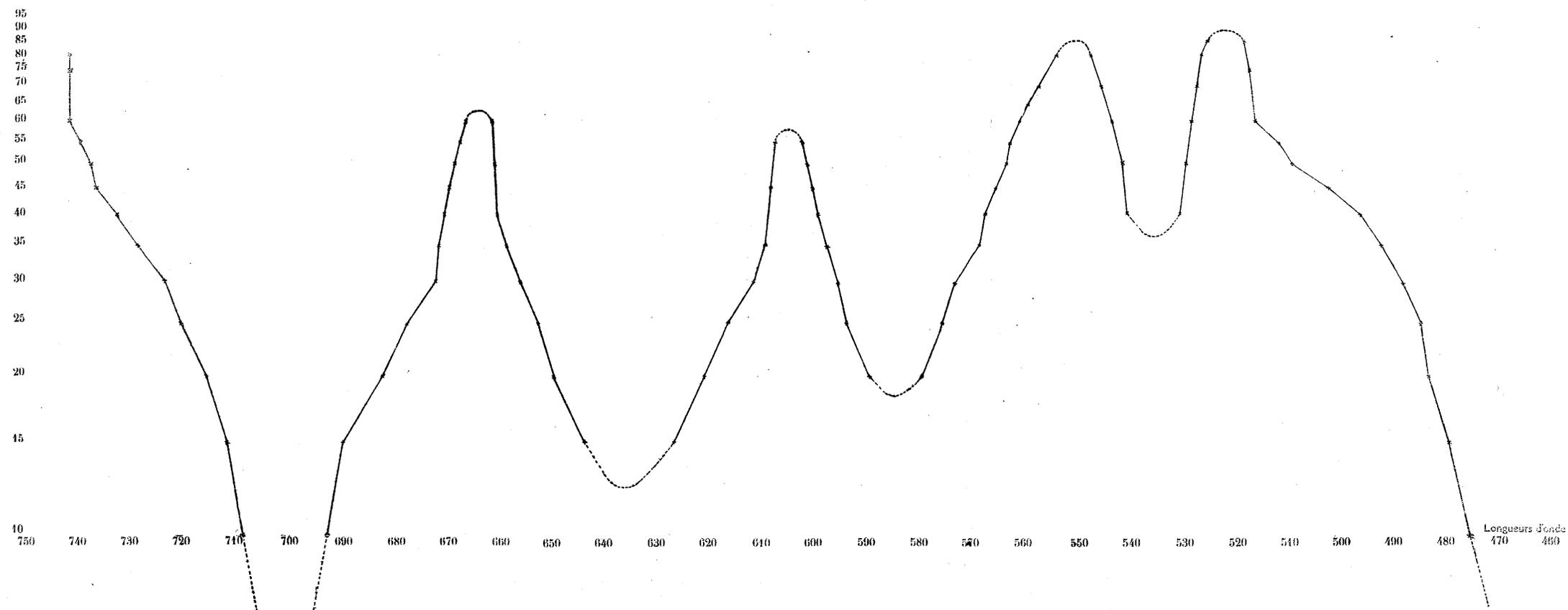
Maximum de FORMANEK-GRANDMOUGIN

OBSERVATIONS.	
1 ^{re} Bande	$\lambda = 704,8$
2 ^e Bande	$\lambda = 637,6$
3 ^e Bande	$\lambda = 587$
4 ^e Bande	$\lambda = 537,4$

Remarque : la 2^e bande offre d'abord 2 maxima : $\lambda = 640$ et $\lambda = 637,7$, mais suivant les indications de FORMANEK, nous n'avons mentionné que le maximum qui a persisté le dernier.

Fig. 3. — *Oxychlororaphine* réduite
Concentration : 34,5 m/mgr. de substance par 100 cmc. d'acétone.

Épaisseurs
(Longueurs proportionnelles à leurs logarithmes)



Les bandes 1 et 2 de l'oxychlororaphine réduite sont très belles, et cependant il est difficile d'obtenir de bons clichés du spectre d'absorption. Nous avons schématisé la marche de l'absorption dans la *figure 3*, représentant la courbe de HARTLEY.

ABSORPTION DANS L'ULTRA-VIOLET

Oxychlororaphine. — A la concentration de 0 gr., 025, le spectre d'absorption est essentiellement constitué par une large et forte bande d'absorption. Le *Spectrogramme n° 10*, Pl. IV, montre l'allure de l'absorption pour cette concentration.

M. le Professeur BANDERET a bien voulu examiner une solution de moindre concentration que la précédente, soit 0 gr., 020 par litre. Avec l'arc du fer, 220 volts, 6 ampères, et une fente de spectroscopie de 0 m/m 01, on obtient des clichés montrant une bande forte (*Spectr.* 36, Pl. XII), dont on peut aisément déterminer le maximum d'absorption. Nous indiquons ci-dessous les valeurs que nous avons obtenues avec les concentrations de 0 gr., 025 et 0 gr., 020 par litre.

Oxychlororaphine

Solution acétique. — Concentration : 0,025 gr. d'oxychlororaphine par litre

Arc au fer : 220 volts, 5 ampères ; fente : 0 m/m,015.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION SÉLECTIVE	ABSORPTION CONTINUE FIN DU SPECTRE DU FER
10	de $\lambda = 384$ à $\lambda = 358$	$\lambda = 268$
15	de $\lambda = 393$ à $\lambda = 344$	$\lambda = 277$
20	de $\lambda = 399$ à $\lambda = 337$	$\lambda = 283$
25	de $\lambda = 402$ à $\lambda = 331$	$\lambda = 288$
30		$\lambda = 292$
35	de $\lambda = 407$ à $\lambda = 328$	$\lambda = 295$

Bande forte, large. Maximum de FORMANEK-GRANDMOUGIN : $\lambda = 366$.

Oxychlororaphine

Solution acétique. — Concentration : 0 gr. 020 par litre.

Arc au fer : 220 volts, 6 ampères. Fente Spectroscope : 0 m/m, 01.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION SÉLECTIVE
25	de $\lambda = 368$ à $\lambda = 364$
30	de $\lambda = 370$ à $\lambda = 362$
35	de $\lambda = 373$ à $\lambda = 360$
40	de $\lambda = 375$ à $\lambda = 358$
45	de $\lambda = 377$ à $\lambda = 356$

Bande forte. Maximum de FORMANEK-GRANDMOUGIN : $\lambda = 366$.

Oxychlororaphine réduite. — L'oxychlororaphine réduite a un spectre d'absorption plus compliqué que celui de l'oxychlororaphine.

L'étude approfondie du cliché montre deux bandes d'absorption assez faibles, larges et très voisines, mais néanmoins parfaitement distinctes pour des épaisseurs de 10 et 15 m/m (*Spectrogramme n° 9, Pl. III*).

A 20 m/m, les bandes se fusionnent. Les solutions $\frac{N}{10.000}$

sont donc encore trop concentrées, elles ne permettent pas la détermination du maximum d'absorption que la nature même des bandes rend déjà difficile.

Nous indiquons ci-dessous les principales caractéristiques du spectre d'absorption.

Oxychlororaphine réduite

Solution acétique, réduite.
Concentration : 0 gr., 025 d'oxychlororaphine par litre.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	RADIATIONS TRANSMISES	ABSORPTION CONTINUE A PARTIR DE
5	$\lambda = 471$ à $\lambda = 440$	$\lambda = 372$ à $\lambda = 363$		$\lambda = 259$
10	$\lambda = 472$ à $\lambda = 407$	$\lambda = 380$ à $\lambda = 350$		$\lambda = 270$
15	$\lambda = 473$ à $\lambda = 400$	$\lambda = 390$ à $\lambda = 348$		$\lambda = 281$
Les deux bandes se fusionnent.				
20	$\lambda = 473$	à $\lambda = 321$	de $\lambda = 321$ à $\lambda = 289$	$\lambda = 289$
25	$\lambda = 473$	à $\lambda = 328$	de $\lambda = 328$ à $\lambda = 290,5$	$\lambda = 290,5$
30	$\lambda = 473$	à $\lambda = 325$	de $\lambda = 325$ à $\lambda = 292$	$\lambda = 292$
35	$\lambda = 473$	à $\lambda = 324,5$	de $\lambda = 324,5$ à $\lambda = 293$	$\lambda = 293$
40	$\lambda = 473$	à $\lambda = 324$	de $\lambda = 324$ à $\lambda = 294$	$\lambda = 294$

Bacillus pyocyaneus Gessard

Pyocyanine. — On ne peut pas étudier *B. pyocyaneus* sans évoquer immédiatement le nom de C. GESSARD (1), et rappeler une partie des belles recherches de ce savant. GESSARD a montré que *B. pyocyaneus* peut produire quatre pigments : une matière colorante bleue (*pyocyanine* de FORDOS), une substance colorée fluorescente, une matière colorante rose ou rouge, un pigment rouge brun mélanique. La fluorescence s'observe dans les cultures de plus de cinquante espèces bactériennes et n'a donc aucune valeur diagnostic. Les pigments rouges et noirs ne définissent pas suffisamment l'espèce pyocyanique. Seule, la pyocyanine est spécifique, et caractérise le *B. pyocyaneus*. C'est la raison pour laquelle nous limiterons notre étude à celle de la pyocyanine.

EXTRACTION DE LA PYOCYANINE. — La matière colorante a été extraite des cultures par le procédé de FORDOS-GESSARD. Pour éviter l'oxydation et la transformation partielle en pyoxanthose, les cristallisations ont été effectuées dans le vide.

La pyocyanine a été purifiée par trois cristallisations dans le vide. Le produit ainsi obtenu cristallisant facilement, nous avons enfin eu recours à la cristallisation troublée, soit en tout quatre cristallisations successives.

Le chlorhydrate de pyocyanine est pratiquement stable à la température et à la pression ordinaire ; mais il se dissocie facilement dans le vide à la température du Laboratoire. En

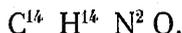
(1) Dans maintes circonstances, M. GESSARD a bien voulu nous donner des marques de son inépuisable bienveillance, qu'il veuille bien agréer ici l'expression de notre respectueuse reconnaissance. — PH. LASSEUR.

effectuant les cristallisations dans le vide (1), et en s'arrangeant de façon que l'évaporation dure plusieurs jours, on obtient finalement un produit qui se dissout en bleu dans l'eau. Le spectre d'absorption dominant de cette solution est celui de la pyocyanine. Si la cristallisation a été rapide, le corps obtenu donne des solutions rouge-violacé ou violettes, mais l'analyse capillaire montre que ces solutions renferment encore un colorant bleu (pyocyanine) et un colorant rouge (chlorhydrate).

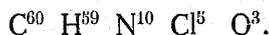
Pour éviter ces causes d'altération, nous avons purifié le chlorhydrate de la façon suivante : le sel a été dissout dans le minimum d'alcool absolu et précipité de sa solution alcoolique par l'éther anhydre. L'opération a été répétée trois fois. De cette façon, nous avons évité l'hydrolyse du sel.

Les solutions de chlorhydrate destinées aux recherches spectroscopiques étaient toujours additionnées de quelques gouttes d'HCl, pour éviter la dissociation possible.

COMPOSITION DE LA PYOCYANINE. — LEDDERHOSE (1888), a attribué à la pyocyanine la formule suivante :



En 1916, MADINAVEITIA, étudiant le chlorhydrate de pyocyanine, a proposé la formule brute suivante :



La formule de LEDDERHOSE est beaucoup plus vraisemblable que celle de MADINAVEITIA.

C'est un point particulier, sur lequel l'un de nous reviendra dans un prochain mémoire. Nous ne rappellerons pas les propriétés physico-chimiques connues de la pyocyanine, nous étudierons immédiatement les spectres d'absorption de cette base et de ses sels.

(1) Pression réduite à quelques millimètres de Hg dans le dessiccateur sulfurique.

SPECTRE D'ABSORPTION

GESSARD (1882) ; BABÈS (1889) ; CLUZET, ROCHAIX et KOFMANN (1921), ont consacré des travaux plus ou moins importants au spectre d'absorption de la pyocyanine. Nous avons cru néanmoins qu'il était intéressant de reprendre cette étude, et nous allons résumer les résultats auxquels nous sommes arrivés, tant dans l'ultra-violet que dans la partie visible du spectre.

I. — Absorption dans la partie visible du spectre.

L'absorption dans la partie visible du spectre est peu caractéristique, ainsi que cela ressort de l'examen des deux tableaux suivants.

Bacillus pyocyaneus

Spectre de la Base. Solution bleue.

Concentration, 17,6 m/mgr de pyocyanine par 100 cmc. d'alcool.

Solution alcaline : 4 gouttes N H³ par 100 cmc. d'alcool.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION CONTINUE DE L'EXTRÉMITÉ DU SPECTRE	ABSORPTION CONTINUE DE L'EXTRÉMITÉ DU SPECTRE
	ABSORPTION DE	FIN DU SPECTRE LUMINEUX
2,5	$\lambda = 730$ à $\lambda = 709$	$\lambda = 417$
5	$\lambda = 730$ à $\lambda = 690$	
10	$\lambda = 730$ à $\lambda = 660$	
15	$\lambda = 730$ à $\lambda = 641$	$\lambda = 419$
25	$\lambda = 730$ à $\lambda = 605$	$\lambda = 421$
35	$\lambda = 730$ à $\lambda = 585$	$\lambda = 422$
45	$\lambda = 730$ à $\lambda = 572$	$\lambda = 423$
55	$\lambda = 730$ à $\lambda = 565$	$\lambda = 424$
65	$\lambda = 730$ à $\lambda = 557$	$\lambda = 426$
75	$\lambda = 730$ à $\lambda = 550$	$\lambda = 427$
90	$\lambda = 730$ à $\lambda = 539$	$\lambda = 429$
100	$\lambda = 730$ à $\lambda = 532$	$\lambda = 430$

Bacillus pyocyaneus

Spectre du sel.

Solution rouge de chlorhydrate de pyocyanine.

Solution alcoolique additionnée de 1 cmc d'HCl par 80 cmc. d'alcool à 95°.

Concentration : 24 m/mgr. de chlorhydrate par 100 cmc d'alcool.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION SÉLECTIVE BANDE	ABSORPTION
		DE L'EXTRÉMITÉ DU SPECTRE. FIN DU SPECTRE LUMINEUX.
5	de $\lambda = 546$ à $\lambda = 530$	$\lambda = 417$
10	de $\lambda = 587$ à $\lambda = 487$	$\lambda = 421$
15	de $\lambda = 604$ à $\lambda = 474$	$\lambda = 423$
20	de $\lambda = 613$ à $\lambda = 465$	$\lambda = 424$
25	de $\lambda = 621$ à $\lambda = 460$	$\lambda = 430$
30	de $\lambda = 627$ à $\lambda = 452$	$\lambda = 431$
35	de $\lambda = 633$ à $\lambda = 446$	$\lambda = 433$
45	de $\lambda = 641$	
55	de $\lambda = 648$	
65	de $\lambda = 655$	
75	de $\lambda = 661$	

Bande asymétrique à bord gauche net, bord droit assez nébuleux.

Les *spectrogrammes* n° 11, Pl. IV et n° 12, Pl. IV, montrent l'allure de l'absorption pour la pyocyanine et son chlorhydrate.

II. — Absorption dans l'ultra-violet

Dans l'ultra-violet, la pyocyanine et le chlorhydrate de pyocyanine offrent de magnifiques bandes d'absorption.

Nous avons étudié l'absorption de la pyocyanine en solution faiblement alcaline, et l'absorption du chlorhydrate en solution légèrement acide. L'addition d'acide chlorhydrique à la solution de chlorhydrate avait pour but d'éviter la dissociation dont nous avons parlé ultérieurement.

Les valeurs obtenues sont consignées dans les tableaux suivants.

La marche générale de l'absorption ressort nettement de l'examen des *spectrogrammes* n° 13, Pl. V et n° 14, Pl. V.

Pyocyanine (base)

Solution aqueuse faiblement alcaline (1). — Concentration : N/10.000 (2).

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	FIN DU SPECTRE DU FER
—	—	—	—
5		de $\lambda = 317$ à $\lambda = 302$	$\lambda = 230$
10		de $\lambda = 321$ à $\lambda = 294$	$\lambda = 245$
15	de $\lambda = 377$ à $\lambda = 375$	de $\lambda = 326$ à $\lambda = 286$	$\lambda = 252$
20	de $\lambda = 382$ à $\lambda = 374$	de $\lambda = 329$ à $\lambda = 282$	$\lambda = 257$
25	de $\lambda = 386$ à $\lambda = 372$	de $\lambda = 333$ à $\lambda = 280$	$\lambda = 264$
30	de $\lambda = 388$ à $\lambda = 364$	de $\lambda = 336$ à $\lambda = 277$	$\lambda = 270$
35	de $\lambda = 393$ à $\lambda = 358$	de $\lambda = 338$ à $\lambda = 275$	$\lambda = 273$
40	de $\lambda = 396$ à $\lambda = 348$	de $\lambda = 340$	
65	de $\lambda = 399$		

Maximum d'absorption

FORMANEK-GRANDMOUGIN

1 ^{re} Bande	$\lambda = 376$
2 ^e Bande	$\lambda = 311$

Chlorhydrate de pyocyanine

Solution aqueuse faiblement acide (3). — Concentration : N/10.000.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	FIN DU SPECTRE DU FER
—	—	—	—
10	de $\lambda = 393$ à $\lambda = 385$	de $\lambda = 288$ à $\lambda = 259$	$\lambda = 231$
15	de $\lambda = 395$ à $\lambda = 383$	de $\lambda = 290$ à $\lambda = 258$	$\lambda = 238$
20	de $\lambda = 397$ à $\lambda = 379$	de $\lambda = 291$ à $\lambda = 254$	$\lambda = 246$
25	de $\lambda = 398$ à $\lambda = 373$	de $\lambda = 292$	
30	de $\lambda = 400$ à $\lambda = 366$	de $\lambda = 293$	
40	de $\lambda = 402$ à $\lambda = 361$		
55	de $\lambda = 405$ à $\lambda = 354$	de $\lambda = 295$	
65	de $\lambda = 407$ à $\lambda = 347$	de $\lambda = 296$	
	1 ^{re} Bande, maximum d'absorption :	$\lambda = 390$	
	2 ^e Bande,	—	$\lambda = 281$.

(1) 2 gouttes de NH^+OH par 100 cmc. de solution.

(2) Poids moléculaire calculé en fonction de la formule de LEDDERHOSE.

(3) 2 gouttes d'acide chlorhydrique par 100 ccm de solvant.

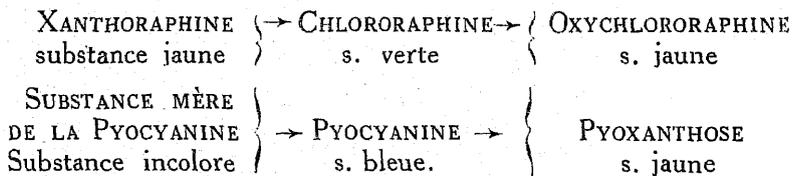
La pyocyanine présente deux belles bandes d'absorption. La première bande correspond à celle décrite par CLUZET, ROCHAIX, KOFMANN (1921). Ces auteurs n'ont pas fait varier l'épaisseur de la couche absorbante, ni la concentration des solutions et, de ce fait, n'ont pas perçu la deuxième bande. Cette seconde bande est cependant très nette, et son existence ne saurait être mise en doute.

Avec le chlorhydrate de pyocyanine, on observe aussi deux bandes d'absorption. La première bande est forte, asymétrique. La seconde bande est forte, elle aussi, mais son maximum d'absorption est assez difficile à déterminer. La pyocyanine et son sel n'en restent pas moins nettement caractérisés par leurs spectres d'absorption.

PYOCYANINE ET CHLORORAPHINE

A priori, aucun rapprochement ne paraît possible entre la pyocyanine et la chlororaphine. Il y a cependant dans l'histoire de ces pigments, des points qui nécessitent un examen approfondi.

Rappelons tout d'abord le schéma de production de ces substances.



Maintenant, étudions le fait signalé par JOSÉ DE SEIXAS PALMA (1907) : la présence de petites aiguilles jaunes verdâtres dans les cultures vertes de *B. pyocyaneus*. Ces cristaux furent isolés par la méthode suivante :

Traitement des cultures par le chloroforme. Filtration. Evaporation de la solution chloroformique, reprise du résidu par l'alcool absolu. Le résidu insoluble dans l'alcool absolu est dissout à chaud dans l'alcool faible. De cette solution hydroalcoolique précipitent de petites aiguilles faiblement colorées en jaune, et fondant brusquement à 239° C.

Les solutions de ces cristaux virent au vert sous l'action des réducteurs agissant en milieu acide.

JOSÉ DE SEIXAS PALMA n'a pas établi de relation précise entre ces cristaux et la pyocyanine, cependant l'auteur pense que les cristaux fondant à 239° C. doivent être considérés comme la substance mère de la pyocyanine. Examinons maintenant les cultures de *B. chlororaphis* où la *xanthoraphine* donne naissance par réduction, aux cristaux verts de chlororaphine. Sous l'action des oxydants, l'oxygène de l'air suffit, la chlororaphine se transforme en oxychlororaphine jaune. Cette substance jaune redonne, par réduction, des solutions vertes.

On pourrait donc être tenté de rapprocher les cristaux de SEIXAS PALMA de la xanthoraphine. Or, la première substance fond à 239°, tandis que la seconde n'offre aucun point de fusion net.

Les cristaux fondant à 239° pourraient être aussi considérés comme le produit d'oxydation de la pyocyanine (pyoxanthose de FORDOS-GESSARD) et alors une comparaison vient à l'esprit : c'est celle de l'oxychlororaphine et des cristaux de SEIXAS PALMA. Mais l'étude des points de fusion montre que ces dernières formations cristallines se séparent tout aussi nettement de l'oxychlororaphine, de point de fusion 236 ou 236,8 (Fc), que de la xanthoraphine.

Il ne faut cependant pas oublier que les cultures mixtes *chlororaphis-pyocyaneus*, tout en étant très rares, ne sont pas impossibles. J'ai eu l'occasion d'obtenir une de ces cultures mixtes en partant d'une eau très polluée. Il est évident que, dans de telles cultures, on trouve des cristaux fondant à 236° (*oxychlororaphine*) et des cristaux fondant à 239° (SEIXAS PALMA).

La substance décrite sommairement par JOSÉ SEIXAS PALMA reste donc indéterminée, il en est de même des cristallisations dont nous allons parler maintenant. Les cultures sur gélose d'un grand nombre de Bacilles fluorescents offrent de magnifiques cristaux jaunes. Sans preuves décisives, on a identifié ces substances avec le glyocolle qui fond, comme on le sait, à 236° C.

Il n'est pas douteux que les Bactéries fluorescentes liquéfiantes puissent produire des acides aminés et, en particulier, du glyocolle aux dépens de la molécule protéique. Lorsque la dislocation de la protéine donne des produits cristallisables, on conçoit que ces cristaux puissent se colorer au contact des substances fluorescentes jaunes ou verdâtres, qui imprègnent le milieu solide de culture ; mais ce serait une erreur que de vouloir ramener au glyocolle toutes les formations cristallines des cultures microbiennes. C'est ce que nous montrerons ultérieurement.

Bacille violet

Violacéines. — La production de pigment violet a été signalée chez de nombreuses Bactéries, parmi lesquelles nous citerons :

B. violaceus ZIMM. ; *B. violaceus* (ZOPF) ADAMETZ ; *B. violaceus* MACÉ ; *B. violaceus* EISENBERG ; *B. violaceus* FRAENKEL ; *B. violaceus* NIEMAN ; *B. janthinum* ZOPF ; *B. janthinus* ZIMM. ; *B. janthinus* L. et N. ; *B. membranaceus amethystinus* EISENBERG ; *B. m. amethystinus mobilis* GERMANO ; *B. violaceus* LAWRENTIUS ; *B. berolinensis indicus* CLAESSEN ; *B. viscofucatus* HARRISSON et BARLOW, etc., etc.

La création d'autant d'espèces n'est nullement fondée. Mais les descriptions des auteurs sont souvent trop brèves, et elles ne présentent pas toujours des points de repères suffisants pour ramener ces nombreuses formes chromogènes à quelques espèces bien légitimes. En première approximation, la motilité permettrait de grouper toutes les Bactéries énumérées en deux catégories, les germes mobiles et les germes immobiles. La motilité des Bactéries est sous la dépendance de nombreux facteurs, et elle ne fait que révéler l'existence d'organes moteurs. Ces derniers peuvent exister sur des plastides devenus temporairement ou définitivement immobiles. Par contre, les plastides douées de mouvement propre sont toutes munies de fouets.

Les fouets constituent donc un excellent caractère de classification. Malheureusement, quelques savants seulement (LEHMANN et NEUMANN, MIGULA, etc...) se sont préoccupés de cette question si importante des organes moteurs. Quoiqu'il en soit, la revision du groupe des Bactéries sécrétant un pigment violet n'est pas impossible, mais elle ne saurait trouver place dans ce mémoire. Provisoirement, nous désignerons le germe que nous allons étudier sous le nom de Bacille violet.

MILIEUX DE CULTURE. — Le Bacille violet a été cultivé sur milieu synthétique I de LASSEUR. Dans ce liquide nutritif, le Bacille donne un voile épais résistant, violet foncé, presque noir.

EXTRACTION DE LA MATIÈRE COLORANTE :

- 1° A l'aide d'un gros fil de platine, retirer le voile de la culture.
 - 2° Laver soigneusement le voile à l'eau distillée.
 - 3° Exprimer légèrement entre des feuilles de papier filtre.
 - 4° Dessécher dans le vide à froid sur l'acide sulfurique ; pulvériser.
 - 5° Traiter par l'alcool fort.
 - 6° Filtrer. Additionner la liqueur de quelques centimètres cubes d'eau. Evaporer dans le vide à 40°-50° C., jusqu'à volume de quelques cmc. La matière colorante se précipite sous forme de flocons violet.
 - 7° Filtrer, laver à l'eau.
 - 8° Dissoudre dans l'alcool faible, filtrer. Evaporer dans le vide jusqu'à précipitation de la matière colorante. Filtrer, laver, sécher dans le vide.
 - 9° Reprendre par éther, évaporer jusqu'à précipitation.
 - 10° Filtrer, reprendre par alcool absolu, filtrer, additionner de quelques centimètres cubes d'eau. Evaporer jusqu'à précipitation de la matière colorante. Filtrer, laver.
 - 11° Traiter par l'alcool fort, comme en 10.
- On obtient, à la fin de ces opérations, une poudre noire, mate, sèche.

PURIFICATION. — La matière colorante destinée aux recherches spectrales a été purifiée par la méthode capillaire.

PROPRIÉTÉS. — Le pigment est soluble en bleu violacé dans l'alcool éthylique, en bleu dans l'alcool amylique, en violet rouge dans l'alcool méthylique, l'éther sulfurique et l'acétone. La matière colorante est insoluble dans l'éther de pétrole, la benzine, le sulfure de carbone.

L'acide sulfurique concentré dissout la matière colorante en donnant une solution jaune-orange. L'addition d'eau goutte à goutte (en refroidissant) fait apparaître une coloration bleu violet. Cette coloration diminue d'intensité et disparaît lorsque l'acide a été additionnée de 2 ou 3 fois son volume d'eau. A ce moment, la matière colorante est précipitée sous forme de flocons verts passant au jaune très rapidement. Filtrons cette solution, et lavons longuement à l'eau distillée la substance jaune restée sur le filtre. Sous l'influence des lavages, la matière colorante bleuit et on obtient finalement une substance se dissolvant en bleu dans l'alcool.

Revenons à la solution sulfurique primitive.

L'addition d'alcool à cette solution détermine tout d'abord une coloration verte du liquide. En opérant dans une capsule de porcelaine, et en laissant tomber l'alcool goutte à goutte, on observe une série de zones colorées en vert, rose et bleu. Si on continue l'apport d'alcool, toute la masse liquide se colore en bleu.

L'acide chlorhydrique, l'acide azotique ne paraissent pas dissoudre la matière colorante.

Sous l'action de l'acide sulfurique et de l'acide chlorhydrique, les solutions alcooliques virent au bleu et présentent des variations importantes du spectre d'absorption.

La matière colorante se dissout en vert dans la soude concentrée, mais la solution se décolore rapidement et passe au jaune orangé.

Nous retrouvons l'action de la soude dans les solutions effectuées avec des solvants neutres, telle que l'acétone.

Les solutions acétoniques sont colorées en rouge violet ou violet-rouge. A 5 cmc de la solution acétonique, ajoutons goutte à goutte de la soude N/100. Au début, chaque goutte détermine une coloration bleue qui disparaît par agitation, mais un petit nombre de gouttes, 8 en général, suffit pour faire virer toute la masse au bleu pur. Cette solution présente une nouvelle bande d'absorption étroite et très nette dans le rouge.

La solution bleue n'est pas stable et vire peu à peu au violet en même temps que disparaît la nouvelle bande d'absorption. Si on ajoute à nouveau 3 ou 4 gouttes de soude N/100, la solution redevient bleue, en même temps que réapparaît la bande d'absorption dans le rouge.

Lorsque l'on utilise un léger excès de NaOH, supposons : (15 gouttes de NaOH N/100, au lieu de 8 comme dans la première expérience), la solution vire au vert instantanément, puis les solutions reviennent au bleu, et offrent la bande d'absorption dans le rouge.

L'ammoniaque n'a pas d'action bien sensible sur la solution acétonique. Huit gouttes de la solution commerciale (diluée

au 1/10^e) ne modifient en rien la coloration de la liqueur, 16 gouttes font virer la solution au violet bleu, mais sans changement notable du spectre d'absorption.

L'ammoniaque étant beaucoup moins dissociée que la soude, on s'explique ainsi la différence d'action des deux bases sur le pigment.

Les solutions alcooliques de matière colorante sont beaucoup moins sensibles que les solutions acétoniques à l'action de la soude. Et cependant, l'alcool éthylique et l'acétone sont de bons ionisants tous les deux.

A la température du Laboratoire, les perborates, perhydrol (eau oxygénée à 100 volumes), ont peu d'action sur le pigment, mais à 50° C., ces mêmes oxydants décolorent les solutions.

Le zinc et l'acide chlorhydrique, l'hydrosulfite, etc... décolorent aussi les solutions du pigment violet.

SPECTRE D'ABSORPTION

Les propriétés que nous venons d'examiner ne caractérisent nullement le pigment violet, il faut donc étudier son spectre d'absorption.

MOSELLY (1877) ; KRUNKENBERG (1881) ; LECOQ de BOISBAUDRAN (1882) SCHNEIDER (1895) ; W. ROSENBERG (1889) ; J. HARTLEY (1913), ont consacré une série de recherches aux spectres d'absorption des violaceines. Tous ces travaux ne nous intéressent pas au même titre et nous ne résumerons que ceux de LECOQ de BOISBAUDRAN et de J. HARTLEY.

L'illustre chimiste français a étudié un pigment bactérien violet qui apparaissait dans certaines colles de farine. Les solutions alcooliques de ces pigments étaient d'un bleu violet. Sous une faible épaisseur, elles présentaient une bande d'absorption s'étendant de $\lambda = 600$ à $\lambda = 565$, avec milieu apparent vers $\lambda = 581$.

Nous devons à W. J. HARTLEY (1913) un travail remarquable sur le spectre d'absorption du pigment secrété par un Bacille violet isolé de l'eau.

J. HARTLEY a appliqué dans ses recherches la méthode imaginée par son père, le célèbre et regretté Professeur W. N. HARTLEY.

La solution alcoolique du pigment étudiée par HARTLEY fils n'offre qu'une seule bande d'absorption dans le spectre visible. La bande s'étend de $\lambda = 6100$ à $\lambda = 4900$ environ. On n'observe pas d'absorption sélective dans l'ultra-violet.

Cette brève revue historique étant terminée, nous allons résumer maintenant les résultats auxquels nous sommes arrivés avec le Bacille violet.

I. — Absorption dans la partie visible du spectre.

Solutions alcooliques concentrées : Les solutions alcooliques renfermant 5 m/mgr., 3 de matière colorante pour 100 cmc. de solvant, présentent une large bande d'absorption asymétrique.

On observe en outre une absorption continue du violet.

C'est ce qui ressort d'ailleurs de l'examen du tableau suivant.

Bacille violet

Concentration : 5,3 m/mgr. de substance par 100 cmc. d'alcool.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION SÉLECTIVE	ABSORPTION DE L'EXTRÉMITÉ DU SPECTRE. FIN DU SPECTRE LUMINEUX
—	—	—
10	de $\lambda = 602$ à $\lambda = 550$	$\lambda = 417$
15	de $\lambda = 649$ à $\lambda = 533$	$\lambda = 000$
20	de $\lambda = 656,5$ à $\lambda = 520$	$\lambda = 425$
30	de $\lambda = 668$ à $\lambda = 485$	$\lambda = 000$
45	de $\lambda = 000$ à $\lambda = 449,6$	$\lambda = 432,5$
50	de $\lambda = 674,5$ à $\lambda = 000$	$\lambda = 435$
60	de $\lambda = 678,5$ à $\lambda = 445$	$\lambda = 438$
75	de $\lambda = 683,5$	
95	de $\lambda = 690$	

Le *spectrogramme* n° 15, Pl. IV représente l'allure de l'absorption dans une solution renfermant 2,68 m/mgr. de matière colorante pour 100 cmc. de solvant.

Solutions alcooliques diluées : Par dilution, la bande d'absorption décrite précédemment se dédouble en deux bandes, ainsi que le montre le *spectrogramme* n° 16, Pl. VI.

Les caractéristiques des bandes sont indiquées dans le tableau suivant.

Bacille violet

Concentration : 1,3^m/mgr. de substance par 100 cmc. d'alcool.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE
25	de $\lambda = 630$ à $\lambda = 624$	de $\lambda = 583$ à $\lambda = 578$
30	de $\lambda = 634$ à $\lambda = 620$	de $\lambda = 585,5$ à $\lambda = 575$
35	de $\lambda = 638$ à $\lambda = 616,5$	de $\lambda = 587,5$ à $\lambda = 573$
40	de $\lambda = 641$ à $\lambda = 614$	de $\lambda = 598$ à $\lambda = 570$
50	de $\lambda = 647$ à $\lambda = 611$	
60	de $\lambda = 651$	
80	de $\lambda = 656,5$	

DÉSIGNATION DES
BANDES

1^{re} Bande

2^e Bande

MAXIMUM DE FORMANEK-
GRANDMOUGIN

$\lambda = 629,6$

$\lambda = 581,5$.

La bande 1 est très faible, nébuleuse.

Cette bande se perçoit plus facilement avec les solutions très diluées dont on fait varier l'épaisseur. Pour certaines épaisseurs, on est contraint d'utiliser un verre absorbant.

La bande 2 est assez faible.

HARTLEY (1913), n'a décrit qu'une seule bande d'absorption. Or, cet auteur a fait varier la concentration de ses solutions, par suite, il aurait perçu la 2^e bande si elle avait existé dans ses solutions. Le pigment étudié par HARTLEY est donc différent de celui que nous examinons aujourd'hui.

En ce qui concerne l'observation de LECOQ DE BOISBAUDRAN, il est plus difficile de se prononcer. L'auteur n'a pas fait varier méthodiquement l'épaisseur de la couche liquide. Néanmoins, il est difficile d'admettre qu'une bande, même nébuleuse, ait pu échapper à l'un des maîtres de la spectroscopie.

Sous cette réserve, nous constatons que, le maximum d'absorption $\lambda = 581$ trouvé par LECOQ DE BOISBAUDRAN correspond bien au maximum que nous attribuons à la deuxième bande de notre pigment.

Solutions alcooliques additionnées d'acide sulfurique : Sous l'action de l'acide sulfurique, la solution alcoolique vire au bleu ; les bandes d'absorption se déplacent, et l'on note l'apparition d'une 3^e bande. Cette dernière, très faible, persiste cependant fort longtemps. Nous avons consigné dans les tableaux suivants les valeurs relatives à ces spectres d'absorption.

Bacille violet

Concentration : 2,6 m/mgr. de substance colorante par 100 cmc. de solvant.
 Solution alcoolique additionnée de 2 cmc d'acide sulfurique par 100 cmc de liqueur.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION SÉLECTIVE		Absorption continue. Fin du spectre lumineux.
	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	
15			
20	de λ = 714,5 à λ = 688,5	de λ = 643 à λ = 627	de λ = 591 à λ = 584
25	de λ = 719 à λ = 685	de λ = 647 à λ = 624	de λ = 594,5 à λ = 579
30	de λ = 723 à λ = 682	de λ = 650 à λ = 619	de λ = 597 à λ = 575
40	de λ = 728 à λ = 678	de λ = 656 à λ = 617	de λ = 600 à λ = 554
50	de λ = 733 à λ = 673,5	de λ = 660 à λ = 614	de λ = 603 à λ = 533
55	de λ = 736 à λ = 671,5		de λ = 608 à λ = 529
60	de λ = 739,5 à λ = 670	de λ = 664	à 55 m/m les
70	de λ = 745	à 70 m/m les	2 bandes se fusionnent.
80		2 bandes se fusionnent.	à λ = 522
			à λ = 510

(1) Acide sulfurique dit pur du commerce

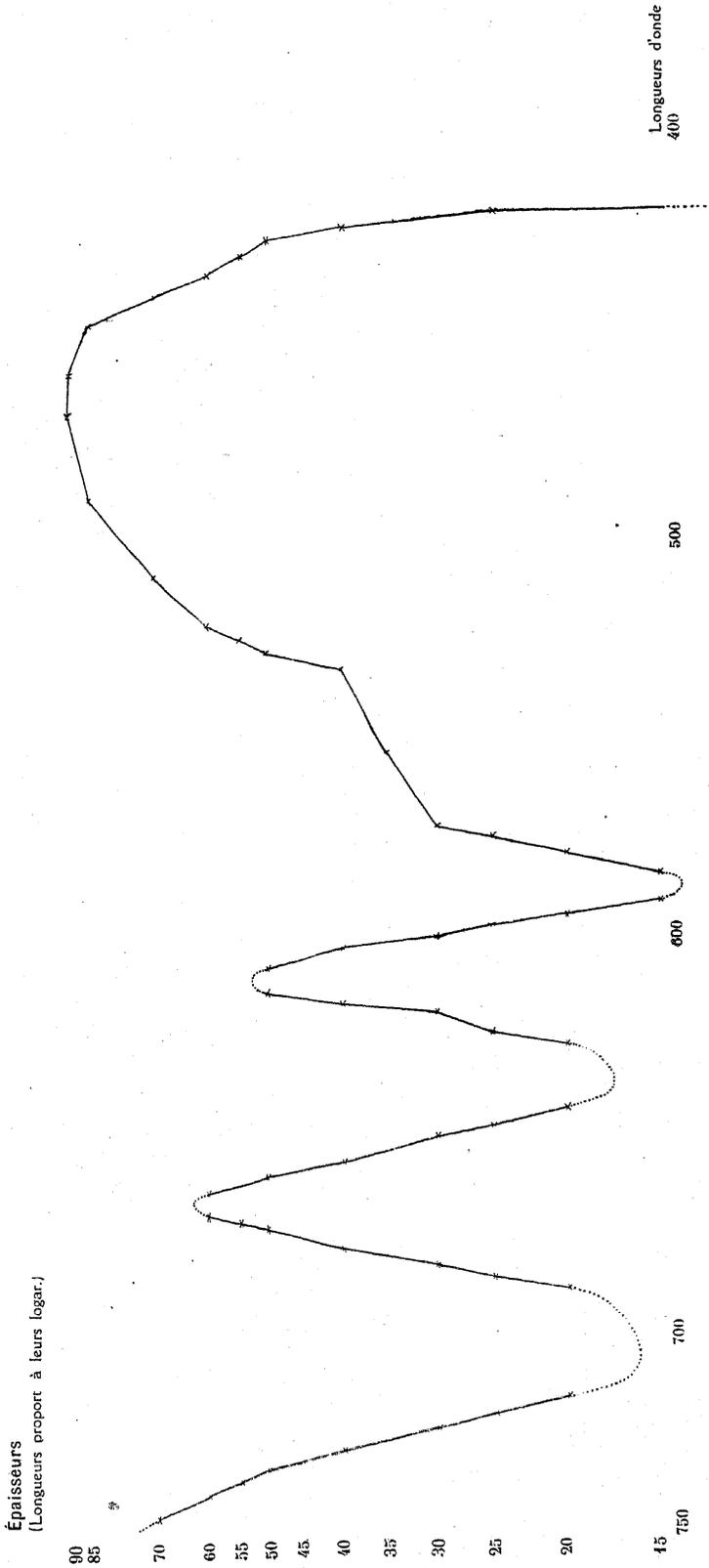
Maximum de FORMANEK-GRANDMOUGIN

	OBSERVATIONS
1 ^{re} Bande λ = 704,8	Bande forte.
2 ^e Bande λ = 637,5	Bande nébuleuse.
3 ^e Bande λ = 586,8	Bande très faible, mais persistant longtemps.

Pour certaines épaisseurs, la 2^e bande n'est nettement visible qu'avec un verre absorbant.

Fig. 4. — *Bacille Violet*

Concentration : 2,6 m/mgr. de substance colorante par 100 cmc de solvant.
Solution alcoolique additionnée de 2 cmc d'acide sulfurique par 100 cmc de liquide.



L'examen des *spectrogrammes* 17 et 18 Pl. VI montre le déplacement des bandes sous l'action de l'acide sulfurique.

La marche générale de l'absorption est schématisée dans la *fig. 4*.

II. — Absorption dans l'ultra-violet

Le spectre d'absorption de la violacéine n'est pas caractéristique. Le *spectrogramme* 19, Pl. VII, offre, en effet, deux bandes d'absorption que nous avons décrites déjà à propos du pigment jaune d'*Aleurisma flaviss*.

L'addition d'acide sulfurique aux solutions alcooliques ne modifie pas sensiblement le spectre de la violacéine. C'est ce qui ressort d'ailleurs de l'examen des nombres suivants :

Bacillus violaceus

Solution alcoolique. — Concentration 0 gr., 040 par litre.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	FIN DU SPECTRE DE FER
10			$\lambda = 221$
30		de $\lambda = 270$ à $\lambda = 262$	$\lambda = 248$
35	de $\lambda = 284$ à $\lambda = 276$	de $\lambda = 271$ à $\lambda = 261$	$\lambda = 253$
40	de $\lambda = 286$ à $\lambda = 275$	de $\lambda = 272$ à $\lambda = 261$	$\lambda = 258$

Bacillus violaceus

Solution alcoolique + Acide sulfurique. — Concentration : 0 gr., 040 par litre.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	FIN DU SPECTRE DU FER
10			$\lambda = 222$
30		de $\lambda = 270$ à $\lambda = 261$	$\lambda = 243$
35		de $\lambda = 272$ à $\lambda = 261$	$\lambda = 249$
40	de $\lambda = 286$ à $\lambda = 275$	de $\lambda = 273$	$\lambda = 259$
45	de $\lambda = 285$ à $\lambda = 275$		

COMPARAISON DES SPECTRES D'ABSORPTION DE LA SOLUTION VERTE D'OXYCHLORORAPHINE RÉDUITE ET DE LA SOLUTION BLEUE DU PIGMENT VIOLET. — Il ne saurait être question d'identifier le spectre de l'oxychlororaphine réduite et celui du pigment violet traité par un acide minéral (H^2SO^4 , HCl). L'oxychlororaphine offre 4 bandes d'absorption et le pigment violet ne présente que 3 bandes. De plus, on observe des différences du même ordre dans l'ultra-violet. Cependant, il est un rapprochement assez curieux à effectuer, c'est celui qui concerne les trois premières bandes d'absorption de ces deux pigments ; bandes dont nous indiquons ci-dessous les 6 maxima d'absorption.

Maximum de FORMANEK-GRANDMOUGIN

DÉSIGNATION DES BANDES	OXYCHLORORAPHINE RÉDUITE (Solution verte)	PIGMENT VIOLET SOLUTION ALCOOLIQUE ADDITIONNÉE D'ACIDE SULFURIQUE (Solution bleue)
I	$\lambda = 704,8$	$\lambda = 704,8$
II	$\lambda = 637,6$	$\lambda = 637,5$
III	$\lambda = 587$	$\lambda = 586,8$
IV	$\lambda = 537,4$	pas de IV ^e bande.

Remarque : Pour une dilution plus faible, la bande II de l'oxychlororaphine offre deux maxima :

$$\begin{aligned} \lambda &= 640 \\ \lambda &= 637,6 \end{aligned}$$

Ces valeurs ont été communiquées en 1914 à M. le Professeur J. FORMANEK, qui a bien voulu nous résumer ainsi ses impressions.

Tout d'abord, des différences de l'ordre de 0,1 $\mu\mu$ à 0,3 $\mu\mu$ n'ont aucune importance dans l'identification des bandes. Plusieurs matières colorantes présentent 2 maxima apparents, mais, dans tous les cas, il faut diluer la solution jusqu'à ce « *qu'un seul maximum apparaisse, et seul, ce dernier est caractéristique* ». Par suite, les trois bandes de l'oxychlororaphine réduite et les trois bandes du pigment violet paraissent identiques.

« *La matière verte obtenue par réduction de la substance jaune*

(oxychlororaphine) est un mélange de deux substances, l'une bleue et l'autre jaune. C'est à la matière bleue qu'appartiennent les bandes :

$$\lambda = 704,8$$

$$\lambda = 637,6$$

$$\lambda = 587.$$

« La matière jaune aurait une absorption dans le violet, absorption qui vous aurait échappée ».

Il est possible que la solution verte d'oxychlororaphine réduite soit un mélange de 2 colorants, l'un bleu (B), l'autre jaune (J). Il est de toute évidence que la solution sulfurique bleue du pigment violet renferme un colorant bleu B'. Les colorants B et B' possèdent certainement des groupements communs. Ce point est d'autant plus intéressant à noter que nous aurons à faire des rapprochements analogues avec d'autres pigments microbiens.



Bacillus prodigosus Migula et Bacillus Kiliensis Breunig

Pour certains auteurs, *B. Kiliensis* n'est qu'une variété de *B. prodigosus*, pour d'autres auteurs, les deux formes bactériennes sont nettement différentes. En faisant état de nouveaux faits acquis en sérologie, l'un de nous reprendra cette question dans un autre mémoire. Aujourd'hui, nous nous limitons à l'étude des matières colorantes secrétées par ces deux formes bactériennes.

Remarquons tout de suite que, pour certains auteurs, les deux pigments sont identiques. Cette conclusion, pour être exacte, dépasse les résultats acquis jusqu'à ce jour ; mais, sous cette réserve, nous dirons que l'on peut provisoirement désigner sous le nom de *prodigosine* la substance colorante secrétée par les deux formes bactériennes ci-dessus.

Coloration des cultures. — *Bacillus Kiliensis* et *B. prodigosus* ensemencés sur pomme de terre donnent des cultures offrant des colorations diverses : jaune orangé, rouge orangé, rouge vermillon, carmin, rouge violet, violet-rouge.

Prodigosine

EXTRACTION ET PURIFICATION DU PIGMENT. — Les cultures sont traitées par l'alcool à 95°. On filtre et évapore (1). On re-

(1) Toutes les évaporations se font dans le vide.

prend par l'alcool absolu (1), filtre, évapore, reprend par l'éther anhydre et lave à l'eau la solution étherée.

On décante, évapore. On obtient une masse brun rougeâtre offrant des reflets métalliques lorsqu'elle est en suspension dans l'eau.

Il est à remarquer que les eaux de lavage de la solution étherée solubilisent et entraînent un pigment jaune. Est-ce un produit d'oxydation du pigment ? nous l'ignorons. Tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'il s'agit bien d'un colorant différent de celui resté en solution dans l'éther. Car la matière colorante dissoute dans l'éther est insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool.

La prodigiosine obtenue est purifiée par l'analyse capillaire.

SOLUBILITÉ. — Le produit purifié se dissout en rouge dans l'éther, tandis que le pigment brut donnait des solutions étherées jaunes.

La prodigiosine est soluble en rouge dans l'alcool à 80°

Sous l'influence de l'ammoniaque (quelques gouttes), la solution alcoolique vire à l'orangé.

La coloration des solutions alcooliques varie avec l'état de deshydratation du solvant. L'alcool absolu donne des solutions orangées que l'addition d'eau fait virer au rouge carmin. Cette action de l'eau se manifeste aussi sur les solutions alcooliques alcalinisées. En ajoutant 2 gouttes de soude N/10 à 10 cmc. de solution alcoolique de prodigiosine, on obtient une liqueur jaune qui redevient rouge carmin par addition ultérieure de 3 ou 4 cmc. d'eau distillée.

COMPOSITION. — Nous ne nous étendrons pas plus longuement sur les caractères de solubilité, d'oxydation et réduction, etc... Nous rappellerons que la prodigiosine a été l'objet de nombreuses recherches. Malheureusement, aucun auteur n'est

(1) Par addition d'eau, on peut précipiter la prodigiosine de sa solution alcoolique. On centrifuge et décante. Le culot de centrifugation, repris par l'alcool, est traité comme ci-dessus.

arrivé à faire cristalliser cette substance, et on lui a successivement attribué les compositions suivantes :

		C	H	O	N
1892	GRIFFITHS	70,52 %	9,24 %	13,20 %	3,07 %
1896	SCHUEURLEN	71,58 %	11,84 %	16,58 %	0
	—	72,64 %	11,86 %	15,50 %	0
1902	KRAFT	75,25 %	7,93 %	11,82 %	3,90 %
1914	Prof. LEHMANN	ne renferme pas d'azote.			

Nous ne reprendrons pas l'analyse élémentaire de la prodigiosine, et nous nous limiterons à l'étude de l'absorption des solutions colorantes.

SPECTRE D'ABSORPTION

SCHROTER (1875), KRUNKENBERG (1886), EISENBERG (1891), GRIFFITHS (1892), SCHNEIDER (1895), SCHEURLEN (1896), W. ROSENBERG (1899), KRAFT (1902) (1), ont étudié le spectre d'absorption de la prodigiosine. Tous ces auteurs ont adopté une échelle arbitraire, et nous ne citons leurs travaux qu'à titre de documentation. Après avoir rappelé les recherches de nos devanciers, nous allons résumer les résultats auxquels nous sommes arrivés, tant dans la partie visible que dans l'ultra-violet.

I. — Absorption dans la partie visible du spectre

Bacillus Kiliensis. — Nous avons réuni dans les tableaux suivants les valeurs obtenues avec des solutions alcooliques de pigment de *Bacillus Kiliensis*. Les solutions ont été effectuées avec l'alcool à 85°. L'addition d'une petite quantité d'eau à l'alcool fort rend les bandes d'absorption plus nettes.

Avec les solutions concentrées, on observe une large plage d'absorption (*spectrogramme* 20, Pl. VII), se divisant en trois bandes par dilution de la solution primitive (*spectrogramme* 22, Pl. VIII).

(1) Les publications de FLUGGE, LEHMANN et NEUMANN, LAFAR, etc., n'apportent pas de faits nouveaux.

Nous indiquons ci-dessous les caractéristiques des bandes pour des épaisseurs et des concentrations variées.

B. KILIENSIS

Concentration : 174 m/mgr. de substance par 100 cnc. d'alcool.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION SÉLECTIVE		Absorption continue Fin du Spectre lumineux
	BANDE I	ASSOMBR. DU SPECTRE	
5	de $\lambda = 556$ à $\lambda = 526$		$\lambda = 418$
10	de $\lambda = 561$ à $\lambda = 516$	de $\lambda = 516$ à $\lambda = 491$	
15	de $\lambda = 566$ à $\lambda = 488,5$	de $\lambda = 488,5$ à $\lambda = 479$	$\lambda = 420$
20	de $\lambda = 570$ à $\lambda = 481$	de $\lambda = 481$ à $\lambda = 473$	$\lambda = 425$
25	de $\lambda = 572$ à $\lambda = 474$	de $\lambda = 474$ à $\lambda = 463$	$\lambda = 432$
30	de $\lambda = 574,5$	Tous les rayons sont absorbés	
40	de $\lambda = 579$	à partir de $\lambda = 574,5$	
50	de $\lambda = 583$		
70	de $\lambda = 591$		
80	de $\lambda = 594$		

Bacillus KILIENSIS

Concentration : 34,8 m/mgr. de pigment par 100 cnc. d'alcool.

ÉPAISSEUR m/m	ABSORPTION SÉLECTIVE		Absorption continue Fin du Spectre Lumineux
	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	
10	de $\lambda = 542$ à $\lambda = 534$		
15	de $\lambda = 546$ à $\lambda = 532$		
20	de $\lambda = 549$ à $\lambda = 530$	de $\lambda = 503$ à $\lambda = 492$	$\lambda = 420$
25	de $\lambda = 551$ à $\lambda = 527$	de $\lambda = 506$ à $\lambda = 489$	$\lambda = 424$
30	de $\lambda = 552$ à $\lambda = 525$	de $\lambda = 510$ à $\lambda = 486$	$\lambda = 428$
35	de $\lambda = 554$ à $\lambda = 524$	de $\lambda = 512$ à $\lambda = 483$	$\lambda = 431$
40	de $\lambda = 557$ à $\lambda = 521$	de $\lambda = 514$ à $\lambda = 476$	
45	de $\lambda = 559$	à $\lambda = 470$	$\lambda = 434$
50	de $\lambda = 561$	à $\lambda = 466$	$\lambda = 445$
60	de $\lambda = 567$		
100	de $\lambda = 590$		

MAXIMUM DE FORMANEK-GRANDMOUGIN

OBSERVATIONS

1 ^{re} Bande	$\lambda = 537,5$	Bande noire, très forte.
2 ^e Bande	$\lambda = 498$	Bande grise, faible.
3 ^e Bande	$\lambda = 457$	Bande très très faible.

La troisième bande est faible, elle est floue, nébuleuse, à bords imprécis. Elle a d'abord passé inaperçue au spectroscopie d'HILGER, mais elle a été observée à Mulhouse par M. G. GROSS, qui nous en a signalé l'existence. Par la suite, en nous plaçant dans des conditions propices, nous avons pu percevoir et photographier cette bande. Mais, même dans les cas favorables à son examen, on doit se limiter à déterminer son maximum d'absorption. Les bords de la bande n'offrent pas une netteté suffisante pour permettre l'établissement des courbes de HARTLEY (1).

Les solutions alcooliques de prodigiosine virent au jaune sous l'influence de l'ammoniaque et, en même temps, le spectre d'absorption change d'aspect :

La bande 1 diminue considérablement d'intensité.

La bande 2 devient de plus en plus importante à mesure qu'augmente l'épaisseur de la couche liquide. Et, pour une épaisseur de 45 m/m (solution à 34,8 m/mgr.), la bande 2 est beaucoup plus intense que la bande 1. C'est cet aspect du spectre d'absorption que nous résumons dans le tableau suivant.

Bacillus KILIENSIS

Concentration : 34,8 m/mgr. de colorant par 100 cmc. d'alcool. Solution additionnée de 10 gouttes d'ammoniaque par 100 cmc. de solvant.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE
15	de $\lambda = 545$ à $\lambda = 524$	
20		de $\lambda = 506$ à $\lambda = 492$
25	de $\lambda = 547$	
30	de $\lambda = 548$ à $\lambda = 521$	de $\lambda = 510$ à $\lambda = 490$
35	de $\lambda = 550$	de $\lambda = 513$ à $\lambda = 488$

Les bords des bandes sont peu nets, et toutes ces mesures sont mauvaises. Les maxima sont plus faciles à percevoir, et les nombres indiqués doivent être considérés comme étant assez approchés.

	MAXIMUM DE FORMANEK-GRANDMOUGIN	OBSERVATIONS
1 ^{re} Bande	$\lambda = 537,9$	Très faible.
2 ^e Bande	$\lambda = 491$	Assez forte.
3 ^e Bande	$\lambda = 462$	Très faible (GROSS).

(1) L'emploi du spectrophotomètre aurait singulièrement augmenté la précision de nos recherches, dans ce cas particulier.

Lorsque la quantité d'ammoniaque augmente encore, les bandes 1 et 2 disparaissent, seule la bande 3 persiste, ainsi que cela ressort de l'examen du *spectrogramme* 29, Pl. IX.

Si la quantité d'ammoniaque utilisée n'est pas trop grande, une addition ultérieure d'eau à la solution alcoolique ammoniacale fait réapparaître les bandes d'absorption (*Hydrolyse*).

Bacillus prodigiosus. — Dans la région visible, le spectre d'absorption du pigment secrété par *B. prodigiosus* est rigoureusement identique à celui de la matière colorante de *B. Kiliensis*. Nous nous bornerons donc à indiquer les valeurs obtenues avec une solution renfermant 39^m/mgr. du pigment de *B. prodigiosus*. La comparaison des *spectrogrammes* 20, Pl. VII, et 21, Pl. VII, suffit d'ailleurs à démontrer l'identité des deux spectres d'absorption.

B. prodigiosus

Concentration : 39^m/mgr. de pigment par 100 cmc. d'alcool.

ÉPAISSEUR m /m	ABSORPTION SÉLECTIVE	
	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE
5	de $\lambda = 546$ à $\lambda = 535$	
10	de $\lambda = 549$ à $\lambda = 533$	
15	de $\lambda = 551$ à $\lambda = 532$	
20	de $\lambda = 553,5$ à $\lambda = 530$	
25	de $\lambda = 555$ à $\lambda = 528$	de $\lambda = 505$ à $\lambda = 491$
30	de $\lambda = 557$ à $\lambda = 526$	de $\lambda = 507$ à $\lambda = 488$
35	de $\lambda = 560$ à $\lambda = 523$	de $\lambda = 510$ à $\lambda = 484$

	MAXIMUM DE FORMANEK-GRANDMOUGIN	OBSERVATIONS
1 ^{re} Bande	$\lambda = 537,6$	Bande noire.
2 ^e Bande	$\lambda = 498$	Bande grise.
3 ^e Bande	$\lambda = 456$?	Bande très très faible.

Absorption dans l'ultra-violet

Les pigments secrétés par *B. prodigiosus* et *B. Kiliensis* donnent dans l'ultra-violet des spectres d'absorption rigoureux-

sement identiques. Aussi, nous bornerons-nous à indiquer les valeurs relatives à la substance colorante de *B. prodigiosus*.

L'addition d'acide ou de base aux solutions alcooliques de colorants, ne détermine pas de variations caractéristiques du spectre d'absorption, ainsi que l'on peut s'en rendre compte par l'examen des nombres suivants et la comparaison des *spectrogrammes* n° 27, Pl. IX, n° 34, Pl. XI, n° 37, Pl. XII.

Bacillus prodigiosus

Solution alcoolique. — Concentration : 0 gr., 250 par litre.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	FIN DU SPECTRE DU FER
5	—	—	λ = 228
35	—	de λ = 269 à λ = 261	λ = 245
40	de λ = 288 à λ = 277	de λ = 270 à λ = 261	λ = 253
45	de λ = 289 à λ = 276	de λ = 271,5 à λ = 261	λ = 258
50	de λ = 290 à λ = 275,5	de λ = 273 à λ = 261	λ = 259
55	de λ = 291 à λ = 275	—	λ = 259

MAXIMUM DE FORMANEK-GRANDMOUGIN

1 ^{re} Bande	λ = 280
2 ^e Bande	λ = 266

Bacillus prodigiosus

Solution alcoolique + HCl. — Concentration : 0 gr., 250 de pigment par litre.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	FIN DU SPECTRE DU FER.
35	de λ = 288 à λ = 276	de λ = 270 à λ = 261	λ = 252
40	de λ = 289 à λ = 276	de λ = 270 à λ = 261	λ = 256
45	de λ = 290 à λ = 276	—	λ = 259

Solution alcoolique + NH³. — Concentration : 0 gr., 250 de pigment par litre.

25	de λ = 290 à λ = 276	de λ = 267 à λ = 261	λ = 249
30	de λ = 290 à λ = 275	de λ = 268 à λ = 261	λ = 257
35	de λ = 290 à λ = 274	de λ = 269 à λ = 261	λ = 261

IDENTITÉ DES PIGMENTS DE *B. KILIENSIS* ET DE *B. PRODIGIOSUS*. — Les pigments secrétés par *B. Kiliensis* et *B. prodigiosus* paraissent identiques. Cette conclusion n'a pas lieu de nous surprendre. En effet, la production d'indol, par exemple, s'observe avec des germes fort différents ; de même l'apparition d'acide lactique dans les milieux est provoqué par des formes bactériennes extrêmement éloignées, comme le sont le Bacille de Massol et les Streptocoques.

COMPARAISON ENTRE LE SPECTRE D'ABSORPTION DE LA PRODIGIOSINE ET CELUI DE L'OXYCHLORORAPHINE RÉDUITE

Maximum de FORMANEK-GRANDMOUGIN

OXYCHLORORAPHINE RÉDUITE		PRODIGIOSINE	
	—		—
1 ^{re} Bande	$\lambda = 704,8$		
2 ^e Bande	$\lambda = 637,6$		
3 ^e Bande	$\lambda = 587$		
4 ^e Bande	$\lambda = 537,4$	1 ^{re} Bande	$\lambda = 537,5$
		2 ^e Bande	$\lambda = 498$
		3 ^e Bande	$\lambda = 457$

L'oxychlororaphine réduite et la prodigiosine ont une bande commune $\lambda = 537,5$. Cette bande, très faible avec l'oxychlororaphine réduite, est au contraire très importante dans le spectre de la prodigiosine.

COMPARAISON ENTRE LES SPECTRES DE L'OXYCHLORORAPHINE RÉDUITE, DE LA PRODIGIOSINE ET DU PIGMENT VIOLET EN SOLUTION ACIDE.

A priori, rien ne permet de rapprocher le spectre de la prodigiosine de celui du pigment violet. Cependant, inscrivons les valeurs correspondant aux bandes de l'oxychlororaphine, du pigment violet et de la prodigiosine :

Maximum de FORMÁNEK-GRANDMOUGIN

PIGMENT VIOLET + H ² S ⁴ O SOLUTION BLEUE	OXYCHLORORAPHINE RÉDUITE SOLUTION VERTE	PRODIGIOSINE SOL. ALCOOLIQUE SOL. ROUGE VIOLACÉ
1 ^{re} Bande $\lambda = 704,8$	1 ^{re} Bande $\lambda = 704,8$	
2 ^e Bande $\lambda = 637,5$	2 ^e Bande $\lambda = 637,6$	
3 ^e Bande $\lambda = 586,8$	3 ^e Bande $\lambda = 587$	
	4 ^e Bande $\lambda = 537,4$	1 ^{re} Bande $\lambda = 537,4$
		2 ^e Bande $\lambda = 498$
		3 ^e Bande $\lambda = 457$
4 ^e Bande $\lambda = 280$		4 ^e Bande $\lambda = 280$
5 ^e Bande $\lambda = 266$		5 ^e Bande $\lambda = 266$

Nous constatons que la prodigiosine et l'oxychlororaphine réduite ont une bande commune : $\lambda = 537,4$. Or, l'oxychlororaphine et le pigment violet offrent 3 bandes identiques. Ainsi se trouve établi le rapprochement entre la prodigiosine et le pigment violet.

D'ailleurs, dans l'ultra-violet, la prodigiosine et le pigment violet ont encore deux bandes communes : $\lambda = 280$ et $\lambda = 266$.

COMPARAISON DU SPECTRE D'ABSORPTION DE LA PRODIGIOSINE AVEC LE SPECTRE DES PIGMENTS BACTÉRIENS ROUGES. — Il serait intéressant de comparer le spectre d'absorption de la prodigiosine à celui des pigments rouges secrétés par *B. lactis erythrogenes*, *B. mycoïdes roseum*, *B. ruber* KOCH, *M. rhodochrous* ZOPF, le Bacille rouge de FORTINEAU, etc... Malheureusement, les travaux de GROTFEDT (1889), SCHNEIDER (1895), OVERBECK (1891), THÉVENIN (1898), FORTINEAU (1902), sont tous exprimés en échelle arbitraire.

Par contre, le spectre de la matière colorante de *B. rosaceus metalloïdes* a été magistralement étudiée par N. HARTLEY (1889).

Dans la partie visible, on note la présence d'une bande d'absorption offrant les caractéristiques suivants :

ÉPAISSEUR	BANDE
1 m/m	de $\lambda = 544$ à $\lambda = 528$
2 m/m	de $\lambda = 545$ à $\lambda = 526$
3 m/m	de $\lambda = 547$ à $\lambda = 522$

Dans l'ultra-violet, HARTLEY décrit une bande s'étendant de $\lambda = 317$ à $\lambda = 280$.

Si nous comparons ce spectre d'absorption à celui de la prodigiosine, nous trouvons une bande paraissant commune, c'est celle qui s'étend de $\lambda = 544$ à $\lambda = 528$.

Mais le reste du spectre d'absorption est nettement différent dans les deux cas.

B. Le Monnieri Lasseur

Bacillus Le Monnieri sécrète un pigment fluorescent et une matière colorante bleue. Nous n'étudierons dans ce mémoire que le pigment bleu. Les modes d'extraction et de purification, les propriétés physico-chimiques de ce dernier colorant ont été décrits antérieurement (LASSEUR et VERNIER 1924), et ne sauraient être exposés à nouveau ; nous nous limiterons donc à l'étude des spectres d'absorption.

ABSORPTION DANS LA RÉGION VISIBLE DU SPECTRE

L'absorption a été étudiée avec des solutions pyridiniques de concentrations variées. Nous examinerons tout d'abord les solutions concentrées, puis les solutions diluées.

a) Solutions concentrées

Solution pyridinique renfermant 43 milligrammes de matière colorante par 100 cmc de solvant.

ÉPAISSEUR DU LIQUIDE (1)	ABSORPTION SÉLECTIVE	ABSORPTION CONTINUE DE L'EXTRÉMITÉ DU SPECTRE FIN DU SPECTRE
5 m/m	de $\lambda = 674$ à $\lambda = 570,2$	
10 m/m	de $\lambda = 690$ à $\lambda = 548$	$\lambda = 417$
15	de $\lambda = 698$ à $\lambda = 538$	$\lambda = 424,7$

Avec les solutions concentrées, on observe une large bande d'absorption (spectrogramme 33, Pl. XI), et une absorption continue de l'extrémité du spectre.

(1) Pour les valeurs relatives aux autres épaisseurs, voir LASSEUR et VERNIER. (*Bull. Soc. des Sciences, Nancy* 1924).

b) *Solutions diluées*

Par dilution, la bande d'absorption se dédouble en deux bandes, dont les caractéristiques sont indiquées dans le tableau suivant :

Bacillus LE MONNIERI

Concentration : 5^m/mgr. de substance par 100 cmc. de pyridine

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE
10	de $\lambda = 635$ à $\lambda = 624$	—
15	de $\lambda = 640$ à $\lambda = 626 ?$	—
20	de $\lambda = 644$ à $\lambda = 616$	de $\lambda = 583$ à $\lambda = 573$
25	de $\lambda = 646$ à $\lambda = 610$	de $\lambda = 585$ à $\lambda = 572$
30	de $\lambda = 650$ à $\lambda = 606 ?$	de $\lambda = 587 ?$ à $\lambda = 570$
50	de $\lambda = 660$	à $\lambda = 568,5$
70	de $\lambda = 667$	à $\lambda = 567$
90	de $\lambda = 671$	à $\lambda = 562$

Remarque : assombrissement rapide entre la bande 1 et 2 ; par suite, les mesures effectuées dans cette région manquent de précision.

DÉSIGNATION DES BANDES	MAXIMUM DE FORMANEK-GRANDMOUGIN	OBSERVATIONS
1 ^{re} Bande	$\lambda = 630,3$	Bande forte asymétrique.
2 ^e Bande	$\lambda = 578,5$	Bande plate nébuleuse.

Les bandes d'absorption se perçoivent nettement dans les *spectrogrammes* n^o 30, 31, Pl. X.

ABSORPTION DANS L'ULTRA-VIOLET

La pyridine absorbe trop dans l'ultra-violet pour être utilisée comme solvant, et nous avons dû dissoudre le pigment dans le mélange *acide acétique* + *chloroforme*. Nous indiquons ci-dessous les caractéristiques des spectres d'absorption du solvant seul, et du pigment dissout dans le mélange *acide acétique* + *chloroforme*.

Bacillus LE MONNIERI

Spectre du solvant (mélange 20 cmc de chloroforme + 80 cmc. d'acide acétique cristallisable).

ÉPAISSEUR m/m	RADIATIONS TRANSMISES
5	— jusqu'à $\lambda = 245$
35	— $\lambda = 255$

Bacillus LE MONNIERI

Solution dans le mélange chloroforme + acide acétique. — Concentration : 0 gr., 020 par litre.

ÉPAISSEUR m/m	1 ^{re} BANDE	2 ^e BANDE	FIN DU SPECTRE DU FER
15	—	de $\lambda = 270$ à $\lambda = 262$	$\lambda = 256$
20	de $\lambda = 288$ à $\lambda = 276$	de $\lambda = 271$ à $\lambda = 261,5$	$\lambda = 259$
25	de $\lambda = 290$ à $\lambda = 275$	de $\lambda = 272$ à $\lambda = 261$	
30	de $\lambda = 291$ à $\lambda = 272$		

COMPARAISON ENTRE LES SPECTRES D'ABSORPTION DU PIGMENT BLEU DE *B. LE MONNIERI* ET LES SPECTRES D'ABSORPTION DES AUTRES PIGMENTS BLEUS MICROBIENS.

Bacillus Le Monnieri se rapproche par certains de ses caractères de *B. indigonaceus*, *B. indigoferus*, *B. pavoninus*, *B. azureus*, *B. coeruleus*, *B. syncyaneus*, *B. polychromogenes*, *M. cyaneus*, et *M. pseudo-cyaneus*.

Il aurait été intéressant de comparer le spectre d'absorption du pigment produit par *B. Le Monnieri* avec le spectre d'absorption des pigments sécrétés par les Bactéries ci-dessus. Malheureusement, la plus grande partie de ces germes a été étudiée à une époque où l'examen spectroscopique n'était pas d'un emploi fréquent en bactériologie. Il n'y a donc qu'un petit nombre d'espèces pour lesquelles nous possédons des renseignements spectroscopiques. Et encore l'imprécision des données éparées dans la littérature ne permet pas de rapprocher utilement les pigments

produits par *B. Le Monnieri*, *B. syncyaneus*(1) et *Strepto. coelicolor*.

Seul, le spectre d'absorption du pigment de *B. polychromogenes* THIRY a été magistralement étudié par THIRY et CHAMOT (1897, 1900). Ces auteurs décrivent une seule bande d'absorption, dont le maximum est voisin de $\lambda = 594$. Les pigments de *B. polychromogenes* et de *B. Le Monnieri* se trouvent ainsi nettement différenciés.

(1) Les valeurs proposées par HENOCQUE ne doivent être acceptées que sous réserve.

Pigments Microbiens et Teinture

La violacéine teint la soie en bleu violet. La nuance est admirable, malheureusement, la coloration ne résiste pas très longtemps à l'action de la lumière. M. NOELTING faisait remarquer que les colorants usuels ne permettaient pas l'obtention de nuances aussi délicates que celles fournies par la violacéine. Sans mordant, la violacéine teint aussi le coton, ce que font du reste d'autres colorants naturels tel que le *Curcuma*. La violacéine ne teint pas sur mordant.

La prodigiosine teint le coton mordancé au tanin.

La coloration obtenue est rose, assez stable, mais dépourvue de toute originalité.

L'oxychlororaphine teint en jaune pâle le coton mordancé au tanin.

La pyocyanine et ses sels teignent le coton mordancé au tanin, mais leurs colorations sont très instables, et, au bout de peu de temps, le tissu devient feuille morte, jaune brun ou beige.

Le coton teint depuis peu par la pyocyanine viré au vert, lorsqu'on immerge le tissu dans l'eau faiblement alcaline.

Tel est, brièvement résumé, l'histoire de quelques pigments microbiens.

En 1922, LASSEUR a rapproché le spectre d'absorption de l'oxychlororaphine de celui des flavones. Ce rapprochement des pigments microbiens de colorants naturels connus fera l'objet d'un prochain mémoire.

(Travail du Laboratoire de microbiologie de la Faculté de Pharmacie de Nancy).

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

SPECTROGRAMME N° 1. — *Spectre du fer* obtenu avec le spectrographe d'Hilger. Quelques raies ont été repérées d'après l'atlas de FABRY et BUISSON.

SPECTROGRAMME N° 2. — *Spectre visible*. Solution alcoolique du pigment jaune d'*Aleurisma flavissimum*. Concentration : 0 gr., 410 par litre.

Pour réduire le nombre des planches, nous n'avons souvent utilisé qu'une partie du cliché. Chaque fois que le cliché aura été coupé, nous indiquerons la valeur de l'épaisseur des deux premiers spectres d'absorption. Le lecteur trouvera aisément la valeur des autres épaisseurs, puisque ces dernières varient toujours de 5 en 5 ou de 10 en 10 m/m.

Ex. : *Aleurisma flav.* : 1^{er} spectre : épaisseur 15 m/m.

2^e spectre : épaisseur 20 m/m

ou, par abréviation : $E_1 = 15$; $E_2 = 20$.

SPECTROGRAMME N° 3. — *Spectre du fer* obtenu avec le spectroscopé de PAASCHEN construit par FUESS. Raies repérées d'après l'atlas d'EDER et VALENTA.

PLANCHE II

SPECTROGRAMME N° 4. — *Ultra-Violet*. Solution alcoolique du pigment jaune d'*Aleurisma*. Concentration : 0 gr., 080 par litre.

SPECTROGRAMME N° 5. — *U. V.* Solution étherée du pig-

ment d'*Aleurisma*. Concentration : 0 gr., 060 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 6. — *U. V.* Solution éthérée du pigment bleu d'*Aleurisma*. Concentration ; 0 gr., 040 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

PLANCHE III

SPECTROGRAMME N° 7. — *U. V.* Solution éthérée du pigment bleu d'*Aleurisma* additionnée d'HCl. Concentration : 0 gr., 026 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 8. — *Spectre visible*. Solution acétonique d'oxychlororaphine additionnée d'HCl. Concentration : 0 gr., 345 d'oxychlororaphine par litre. HCl-8 cmc. pour 100 cmc. de solution acétonique. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 9. — *U. V.* Solution d'oxychlororaphine réduite. Concentration : 0 gr., 025 par litre.

PLANCHE IV

SPECTROGRAMME N° 10. — *U. V.* Solution acétique d'oxychlororaphine. Concentration : 0 gr., 025 par litre. Arc du fer 110 volts, 5 ampères, fente : 0,015. Comparez avec spectrogramme n° 36, Pl. XII.

SPECTROGRAMME N° 11. — *Spectre visible*. Solution alcoolique de pyocyanine additionnée de NH_3 . Concentration : 0 gr., 120 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 12. — *Spectre visible*. Solution alcoolique de chlorhydrate de pyocyanine additionnée d'HCl. Concentration : 0 gr., 120 de chlorhydrate de pyocyanine par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

PLANCHE V

SPECTROGRAMME N° 13. — *U. V.* Solution aqueuse N/10.000 de chlorhydrate de pyocyanine additionnée de NH_3 .

SPECTROGRAMME N° 14. — *U. V.* Solution aqueuse N/10.000 de chlorhydrate de pyocyanine additionnée de HCl.

PLANCHE VI

SPECTROGRAMME N° 15. — *Spectre visible.* Solution alcoolique de pigment violet. Concentration : 0 gr., 026 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 16. — *Spectre visible.* Solution alcoolique de pigment violet. Concentration : 0 gr., 013 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 17. — *Spectre visible.* Solution alcoolique de pigment violet. Concentration : 0 gr., 026 par litre. La solution est additionnée de 4 cmc. d'acide sulfurique pur du commerce par 100 cmc. d'alcool. $E_1 = 10$; $E_2 = 15$.

SPECTROGRAMME N° 18. — *Spectre visible.* Solution alcoolique de pigment violet. Concentration : 0 gr., 026 par litre. La solution est additionnée de 6 cmc. d'acide sulfurique par 100 cmc. de solvant.

PLANCHE VII

SPECTROGRAMME N° 19. — *U. V.* Solution alcoolique de pigment violet additionnée d'acide sulfurique. Concentration : 0 gr., 040 par litre.

SPECTROGRAMME N° 20. — *Spectre visible.* Solution alcoolique de matière colorante de *B. Kiliensis*. Concentration: 1 gr., 350 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 21. — *Spectre visible.* Solution alcoolique de matière colorante de *B. prodigiosus*. Concentration : 1 gr., 450 par litre.

PLANCHE VIII

SPECTROGRAMME N° 22. — *Spectre visible.* Solution alcoolique de matière colorante de *B. Kiliensis*. Concentration: 0 gr., 337 par litre. $E_1 = 10$; $E_2 = 15$.

SPECTROGRAMME N° 23. — *Spectre visible*. Solution alcoolique de matière colorante de *B. prodigiosus*. Concentration : 0 gr., 350 par litre. $E_1 = 10$; $E_2 = 15$.

SPECTROGRAMME N° 24. — *Spectre visible*. Solution alcoolique du pigment de *B. prodigiosus*. Concentration : 0 gr., 870 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 25. — *Spectre visible*. Spectre continu obtenu avec le brûleur NERNST. Solution alcoolique de pigment de *B. prodigiosus*. Concentration : 0 gr., 870 par litre.

SPECTROGRAMME N° 26. — *Spectre continu* obtenu avec le brûleur NERNST. Solution alcoolique de pigment de *B. prodigiosus*. Concentration : 0 gr., 500 par litre.

PLANCHE IX

SPECTROGRAMME N° 27. — *U. V.* Solution alcoolique de pigment de *B. prodigiosus*, additionnée de NH_3 . Concentration : 0 gr., 250 par litre.

SPECTROGRAMME N° 28. — *Spectre visible*. Solution alcoolique de pigment de *B. prodigiosus*. Concentration : 1 gr., 350 par litre.

SPECTROGRAMME N° 29. — *Spectre visible*. Solution alcoolique de pigment de *B. prodigiosus* additionnée de NH_3 . Concentration : 1 gr., 770 par litre.

Par comparaison des spectrogrammes n° 28 et n° 29, on constate le déplacement des bandes.

PLANCHE X

SPECTROGRAMME N° 39. — *Spectre visible*. Solution pyridinique du pigment de *B. Le Monnieri*. Concentration : 0 gr., 187 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 31. — *Spectre visible*. Solution pyridinique du pigment *B. Le Monnieri*. Concentration : 0 gr., 054 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 32. — *U. V.* Solution du pigment de *B. Le Monnieri*. La matière colorante est dissoute dans le mélange acide acétique (80 parties) + chloroforme (20 parties). Concentration : 0 gr., 020 par litre.

PLANCHE XI

SPECTROGRAMME N° 33. — *Spectre visible*. Solution pyridinique du pigment de *B. Le Monnieri*. Concentration: 0 gr., 435 par litre. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$.

SPECTROGRAMME N° 34. — *U. V.* Solution alcoolique de prodigiosine. $E_1 = 5$; $E_2 = 10$. Concentration : 0 gr., 250 par litre.

SPECTROGRAMME N° 35. — *Spectre visible*. Solution alcoolique de pigment violet additionné d'acide sulfurique. Concentration : 0 gr., 017 de pigment par litre. Acide sulfurique : 6 cmc. par 100 cmc. de solution. $E_1 = 15$; $E_2 = 20$.

PLANCHE XII

SPECTROGRAMME N° 36. — *U. V.* Solution acétique d'oxychlororaphine. Concentration : 0 gr., 020 par litre. Arc du fer : 220 volts, 6 ampères. Fente : 0 m/m , 01

SPECTROGRAMME N° 37. — *U. V.* Solution alcoolique de pigment de *B. prodigiosus*, additionnée de HCl. Concentration : 0 gr., 250 par litre.

ERRATUM

Page 76, 26^e ligne ; au lieu de SPECTROGRAMME N° 39, lire N° 30.

SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

Séance du 23 Février 1926

Présidence de M. GARNIER

Correspondance. — L'Institut Polytechnique de l'Ouest, 3, rue Saint-Clément, à Nantes, demande à la Société de bien vouloir lui adresser, à titre de spécimen gratuit, un exemplaire du dernier numéro paru de notre *Bulletin*. — Accordé.

La rédaction du « *Journal zoologique russe* » demande l'échange de ses publications avec celles de la Société. L'échange doit se faire par l'intermédiaire de la « Société des relations culturelles entre l'Union des R. S. S. et l'Étranger », Moscou, Place Swerdloff. — Accordé.

Le Comité géologique de Russie demande de reprendre l'échange interrompu depuis 1914. — Accordé.

Rapports sur la candidature de deux membres titulaires nouveaux. Élections. — Après le rapport de M. Nicolas pour M. Martin et de M. Lemasson pour M. Bossong,

MM. Commandant Martin, à Dommartin-les-Toul,
Henri Bossong, 4, boulevard Jean-Jaurès, à Nancy,
sont élus à l'unanimité.

Communication

1^o M. J. PELTIER : « *Notes sur le freinage rapide des voitures automobiles* ». — Cette note sera insérée *in extenso* au *Bulletin*.

2^o M. GARDET : « Présentation de *Lejeunea calcarea* et de *Conomitrium Julianum* ».

M. GARDET fait remettre par M. NICOLAS deux exemplaires de ses impatiques, qui seront remis à M. GAIN pour les collections de la Faculté des Sciences. Enfin, M. LEMASSON, au nom de M. GARDET, fait hommage à la Société d'un article publié dans le *Bulletin* de la Société botanique de France et intitulé : « *Muscinées nouvelles ou méconnues des environs de Nancy* ».

Le Secrétaire général

P. GRÉLOT.

Séance du 21 Avril 1926

Présidence de M. GARNIER

Communication

M. le Commandant MARTIN : « *Sur le passage de la Moselle dans la Meuse* ». — Cette communication sera insérée au *Bulletin*.

En raison de l'heure avancée, la communication de M. OBRÉ, sur les « *Pétroles* », est remise à la prochaine séance.

Le Secrétaire général,

P. GRÉLOT.

LE MOTEUR DES AUTOMOBILES

Consommation

Principaux facteurs d'économie

par J. PELTIER, Ingénieur I. E. N.

LE MOTEUR

1. Cycle théorique du moteur à quatre temps.

On sait que le moteur à essence généralement adopté sur les voitures automobiles est du type à 4 temps, c'est-à-dire qu'un "cycle" complet nécessite 2 tours du volant ou 4 coups de piston. Le fonctionnement théorique est le suivant :

1^{er} TEMPS : *Aspiration* ; le piston s'éloigne du fond de cylindre, créant une dépression qui provoque l'arrivée du mélange combustible : *vapeur d'essence ou essence finement pulvérisée par le gicleur et air.*

2^e TEMPS : *Compression* ; le piston se déplace en sens inverse, il en résulte une augmentation de pression des gaz, tandis que la température s'élève au contact des parois chaudes du cylindre. *L'essence en fines gouttelettes se vaporise et le mélange devient plus homogène.*

3^e TEMPS : *Combustion et détente des gaz brûlés*, le piston s'éloignant à nouveau du fond de cylindre.

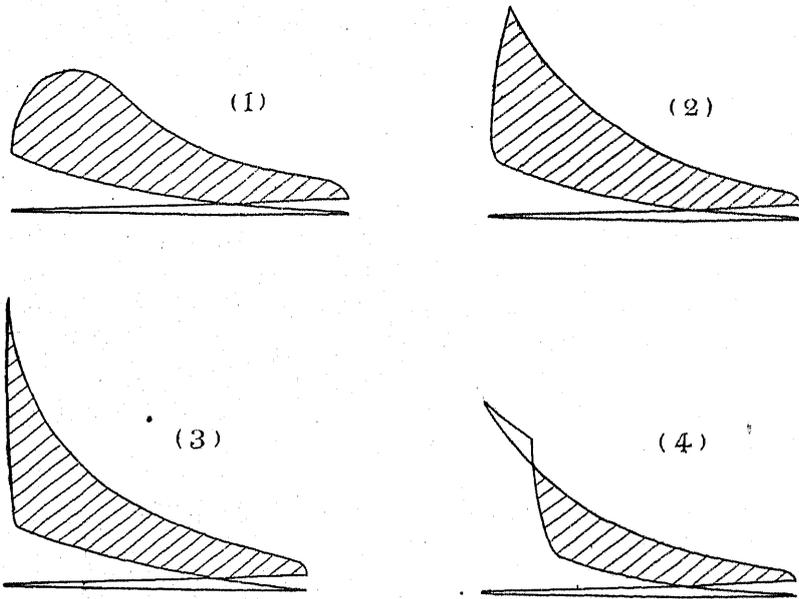
4^e TEMPS : *Échappement*, pendant la dernière course.

2. Pratiquement les choses ne se passent pas d'une façon aussi simple par suite de l'inertie et en général *parce qu'aucun phénomène physique ou chimique n'est instantané.* C'est pour cette raison que la commande des différents organes nécessite une certaine "avance".

3. Avance de l'allumage.

Si l'étincelle électrique pour l'allumage des gaz était produite seulement au point mort fin de compression, la combustion ne serait complète qu'un peu plus tard et on ne tirerait qu'un parti médiocre de la détente (diagramme, fig. 1).

Si, au contraire, on provoque l'étincelle électrique un peu avant le point mort, — autrement dit, si on met de l'avance à l'allumage — la combustion est presque complète en fin de course du piston et à ce moment, la pression est assez élevée. La détente des gaz est alors utilisée pour le mieux (diagramme fig. 2).



FIGURES 1 à 4

Les parties non hachurées correspondent à un travail résistant, les parties hachurées à un travail moteur.

En tenant compte de l'avance à l'allumage, le cycle pratique d'un moteur doit être modifié de la façon suivante :

- 1^{er} TEMPS : *Admission* du mélange gazeux.
- 2^e TEMPS : *Compression*, augmentant les qualités du combustible, puis *allumage*.
- 3^e TEMPS : Continuation de la combustion et *détente*.
- 4^e TEMPS : *Échappement*.

4. Quelle avance convient-il d'adopter ?

L'examen des diagrammes (1) et (2) fait voir que dans le deuxième cas, avec une avance à l'allumage judicieusement choisie, l'aire

hachurée est plus grande que dans le premier ; c'est-à-dire que le travail moteur est plus considérable pour une même dépense de combustible. On peut être tenté de croire que plus l'avance est considérable, meilleur est le rendement : Ceci est une grande erreur et l'expérience montre qu'une avance exagérée fait " cogner " le moteur, car la pression est trop forte, juste au point mort et il en résulte une flexion du vilebrequin et une fatigue anormale des paliers et coussinets (diagramme, fig. 3).

Une avance plus forte encore, diminue la puissance utile (diagramme, fig. 4) ; c'est pour cette raison qu'on doit empêcher le moteur de chauffer d'une façon trop considérable, afin d'éviter l'auto-allumage.

5. D'une façon générale, le degré d'avance doit être d'autant plus petit que le combustible est plus riche ou que le moteur tourne moins vite ; c'est pourquoi une avance un peu forte au départ provoque des " reculs " très fâcheux dans le cas de moteurs démarrés à la manivelle.

LA VOITURE

6. Le changement de vitesse.

La vitesse d'un moteur dépend du couple qu'il fournit. La puissance est le produit du couple par la vitesse. Enfin, le rendement dépend de ces différents facteurs ; il est maximum pour un régime bien déterminé et il diminue à mesure qu'on s'en éloigne ; c'est pour cette raison qu'on interpose entre le moteur et les roues un système cinématique appelé *changement de vitesse*, destiné à démultiplier convenablement le mouvement afin que le couple moteur ne varie pas d'une façon exagérée et que le rendement soit toujours aussi près que possible de sa valeur maximum.

7. Variations d'énergie potentielle.

Au cours d'une montée, l'énergie potentielle — due à la pesanteur — augmente ; pendant une descente, au contraire, elle diminue et si le moteur est débrayé, il en résulte un grand accroissement de l'énergie cinétique ; c'est-à-dire de la vitesse de la machine.

Si, au contraire, le moteur est embrayé, gaz coupés, — il forme frein, comme nous l'avons montré dans une étude " sur le freinage rapide..... " — il en résulte une perte d'énergie mécanique. Si

les freins sont aussi utilisés, la quantité d'énergie dissipée sous forme de chaleur est plus grande encore.

8. Relation entre la vitesse, la puissance et la consommation.

Soit P le poids, en kilos, de la machine, en ordre de marche ; N , la puissance, en chevaux, du moteur — puissance mesurée sur les roues — c la consommation en litres d'essence par cheval-heure ; F la valeur moyenne, en kilos, des forces de frottements mécaniques et R la résistance de l'air, en kilos, — frottements aérodynamiques — qui peut s'écrire :

$$(1) \quad R = KSV^2 ;$$

K , nombre donné par les laboratoires d'aérodynamique ;

V , vitesse en mètre par seconde ;

S , quantité dépendant de la surface et de la forme de la carrosserie ; ou aire d'une surface plane qui, perpendiculaire à la trajectoire, offrirait à elle seule la même résistance que la machine.

En écrivant que la puissance est égale au produit de la vitesse par la somme des efforts résistants ; on a, pour un parcours horizontal :

$$(2) \quad N = \frac{V}{75} (F + KSV^2) ;$$

le coefficient 75 intervient au dénominateur du second membre, car N est évalué en chevaux.

La relation (2) permet d'écrire :

$$(3) \quad V^3 + \left(\frac{F}{KS} \right) V - \frac{75 N}{KS} = 0 ;$$

de la forme de l'équation classique du 3^e degré :

$$x^3 + px + q = 0 ;$$

en remplaçant x par v et en faisant :

$$p = \frac{F}{KS}, \quad q = -\frac{75 N}{KS} ;$$

on voit que l'expansion $(4 p^3 + 27 q^2)$ est positive, c'est-à-dire que

l'équation (3) a une seule racine réelle, donnée par la formule du Cardan :

$$x = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}};$$

soit :

$$(4) \dots \dots V = \sqrt[3]{\frac{75 N}{2KS} + \sqrt{\left(\frac{75 N}{2KS}\right)^2 + \left(\frac{F}{3KS}\right)^3}} \\ + \sqrt[3]{\frac{75 N}{2KS} - \sqrt{\left(\frac{75 N}{2KS}\right)^2 + \left(\frac{F}{3KS}\right)^3}};$$

La consommation d'essence en litres aux 100 kilomètres — en palier — peut s'écrire :

$$(5) \quad E = e N \cdot t;$$

t , temps en heures pour faire 100.000 mètres ;

$$\text{soit} \quad t = \frac{100.000}{3.600 V} = \frac{27,8}{V}; \quad \text{d'où :}$$

$$(6) \quad E = 27,8 \cdot e \cdot \frac{N}{V};$$

V , se calculant d'après la relation (4).

Enfin, on peut écrire la relation simplifiée :

$$(7) \quad E > 27,8 \cdot e \cdot \sqrt[3]{\frac{KS}{75}} \cdot N;^{\frac{2}{3}}$$

en tenant compte des précédentes ; ce qui montre qu'à toutes autres choses égales, pour effectuer en palier un parcours donné — soit 100 kilomètres — la consommation d'une machine augmente plus rapidement que le carré de la racine cubique de la puissance.

9. Le tracé de la courbe $N = f(V)$ — formule (2) — nous permet

d'apprécier immédiatement le rapport $\frac{N}{V}$ de la formule (6) ; en effet

$$\frac{AB}{AC} = \operatorname{tg} \varphi = \frac{N}{V}; \text{ (fig. 5) ; d'où}$$

$$(8) \quad \dots\dots E = 27,8 \cdot e \cdot \operatorname{tg} \varphi ;$$

ce qui fait voir l'augmentation rapide de la consommation.

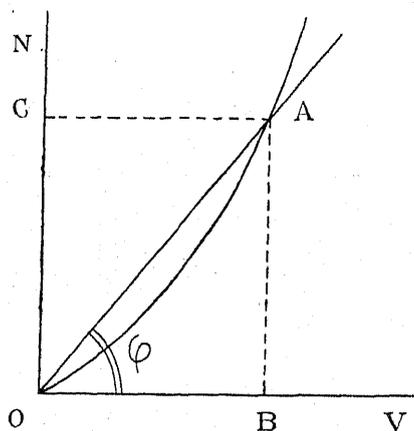


FIGURE 5

10. *En remarquant que, parmi les voitures usuelles du même type — torpédo sport ou torpédo série ou bien conduite intérieure — les dimensions de la carrosserie sont généralement fonction de la puissance normale N du moteur, les quantités F et S des formules précédentes augmentent un peu avec N , si bien qu'on peut observer que la consommation aux 100 kilomètres, en palier, est à peu près directement proportionnelle à la puissance N du moteur.*

11. Variation de la consommation avec la pente du terrain.

La consommation E en essence d'une voiture est indiquée — généralement en litres pour 100 kilomètres — pour parcours sur route en palier.

Dans le cas d'un terrain incliné d'un angle α sur l'horizon — α

compté positivement pour la montée et négativement pour la descente — la puissance peut s'écrire :

$$(9) \quad N' = \frac{V}{75} (F + KSV^2 + P \sin \alpha) ;$$

ou en comparant avec (2) :

$$(10) \quad N' = N + \frac{PV}{75} \sin \alpha ;$$

ce qui permet de tracer le nouveau graphique $N' = f_1(V)$; (fig. 6) pour toute valeur de l'angle α . La droite Δ sur ce graphique a pour

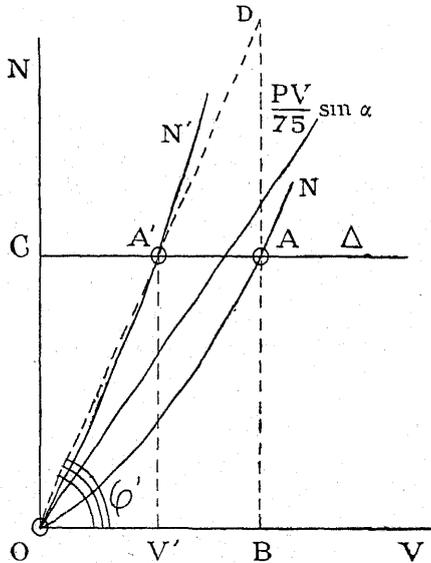


FIGURE 6.

ordonnée $N =$ puissance normale du moteur, elle coupe en un point A' la courbe des puissance, ce qui permet de tracer une nouvelle droite OA' faisant un angle φ' avec OV . La dépense E' d'essence aux 100 kilomètres peut s'écrire dans ce cas :

$$(11) \quad E' = 27,8 e \operatorname{tg} \varphi' ;$$

par analogie avec la relation (8).

12. *Considérons alors le plus simple circuit fermé sur le terrain incliné, soit un trajet aller et retour de 100 kilomètres comprenant 50 kilomètres de montée et autant de descente. La dépense totale d'essence sera :*

$$(12) \quad E'' = \frac{1}{2}(27,8 e \operatorname{tg} \varphi') + \text{dépense pour la descente} ;$$

tandis qu'en palier elle est toujours donnée par la relation (8).

La dépense pour la descente est nulle *tant qu'on ne cherche pas à dépasser la vitesse limite* qui se calcule en écrivant $N'' = 0$ dans la relation (9) ; sinon elle prend une valeur plus ou moins appréciable et on peut conclure que :

Généralement, au cours d'un circuit fermé effectué en montagne, la consommation est du même ordre de grandeur que celle en palier — tout dépend des valeurs respectives de φ et de φ' — à condition que le moteur soit toujours en ordre de marche normale, avec un bon rendement.

Il peut même arriver que la dépense E'' (formule 12) soit un peu plus faible qu'en palier, étant donné que dans une côte, on ralentit toujours et perd ainsi moins d'énergie du fait de la résistance de l'air.

FACTEURS D'ÉCONOMIE

13. Conclusion.

Le moteur travaillera dans les meilleures conditions.

a). Si le degré d'avance à l'allumage est toujours judicieusement choisi selon sa vitesse et sa température et selon, aussi la richesse du mélange combustible.

Éviter surtout les auto-allumages dus à un grand échauffement ou à un cylindre calaminé.

b). Si le changement de vitesse est toujours utilisé à propos — *les changements automatiques seraient un progrès heureux en construction automobile* — afin d'assurer une vitesse de rotation et un couple moteur aussi constants que possible.

14. *A côté de cela, il apparaît nettement que plus on veut rouler vite,*

— grâce à la puissance du moteur — *plus la dépense augmente rapidement à cause, surtout, de la résistance de l'air.*

Éviter, par conséquent, les carrosseries mal profilées et adopter des pare-brise bien étudiés afin de créer le moindre remous, faute de quoi, il y aurait augmentation notable de la consommation.

J. PELTIER.

Nancy, Mai 1926.



Notes sur le freinage rapide des voitures automobiles

par J. PELTIER, Ingénieur I. E. N.

I. — Le moteur est débrayé

1. Énergie Cinétique.

Soit M la masse d'un véhicule animé d'une vitesse v ; soit I le moment d'inertie des organes en rotation solidaires des roues et ω leur vitesse angulaire ; l'énergie cinétique peut s'écrire :

$$W = \frac{M}{2} v^2 + \frac{I}{2} \omega^2; \quad (1)$$

et en remplaçant ω par $\frac{v}{R}$, il vient :

$$W = \frac{1}{2} \left(M + \frac{I}{R^2} \right) v^2; \quad (2)$$

R , étant le rayon des roues.

Dans cette dernière relation la fraction $\frac{I}{R^2}$ représente une masse ; nous poserons donc :

$$M_o = M + \frac{I}{R^2}; \quad (3)$$

ce qui donne facilement

$$W = \frac{M_o}{2} v^2 \quad (4)$$

2. Effet de l'Inertie.

Le théorème du travail sous forme différentielle ($dW = dT$) ; nous donne, après débrayage du moteur :

$$M_o v. dv = - C. d\theta - Mg. de. \sin \alpha; \quad (5)$$

C , représentant le couple de freinage ;
 $d\theta$, sa rotation élémentaire ;

de , l'espace parcouru par le mobile, correspondant à la rotation $d\theta$;

α , l'inclinaison du terrain sur l'horizontale — angle compté positivement pendant la montée, négativement pendant la descente ;
 g , intensité de la pesanteur.

En divisant par dt les deux membres de la relation (5) et tenant compte des relations :

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{R} \quad \text{et} \quad v = \frac{de}{dt},$$

puis simplifiant, on a :

$$M_o \frac{dv}{dt} = -\frac{C}{R} - Mg \sin \alpha; \quad (6)$$

en posant enfin $\frac{dv}{dt} = \gamma$, il vient

$$\gamma = -\frac{1}{M_o} \left(\frac{C}{R} + Mg \sin \alpha \right); \quad (7)$$

d'où la valeur de la force F due à l'inertie,

$$F = -M\gamma = \frac{M}{M_o} \left(\frac{C}{R} + Mg \sin \alpha \right); \quad (8)$$

agissant toujours dans le sens du mouvement.

3. Stabilité longitudinale.

La condition ordinaire de stabilité est que la résultante des forces $P = Mg$ et $F = -M\gamma$, agissant sur le mobile pendant le freinage, tombe à l'intérieur du polygone de sustentation.

Appelons T la composante tangentielle de cette résultante, — c'est-à-dire comptée dans le sens du mouvement — et N sa composante normale :

$$T = \frac{M}{M_o} \left(\frac{C}{R} + Mg \sin \alpha \right) - Mg \sin \alpha; \quad (9)$$

en prenant comme sens positif le sens du mouvement — et avec α

positif pour la montée et négatif pour la descente, comme au paragraphe précédent.

$$N = Mg \cos \alpha. \quad (10)$$

La relation (9) peut encore s'écrire :

$$T = \frac{M}{M_0} \frac{C}{R} + \left(\frac{M - M_0}{M_0} \right) Mg \sin \alpha. \quad (11)$$

Le centre de gravité G de la machine doit être assez éloigné de l'axe avant de la machine. Il doit, de plus, être aussi bas que possible.

4. Adhérence des pneus.

Pour éviter le dérapage longitudinal, il faut que l'adhérence des pneus sur le sol soit aussi grande que possible : la quantité $\mu \cdot Mg \cos \alpha$, proportionnelle à un coefficient μ , genre coefficient de frottement — mais dépendant de la nature du terrain, de celle des pneus et de leur gonflement — et proportionnelle aussi à la composante normale du poids de la machine devra rester supérieure à T ; soit donc :

$$\mu \cdot Mg \cos \alpha \geq \frac{M}{M_0} \frac{C}{R} + \left(\frac{M - M_0}{M_0} \right) Mg \sin \alpha; \quad (12)$$

d'où on tire :

$$\frac{C}{R} \leq Mg \left[\frac{M_0}{M} \mu \cos \alpha + \sin \alpha \left(\frac{M_0 - M}{M} \right) \right]; \quad (13)$$

ce qui nous montre qu'on peut utiliser un compte de freinage plus grand pendant la montée que pendant la descente.

5. Espace parcouru jusqu'à l'arrêt complet.

L'intégration de la relation (5) du paragraphe 2 nous donne, pour la période d'arrêt :

$$0 - \frac{M_0}{2} v^2 = - \int_0^{\theta} C d\theta - Mg \int_0^e \sin \alpha \cdot de;$$

θ , étant la rotation pendant le freinage et e l'espace correspondant parcouru par la machine.

On peut écrire, en effectuant le changement de variable

$$e = R \theta :$$

$$\frac{M_o}{2} v^2 = \frac{1}{R} \int_0^{\frac{e}{R}} \bar{C} \cdot d\bar{e} + Mg \int_0^e \sin \alpha \cdot de; \quad (14)$$

la deuxième intégrale représente l'espace h parcouru verticalement par la machine — compté positivement pour une ascension et négativement pour une descente — et la relation (14) devient :

$$\frac{M_o}{2} v^2 = \frac{1}{R} \int_0^{\frac{e}{R}} \bar{C} \cdot d\bar{e} + Mgh; \quad (15)$$

d'où finalement :

$$\int_0^{\frac{e}{R}} \bar{C} \cdot d\bar{e} = R \left(\frac{M_o}{2} v^2 - Mgh \right); \quad (16)$$

et dans le cas d'un couple constant C — ou en général désignant par C la valeur moyenne du couple de freinage — l'équation (16) résolue par rapport à (e) donne :

$$e = \frac{R^2}{C} \left[\frac{M_o v^2}{2} - Mgh \right]; \quad (17)$$

et en tenant compte de la relation (13) on a :

$$e \geq R \cdot \left[\frac{\frac{M_o v^2}{2g} - Mb}{M_o \mu \cos \alpha + \sin \alpha (M_o - M)} \right]; \quad (18)$$

ce qui montre que le freinage le plus rapide sera obtenu avec les roues de plus faible rayon.

6. Puissance des freins.

Elle peut s'exprimer par $\pi = -\frac{dW}{dt}$;

et en tenant compte des relations (4) et (6), on peut écrire :

$$\pi = v \left(\frac{C}{R} + Mg \sin \alpha \right); \quad (19)$$

sa valeur maximum est limitée par la relation (13) et, par suite :

$$\pi \leq M_0 g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) v . \quad (20)$$

II. — Le moteur est en prise

7. La liaison du moteur avec les roues modifie la valeur du terme M_0 des équations précédentes ; l'effet de l'inertie est plus considérable puisqu'il y a augmentation de la valeur des masses en rotation solidaires des roues.

Il faut alors introduire dans les calculs une nouvelle quantité $M'_0 > M_0$ à la place de cette dernière. D'autre part, les « gaz » — ou bien l'allumage — étant coupés, la rotation forcée du moteur occasionne une augmentation de la valeur moyenne du couple de freinage, et par suite $C' > C$.

8. Emploi du moteur seul pour le freinage.

Son emploi est souvent intéressant *au cours d'une descente prolongée*. Pour cela, on le laisse embrayé à l'une ou l'autre des vitesses selon la pente du terrain et on coupe les « gaz ». Ce procédé a l'avantage d'épargner les freins proprement dits, *ces derniers ne pouvant être utilisés au cours d'une descente prolongée sans chauffer très fortement*.

III. — Freinage brusque dans un virage *

9. Effet de l'accélération centripète.

La valeur de l'accélération centripète γ' est donnée à chaque instant en fonction de la vitesse v de la machine et du rayon de courbure ρ de sa trajectoire par la relation connue :

$$\gamma' = \frac{v^2}{\rho} ; \quad (21)$$

* On pourrait encore mentionner *l'effet Gyrostatique* qui, au cours d'un virage, se traduit par une répartition inégale du poids de la machine sur les quatre roues.

et il en résulte une force d'inertie centrifuge :

$$F' = - M \gamma' = - M \frac{v^2}{\rho}; \quad (22)$$

qui vient s'ajouter à la force F du paragraphe 2.

10. Dérapage transversal.

Un freinage brutal, généralement effectué quand une rencontre paraît imminente, est souvent accompagné d'un brusque coup de volant du conducteur afin d'éviter l'obstacle. A ce moment, le rayon de courbure ρ étant très petit, la force F' [de la formule (22)] devient très grande et il peut en résulter un dérapage transversal de la machine ou même un arrachement des pneus.

IV. — Conclusion

11. Avantage des grandes vitesses de rotation.

Des paragraphes 4 et 5, il résulte que l'emploi de roues de rayon assez faible permet un freinage très rapide sans dérapage longitudinal ; d'autre part, la stabilité de la machine reste assurée à condition de s'en tenir aux conditions imposées au paragraphe 3 fixant la position du centre de gravité.

En résumé, on peut envisager pour l'avenir, une tendance vers l'emploi de roues plus petites, mettant en faveur les moteurs aux plus grandes vitesses de rotation bénéficiant du meilleur rendement thermique.

J. PELTIER.

(Société des Sciences).

Nancy, Février 1926.

Notes sur quelques roches vosgiennes

Par G. GARDET

Collaborateur auxiliaire au service de la Carte Géologique de la France

1° Trapp à Grenats et Pegmatite de Raon-l'Étape.

BLEICHER, qui a minutieusement exploré les environs de Raon-l'Étape, n'a pas manqué de signaler le haut intérêt que présente l'étude du contact du *trapp* et de la *granulite* dans la puissante tranchée que la Compagnie belge a créée pour livrer passage à la petite voie ferrée d'exploitation des carrières de trapp. Il dit notamment, page 103 de son Guide (1), avoir trouvé là « un seul échantillon, avec un cristal bien formé de 2 millimètres environ, de *grenat almandin rouge brunâtre*. ».

Personnellement, et à plusieurs reprises, je n'avais jamais pu constater la présence de grenats au contact de la granulite (pegmatite de BLEICHER) et des schistes métamorphiques d'origine sédimentaire (trapp bigarré) ; mais dernièrement (2), parmi les déblais provenant de cette zone, j'ai été assez heureux pour retrouver un gros bloc de trapp pénétré et tapissé sur l'une de ses faces par d'innombrables cristaux de grenat almandin.

Les schistes métamorphiques de Raon-l'Étape, c'est-à-dire le trapp bigarré, par opposition au trapp noir dit éruptif (3) de la Petite-Raon dans le bassin de Senones, sont donc vraiment grenatifères. Les cristaux de grenat sont-ils localisés au contact de la granulite et des roches sédimentaires silicifiées ? Bien que n'ayant pas trouvé mon échantillon en place, mais en compagnie de débris granuliti-

(1) BLEICHER *Guide du Géologue en Lorraine*, Paris, 1887.

(2) 23 Mai 1926. — En compagnie des élèves de l'Institut géologique, sous la direction de M. G. CORROY.

(3). Andésite, d'après les exemplaires de l'Institut géologique.

ques de la zone de passage, je ne le pense pas, car le bloc de trapp était remarquablement compact et l'on sait que les schistes métamorphiques sont de moins en moins résistants au fur et à mesure que l'on se rapproche de la granulite.

Ce même contact a motivé, d'autre part, l'observation suivante de BLEICHER : « On y voit se détacher de la pegmatite dont le contact avec le massif trappéen se fait par un plan incliné à 45°, ayant plutôt l'apparence d'une surface de contact par faille que d'une paroi filonienne, un mince filon de 0^m 40 d'épaisseur de *porphyre quartzifère* qui vient couper sous un angle aigu les pseudophyllades à grenats en se dirigeant du sud au nord. Ce filon se voit très nettement sur la tranchée et se détache, grâce à sa couleur claire, de la masse sombre des pseudophyllades ». (Loc. cit., même page).

Je n'ai pas retrouvé ce filon de porphyre quartzifère ; on voit bien des bandes irrégulières, plus claires, et non une seule, à la surface du plan incliné granulitique qui se dégage de plus en plus du massif sous l'influence des agents atmosphériques, mais aucune ne coupe *cette surface laminée et polie* comme le figure BLEICHER (fig. 1, p. 102). La pegmatite n'est d'ailleurs que de la granulite modifiée, sur un à deux mètres d'épaisseur et même davantage, sous l'effet de la pression, de la chaleur développée par cette pression et consécutivement des venues thermales, lors du soulèvement de ce socle primitif. En effet, on constate un passage graduel de la granulite typique et intacte à une roche porphyroïde où les éléments cristallisés de grandes dimensions sont surtout localisés dans les joints : il n'est pas rare d'y recueillir des cristaux libres de quartz hyalin ou plus ou moins coloré par divers oxydes, dans des géodes qui deviennent de plus en plus fréquentes au fur et à mesure que l'on se rapproche de la périphérie du massif cristallin, mais qui manquent à quelques mètres en aval du contact du trapp et de la granulite. On trouve même par place, côte à côte avec ces éléments pegmatoïdes, de la granulite devenue microgranulitique, du porphyre granulitique.

En définitive, toute une zone du massif granulitique a subi une transformation intéressante : c'est un commencement de fusion et de recristallisation des éléments constitutifs donnant à la roche, avec une teinte plus claire, une apparence de pegmatite coupée de filons porphyriques et quartzifères.

2° « La cheminée » de Diabase de la gare de Senones.

L'une des excursions préférées des étudiants nancéiens est certainement celle de Senones car c'est là qu'on peut le plus facilement étudier le mode d'altération en boules du granite à amphibole qui fait l'objet d'une exploitation active, c'est là que le Permien est le mieux visible, mais c'est là surtout que se font jour, sur un petit espace, quantité de curieuses roches très dispersées partout ailleurs.

VELAIN (1) et BLEICHER (2) ont notamment attiré l'attention des géologues sur l'affleurement de roches éruptives situé à l'extrémité W de la gare de Senones.

Au niveau des voies de garage et un peu avant le dernier grand bâtiment, le granite à amphibole, très altéré, est traversé obliquement par des *filons d'Aplite* de moins en moins épais au fur et à mesure que l'on s'élève (3). Tout à la base, l'aplite est bien caractérisée mais vers le sommet de l'emprunt les filons passent à du quartz pur. En 1924, parmi les éboulis, j'avais trouvé un échantillon remarquable montrant le passage de l'aplite à une pegmatite à très grands cristaux.

A l'extrémité W. du grand bâtiment en bois, divers travaux nécessités par sa construction ont mis à nu un puissant filon de roches de couleur foncée extrêmement dures et ne présentant qu'une altération tout à fait superficielle : c'est un *filon de diabase* (mélaphyre à péridot et à hypersthène de BLEICHER) dont on peut étudier facilement le contact avec le granite encaissant, grâce à un ancien abri de guerre creusé sur son flanc S. E. Et ce contact est d'autant plus intéressant qu'on saisit là, sur le vif, un curieux phénomène d'intrusion d'éléments diabasiques dans les roches encaissantes : le granite est, en effet, pénétré de traînées noirâtres

(1) VÉLAIN Ch. — Le Permien des Vosges. . *B. S. G. E.*, 3^e Série, t. XIII, p. 556 et suivantes.

(2) BLEICHER. — *Loc. cit.*, p. 107).

(3) Voir la coupe de cet affleurement dans BLEICHER. (*Loc. cit.*, p. 107, fig. 3).

H. JOLY a publié une excellente photographie de la même carrière dans sa *Géographie physique de la Lorraine et de ses Enveloppes*. Nancy, 1912, p. 88, pl. III ; mais il ne parle que d'un filon, alors qu'il en existe un grand nombre.

parallèles aux filons d'aplite et l'on recueille même, à quelques mètres du contact, des éléments de diabase sous forme de petits ovoïdes isolés, ou vaguement en chapelet, au milieu du granite décomposé.

De l'autre côté de la voie ferrée, vers le N. et un peu en aval, le même filon a été fortement décapé lors de l'établissement de la ligne d'Étival ; c'est là qu'il est possible de prélever les meilleurs échantillons de diabase et les plus caractéristiques. Exactement en face, dans le talus de la voie, coté S., un petit emprunt très récent vient de remettre à jour la diabase, mais celle-ci est coupée horizontalement — sur la tranche visible — par des *filons d'aplite* et de *porphyre granulitique*, déjà signalés par BLEICHER, mais qui n'étaient plus visibles depuis longtemps. Le bel échantillon que je présente a le grand intérêt de montrer *ce contact de la diabase et du porphyre granulitique*.

On a voulu voir parfois, dans cette venue de diabase, la cheminée d'un volcan permien ! Cette interprétation ne me paraît pas justifiée car le Permien des environs de Senones ne semble contenir aucun élément de cette roche éruptive ; d'autre part, le peu d'épaisseur du filon par rapport à son extension longitudinale — sens de la vallée —, l'altération relativement faible du granite encaissant au milieu duquel il n'émet aucune apophyse, comme BLEICHER a tendance à l'indiquer, la verticalité surtout de sa paroi S. orientée sensiblement E. O., tout fait supposer qu'il n'y a là qu'une simple faille dont les lèvres furent rapidement comblées par des venues éruptives : c'est à un phénomène identique que nous devons, plus tard, les filons basaltiques d'Essey-la-Côte et andésitiques de Thélod, si tant et que cette dernière roche doit être de l'Andésite.

3° Filon nouveau de Porphyre quartzifère de Senones

Entre Senones et la Petite-Raon, mais sur la rive gauche du Rabodeau, un petit chemin quitte brusquement le bord de la rivière, l'étang du moulin de Houx une fois passé, pour aller s'appuyer à la base du coteau dont il épouse les contours. A 100 mètres environ et en amont du monolithe de granite élevé au point où le chemin rejoint le coteau, je viens de trouver un filon peu épais d'un *porphyre quartzifère* que l'on n'avait pas encore signalé dans la région : il coupe verticalement encore cette série de schistes méta-

morphiques servant de substratum au Permien et se distingue assez facilement à première vue grâce à la patine blanchâtre de ses grands cristaux altérés.

4° Filons de Kersantite de la Petite-Raon-le Puid.

Nicklès et ses élèves ont noté depuis longtemps l'existence d'un filon de *kersantite* sur la route de la Petite-Raon au col du Hanz, par BELVAL, à quelque 100 mètres en aval de la bifurcation de cette route avec celle de le Puid-Grandrupt. Ce filon, très altéré, coupe verticalement une série de roches métamorphiques encore mal définies qui m'ont donné, en 1924, de beaux échantillons de *porphyre granulitique* où abondaient de petits cristaux de quartz rose.

On trouve d'autres filons de *Kersantite*, trois, d'après M. SOREL qui vient de consacrer quelques journées à l'étude de cette région (1), dans la dernière carrière de trapp située sur la route de la Petite-Raon à Grandrupt, non loin de l'affleurement du granite à amphibole. Le plus puissant, qui fait saillie à l'entrée de la carrière dont il limite l'exploitation à l'W., court parallèlement au chemin et jalonne une faille ancienne, discernable grâce à l'allure stratigraphique du trapp bigarré. La kersantite n'est pas exploitée par les carriers qui la rejettent dans les déblais ; mais ils en utilisent de gros blocs pour immobiliser les treuils qui servent à la traction, par câbles, de leurs wagonnets métalliques. Il est possible que ces trois filons se continuent plus aval et viennent produire, en se fusionnant, l'affleurement bien connu au S.W. du carrefour dont j'ai parlé plus haut.

Nancy, le 10 juin 1926.

G. GARDET.

(1) Je n'ai étudié que les deux premiers filons que j'avais d'ailleurs exactement repérés en 1924.



Sur les recherches dans les nids de Taupes et la capture en Lorraine de quelques Coléoptères rares

Par H. BOSSONG

Pendant l'hiver, lorsque le froid et le sommeil de la végétation semblent rendre la chasse aux Insectes impossible ou, du moins, peu productive, il est un lieu où l'on peut faire d'abondantes et intéressantes captures : c'est le nid de la Taupe.

Les premières recherches qui furent faites dans cet habitat ne sont pas très anciennes puisqu'elles ne remontent qu'à une vingtaine d'années. Elles avaient été précédées par des observations sur l'existence d'Insectes dans les nids d'Oiseaux et les terriers de Lapins, mais c'est surtout à la suite des recherches de J. BREIT, en Autriche, dans les galeries du Spermophile (*Spermophilus citillus* L.), que l'attention des naturalistes a été attirée sur les nids souterrains d'autres Mammitères. Ce furent les terriers du Hamster (*Cricetus frumentarius* Pallas) qui servirent aux observations des naturalistes allemands HEIDENREICH (1902), LANGENHAN (1907) et BICKHARD (1907). Enfin, en 1906, un entomologiste anglais, le D^r NORMAN H. JOY, signala la facilité d'exploration des nids de la Taupe commune (*Talpa europæa* L.) et la richesse de leur faune.

Les recherches se sont poursuivies depuis lors, mais la première note importante ne fût publiée qu'en 1912 par J. SAINTE-CLAIRE DEVILLE dans le *Bulletin de la Société entomologique de France*. Elle fût suivie du beau travail de L. FALCOZ paru dans les *Annales de la Société Linnéenne de Lyon* (1914), travail dont une partie avait déjà été donnée dans la *Feuille des Jeunes Naturalistes* (1913).

Malgré ces publications, il y a peu d'entomologistes qui se livrent à cette chasse; elle permet cependant d'enrichir une collection d'espèces réputées rares et aussi d'espérer la capture d'espèces nouvelles

pour la faune française ou régionale. (La première capture du *Quedius vexans* Epp. en France a été faite dans ces conditions par M. TEILHARD DE CHARDIN et ne remonte qu'à l'automne 1924.)

A quoi tient cette négligence d'un lieu où fourmillent les Arthropodes ? Sans doute à l'idée que l'on se fait généralement de la rareté des nids de Taupes ou de la difficulté de les trouver. Or rien n'est plus facile que de découvrir le terrier où la Taupe fait son nid. Il suffit de parcourir une prairie où abondent les « taupinières », c'est-à-dire les amas de déblais que l'animal rejette au dehors pendant le forage de ses galeries. On remarque tout de suite que certains de ces amas sont plus gros, plus larges et souvent recouverts de touffes d'herbe. Leur volume est quelquefois énorme ; j'en ai vu, dans certaines prairies basses et tourbeuses, équivaloir à un demi-tombereau de terre. Ce sont les nids. Une canne permet de s'en assurer immédiatement. On l'enfonce dans la motte et à une certaine profondeur, variable suivant les terrains, on la sent céder brusquement dans un vide qui est la cavité du nid.

Le moment est alors veu de saisir le piochon et la pelle à main dont on a eu soin de se munir et on creuse la motte avec précaution. On remarque pendant ce travail les galeries obliques et en cul-de-sac qui se trouvent dans le dôme et qui paraissent destinées à l'aération et à éviter l'infiltration de l'eau lors des grandes pluies. Il est un fait certain, c'est que la terre du dôme est toujours beaucoup plus meuble et moins humide qu'ailleurs, même par les temps pluvieux.

On arrive bientôt à la cavité remplie par une botte de foin, d'herbe, de mousse ou de feuilles sèches. C'est cette botte qui constitue le nid et qu'il faut rapporter à la maison dans un petit sac avec sa population grouillante. Avant de quitter la place, il est bon d'examiner les galeries qui aboutissent à la cavité centrale. Il y en a toujours plusieurs, mais en nombre variable. Il faut aussi examiner la galerie en U qui se trouve au fond et que certains appellent la galerie de drainage. On peut ainsi trouver certains Coléoptères qui se tiennent généralement en dehors du nid ou qui ont pu s'en échapper. La galerie de drainage, la meilleure dans les terrains secs, ne m'a jamais rien donné dans les prairies humides où elle est généralement pleine d'eau.

Le tamisage des nids se fait à la maison, poignée par poignée, au-dessus d'une feuille de papier blanc. On saisit avec l'aspirateur

tout ce qui semble intéressant dans le fourmillement d'êtres vivants où abondent Acariens et Pucés.

L. FALCOZ, dans sa remarquable *Contribution à l'étude de la Faune des Microcavernes* (l. c.), indique toutes les espèces d'Arthropodes qui ont été trouvées dans ce milieu. Parmi les Coléoptères, plusieurs espèces y sont communes, comme *Heterothops pracvia* sbsp. *nigra* Kr., *Quedius ochripennis* Men. et sa variété *nigrocæruleus* Rey, quoique assez peu fréquentes en dehors des terriers. Pour ma part, je n'ai jamais pris ces espèces ailleurs que là. Je n'entreprendrai pas de donner la liste des autres captures qui ne serait qu'une redite partielle de ce qui a déjà été publié, mais il m'a paru intéressant de signaler de nouveau les espèces réellement rares que j'ai pu capturer moi-même, d'autant plus qu'à ma connaissance, aucune recherche de ce genre n'a été faite jusqu'à présent dans les environs de Nancy :

Xylodromus affinis Gerh. — A Épinal, dans un nid du champ de manœuvre, près du vieux chemin de Jeuxy.

Quedius longicornis Kraatz. — Un exemplaire à Dounoux (Vosges) en tamisant des nids provenant de la grande prairie tourbeuse qui longe la voie du chemin de fer. Ce rare insecte m'a été déterminé par notre savant collègue, M. J. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, à qui j'exprime ici mes vifs remerciements. Cette espèce n'est signalée, pour notre région, que d'Alsace, de Belfort et d'Aydoilles (Vosges) où l'Abbé VOUAUX en a trouvé un exemplaire.

Quedius talparum Deville. — J'ai trouvé cette espèce, non encore signalée de Meurthe-et-Moselle, dans différents nids des environs de Nancy.

Tachinus rufipennis Gyllh. — Un exemplaire à Uriménil (Vosges), dans un nid de la prairie en dessous de la Corderie et à proximité du bois.

Hister marginatus Er. — A part un exemplaire mort provenant d'un nid d'une prairie humide à Hadol (Vosges), je n'ai jamais pris cette espèce ailleurs qu'à Épinal dans les terriers de l'ancien champ de manœuvre situé entre la route de Deyvillers et le vieux chemin de Jeuxy. Presque chaque nid m'en a fourni un exemplaire.

Medon castaneus Grav. — Un exemplaire de cette très rare espèce a été pris par M. BAUDOT, Préparateur de zoologie à la Faculté des Sciences de Nancy, sur la terre d'un nid que nous venions de découvrir au bord de la Meurthe, à Jarville, le 11 Novembre der-

nier. Elle est nouvelle pour Meurthe-et-Moselle et n'a été signalée de Lorraine que par J. SAINTE-CLAIRE DEVILLE à Épinal et par DE BRUNIER à Froidefontaine, également dans les nids de Taupes.

Leptinus testaceus Müll. — J'ai trouvé ce petit Coléoptère aveugle dans un nid déterré à la lisière du bois entre Brabois et la Maison Forestière, près de Nancy. C'est généralement un commensal des nids de Bourdons, mais il a déjà été trouvé dans les terriers de Mammifères. Il utiliserait, paraît-il, le poil de ces petits animaux comme moyen de transport et des observations à ce sujet ont été faites et publiées par M. LESNE dans le *Bulletin de la Société entomologique de France* (1896).

En outre des Coléoptères, je signale comme particulièrement intéressante la capture que j'ai faite à plusieurs reprises d'un Pseudoscorpionide : *Chelifer (Chernes) falcomontanus* Heselhaus, sur lequel M. BERLAND a publié récemment une note dans le *Bulletin de la Société entomologique de France* (1925) en donnant une description exacte de l'espèce. Ce *Chelifer*, ainsi que le fait remarquer l'auteur, avait été nommé par HESSELHAUS sur des caractères secondaires indiqués par E. SIMON comme le différenciant de son *Chelifer phaleratus*, mais qui ne pouvaient tenir lieu de description suffisante. L'espèce était donc demeurée à peu près inconnue et non signalée de France, alors qu'au contraire ceux qui se sont livrés à des recherches dans les terriers de la Taupe, l'ont trouvée dans diverses localités. Il ne s'agit pas d'une espèce rare si on va la chercher dans l'habitat où elle a été trouvée exclusivement jusqu'à présent. Ma capture, qui ne serait donc à indiquer que comme complément à la Faune de Lorraine, a été relatée brièvement dans le *Bulletin de la Société entomologique de France* (1925 p. 239); je tiens à compléter ici cette note sommaire en signalant les conditions spéciales dans lesquelles se fit cette capture et qui, à mon avis, ne sont pas sans intérêt à considérer au point de vue biologique.

Aux environs d'Épinal, j'ai surtout fait des recherches dans les nids des prairies et des champs; c'est du reste là qu'ils sont le plus faciles à trouver. J'y ai rencontré de ci de là un *Chelifer* sans y prêter attention outre mesure et je n'en ai même conservé qu'un exemplaire provenant de Circourt (Vosges).

Ayant eu l'idée que les nids des bois pourraient bien contenir une faune quelque peu différente, tout au moins en ce qui concerne les hôtes accidentels, je me suis mis à chercher dans les forêts le

tumulus caractéristique. Plusieurs courses furent infructueuses, car les nids des bois sont très difficiles à découvrir, étant le plus souvent logés entre les racines des arbres, le dôme peu élevé masqué par les broussailles et les feuilles mortes. Enfin pendant l'hiver 1922-23, j'en découvris un dans le Bois de la Voivre, près d'Épinal. Il était uniquement composé de feuilles mortes et d'une sécheresse remarquable. Comme Coléoptères il ne me donna rien, sinon l'inévitable *Heterothops praevia* et un *Quedius nigrocæruleus*. Mais il était rempli de *Chelifer* jeunes et adultes. Je suis certainement en dessous de la vérité en estimant leur nombre à plus d'une centaine. Je n'en ai malheureusement conservé qu'une dizaine que j'ai reconnu tout de suite pour *Chelifer falcomontanus* Heselhaus, à la lecture de la note de M. BERLAND (*l. c.*). Je les ai communiqués à ce collègue qui a eu l'obligeance de me confirmer ma détermination et je tiens à l'en remercier ici.

Ce nid de forêt était resté le seul que j'avais pu découvrir, quand tout récemment, le 13 Décembre, j'ai eu la chance d'en trouver un deuxième près de Nancy (Bois Communal de Vandœuvre, derrière Brabois). Il offrait exactement le même aspect que le nid des environs d'Épinal et comme lui, il contenait en abondance le *Chelifer falcomontanus*. J'en ai compté 71, dont 31 adultes et 40 jeunes.

N'est-il pas réellement remarquable que les deux seuls nids de forêts que j'ai pu trouver, situés à 70 kilm. l'un de l'autre, renfermassent chacun un grand nombre de *Chelifer*, alors que l'espèce est rare dans les nids des terrains découverts ?

Cette existence en grande quantité dans un lieu défini d'une espèce peu connue et qui semble n'avoir été trouvée jusqu'ici qu'en un petit nombre d'exemplaires, me porte à croire que la texture des nids, leur situation et leurs conditions hygrométriques ne sont pas sans influence sur leur faune commensale.

En dehors des parasites propres à la Taupe et que l'on peut admettre comme invariables, les commensaux des nids y sont attirés, les uns par les détritrus alimentaires et les déjections de l'animal, les autres par les végétations cryptogamiques qui se développent sur les éléments constitutifs du nid ou par la décomposition de ceux-ci, les autres encore, espèces carnassières, comme prédateurs des précédents, enfin les hôtes accidentels par la température des nids toujours peu variable et plus élevée, en hiver,

que la température extérieure. Il est évident, pour ces derniers, que les espèces rencontrées se différencieront forcément en fonction de la situation des nids ; par exemple il ne sera pas surprenant de trouver des *Trogophlaeus* ou des *Bledius* dans des terriers en bordure des cours d'eau, alors que ce sera exceptionnel sur un coteau sec. La question n'est donc intéressante à considérer au point de vue biologique, qu'en ce qui concerne les pholéophiles (1) proprement dits.

Malgré que dans tous les terrains, les nids affectent à peu près la même disposition architecturale, ils offrent plusieurs aspects que je vais essayer de décrire en émettant quelques hypothèses sur l'influence de chacun d'eux sur leur faune commensale.

1° *Nids des prairies alluvionnaires bordant les cours d'eau.* — Ce sont les plus humides, le sol étant la plupart du temps imprégné d'eau. Ils sont généralement à niveau du sol et recouverts d'une masse de terre parfois énorme. La galerie de drainage est généralement remplie d'eau et la terre des parois de la chambre très humide par imbibition. Quoique l'intérieur du nid soit toujours sec, son enveloppe est très mouillée. Ce milieu est favorable aux détriticoles hygrophiles comme les Trichoptérygides. (J'en ai trouvé par centaines dans ces conditions).

Ces nids sont fréquemment détruits, soit par inondation, soit par la houe du cultivateur. Dans le premier cas, la Taupe refait une nouvelle chambre au-dessus de la première pleine d'eau, en exhaussant le dôme de terre. MM. CUENOT, LIENHART, REMY et BAUDOT, de la Faculté des Sciences de Nancy, ont pu constater ce fait avec moi, le 11 Novembre dernier, à Jarville, pendant une crue de la Meurthe. Dans le deuxième cas, la Taupe refait son nid soit au même endroit, soit à côté, mais dans chaque alternative, elle apporte des matériaux frais peu enclins aux végétations cryptogamiques, et partant, au développement des *Epuræa* et *Cryptophagides* signalés souvent, mais sans précision.

2° *Nids des coteaux secs et des friches.* — Les terriers sont creusés bien plus profondément et ne se décèlent que par une faible élévation, la plupart du temps recouverte d'herbe. Avec un peu d'habitude on découvre facilement ces nids qu'il est cependant bon

(1) De ρηολεος terrier, ρηιλος ami.

de sonder avant de creuser, car on pourrait confondre avec eux certaines fourmilières et on se livrerait ainsi à un terrassement inutile.

Ces nids, non soumis aux causes de destruction, datent parfois de plusieurs années ainsi que le prouvent la végétation recouvrant le dôme et l'aspect des matériaux qui les composent, souvent atteints de moisissures. Ce sont ces nids qui paraissent les plus propices au développement des pholéobies (1) par suite de la constance du terrier et des galeries qui l'entourent. En outre, les végétations cryptogamiques ou la décomposition organique des vieux matériaux qui composent le nid sont particulièrement propres à la nourriture des fungicoles.

3° *Nids des Bois*. — Ils sont presque toujours composés de feuilles sèches. Leur sécurité et par conséquent leur ancienneté sont encore plus grandes que pour les précédents en raison de leur situation dans les racines des arbres. Les seuls que j'ai pu trouver jusqu'alors étaient d'une sécheresse remarquable et les feuilles s'en allaient en poussière, attestant ainsi leur ancienneté.

Les mêmes facteurs que pour les nids des coteaux doivent ici intervenir sur la composition de la faune commensale, mais la nature des matériaux peut avoir ici son rôle spécial comme doit l'avoir aussi le faible degré hygrométrique. Il n'est pas contestable, en effet, que la terre en dessous des gros arbres est plus sèche qu'ailleurs. J'ai dit plus haut que le premier nid trouvé par moi dans ces conditions ne contenait presque rien comme Coléoptères. Ceci corrobore la remarque de L. FALCOZ (*l. c.*) au sujet de la densité de la population des nids qui est en fonction d'un certain degré optimum d'humidité. Mais n'est-ce pas au contraire la sécheresse qui justifiait la présence d'un si grand nombre de *Chelifer*? Mon deuxième nid de forêt, également abondant en *Chelifer*, ne contenait que deux *Quedius ochripennis* et un *Clambus minutus* comme adultes. Quelques larves de Staphylins et très peu d'Acariens à l'encontre de l'ordinaire.

La nature des matériaux constitutifs des nids peut encore, à mon sens, influencer la composition de la faune par la différence dans ses produits de désagrégation, de décomposition et de végétations

(1) De φηλεος terrier; βίωω je vis.

cryptogamiques, certaines espèces pouvant être inféodées à des conditions particulières. De plus, les détriticoles, fungicoles, saprophages ou parasites peuvent avoir eux-mêmes leurs prédateurs particuliers. Pourquoi n'ai-je trouvé des *Trichopeteryx* en grand nombre que dans des nids composés de foin à moitié pourri ? Pourquoi le *Tachinus rufipennis* ne semble-t-il avoir été signalé que dans des nids composés de mousse situés à proximité des bois ? Pourquoi n'ai-je pris l'*Hister marginalis* à part une seule exception, que dans les nids d'un coteau sec ? Pourquoi cette abondance de *Chelifer* dans les nids des bois ? (1) Et combien d'autres points d'interrogations à poser en considérant cet ensemble d'êtres vivants réunis ou liés entre eux par des causes présumées, mais dont on a la connaissance bien vague dans la plupart des cas.

Je n'ai émis que des hypothèses se basant sur des faits isolés. De ces hypothèses, j'espère tirer des certitudes et je serai heureux si cette modeste note incite de mes collègues à faire des observations dans la même voie, car il y a tant à faire encore dans le domaine biologique que ce n'est qu'en glanant ces détails insignifiants par eux-mêmes que l'on arrive à un enchaînement permettant d'arracher un nouveau secret à cette immense merveille que l'on appelle la NATURE.

Nancy, le 20 Décembre 1925.

(1) Une autre question est encore à se poser à propos de ce Pseudoscorpionide aveugle dont l'habitat paraît être uniquement le nid de la Taupe : comment se fait sa dispersion ? Si l'on admet la discontinuité des galeries qui entourent le terrier, la question reste à l'état d'énigme. Mais on peut admettre que le *Chelifer* s'accroche au pelage de la Taupe ou de ses jeunes, se dispersant ainsi peu à peu. Mais alors, il lui faut certaines conditions pour se développer et c'est encore là l'inconnu.

BIBLIOGRAPHIE

1896. — P. LESNE. - Phénomènes de transport mutuel chez les animaux articulés. (*Bull. Soc. Ent. France*, p. 162-165.)
1902. — E. HEIDENREICH. - Coleopteren in Hamsterbau. (*Deutsch Entomol. Zeitung*, p. 156.)
1906. — NORMAN H. JOY. - Coleoptera occurring in the nests of Mammals and Birds. (*The Entom. Month. Mag.*, p. 198-237.)
1907. — H. BICKHARD. - Ueber das Vorkommen von Käfer in Nestern von Säugetieren und Vögeln (*Entomol. Zeitschr. Guben*, n° 35).
1907. — H. BICKHARD. - Käfer in Nestern (*Entomol. Blätter*, III, p. 81-86 und 97-102).
1907. — O. LANGENHAN. - Ueber die beim Ziesel und Hamster vorkommenden Käfer. (*Entomol. Wochenblatt*, p. 60.)
1910. — J. SAINTE-CLAIRE DEVILLE. - Description d'une espèce inédite du genre *Quedius* Steph. (*Quedius talparum*). (*Bull. Soc. Ent. France*, p. 158.)
1912. — J. SAINTE-CLAIRE DEVILLE. - Coléoptères capturés en France dans les nids de Taupes. (*Bull. Soc. Ent. France*, p. 203).
- 1912-1913. — L. FALCOZ. - La recherche des Arthropodes dans les terriers. (*Feuille des Jeunes Naturalistes*, V. 42, n° 504, p. 178, et V. 43, n° 505, p. 1).
1914. — L. FALCOZ. - Contribution à l'étude de la Faune des Microcavernes. (*Annales de la Société Linnéenne de Lyon*, t. LXI, p. 39-243).
1925. — L. BERLAND. - Note sur un Pseudoscorpionide vivant dans les terriers de Taupes : *Chelifer (Chernes) falcomontanus* Hesel. (*Bull. Soc. Ent. France*, p. 212.)
1925. — G. TEILHARD DE CHARDIN. - Les Coléoptères des terriers. Une espèce nouvelle pour la Faune française. (*Miscellanea Entomologica*, Vol. XXVIII, p. 67).
-

L'Ophrys Devenensis (Rchb fil.) en Lorraine

En herborisant, le 30 mai dernier, sur les coteaux herbeux de Chavigny, vers le Val-de-Fer, j'ai cueilli une forme rare d'*Ophrys* qui ne m'était cependant pas inconnue. Je l'avais déjà rencontrée, en compagnie de mon frère Paul NICOLAS, avec des formes caractéristiques très semblables, en 1900, sur le versant des côtes dominant l'entrée du Val-des-Nonnes, à Grandménil, près Écrouves. D'autre part, elle m'avait été communiquée, en 1903, par M. le Dr GANZINOTTY, qui l'avait rencontrée, à plusieurs exemplaires, dans les environs de Gibeaumeix (1).

Cette forme semble être un hybride entre *Ophrys muscifera* et *Ophrys arachnites*, que C. BRETON a signalé le premier en Lorraine dans sa *Flore de la Meuse* (2). « Le seul échantillon, écrit-il, que je possède de cette plante a été récolté par M. le Commandant GALLARD, du 40^e d'artillerie, dans les friches herbeuses de la Sur-pierre, près de Saint-Mihiel. Cette singulière orchidée a la tige grêle, les longues bractées et les pétales filiformes et coloris de l'*O. muscifera*; mais le labelle est tout différent. »

Max SCHULZE (3) le cite et le décrit à la suite de l'*O. fusiflora* Rchb. (*O. arachnites* Hoffm.) ainsi qu'il suit : Port de l'*O. muscifera*; épi pauciflore; pièces périgonales externes amincies à l'extrémité; pièces latérales internes du périgone linguiformes, étroitement linéaires, plus courtes que les pièces externes; veloutées surtout en avant; jaune verdâtre; labelle longuement quadrangulaire, quelquefois très irrégulier, d'un brun foncé, presque noirâtre, sauf le dessin, indivis ou plus ou moins nettement trilobé; bilobé à l'ex-

(1) *Feuille des jeunes naturalistes*, avril et mai 1909, p. 115.

(2) C. BRETON, *Flore de la Meuse*, Montmédy, 1901, p. 388.

(3) Max SCHULZE. *Die Orchidaceen Deutschland, Deutsch-Österreichs und der Schweiz Gera — Untermhaus*. 1894.

trémité ; sans ou avec pointe veloutée entre les deux lobes, pourvu quelquefois à sa base de deux petites protubérences, avec la vestiture veloutée de l'*O. muscifera*. Le dessin se trouve à la base du labelle et consiste en deux lignes longitudinales bleuâtres, glabres qui sont réunies à leur extrémité antérieure par une ligne transversale semblable.

D'après M. SCHULZE, REICHENBACH fils a observé sept exemplaires de cet hybride aux Devens (Vaud). Il l'a figuré sous la dénomination d'*O. Devenensis* dans ses *Iconographies* en 1851 (p. 87, tab. 102). Dans sa *Monographie des Orchidées*, C. G. CAMUS (1) le signale comme très rare et cite comme stations où il a été observé, outre celle de Devens, France : Cher, La Chapelle-Saint-Ursin ; Meuse, Saint-Mihiel. (C. BRETON.)

L'*Ophrys Devenensis* a donc été observé en Lorraine dans quatre stations très éloignées les unes des autres. Nous ne connaissons pas l'échantillon de M. BRETON, mais les trois autres types que nous avons eu entre les mains nous autorisent à penser qu'il existe des divergences morphologiques assez accusées entre chacun de ces types, surtout en ce qui concerne le labelle et ses dessins. Ce sont les pièces périgonales externes et internes qui offrent le plus de fixité. On a signalé que les bractées étaient plus longues que l'ovaire, notamment BRETON. Cette caractéristique n'est pas constante.

L'exemplaire le plus typique et le plus caractéristique est certainement celui recueilli par nous à Grandménil. Ici le labelle est parfaitement conformé, avec un appendice apical très nettement accusé et un dessin régulier. Celui de Chavigny présente un labelle moins étalé, avec des lobes externes assez bien définis et constants.

Cette forme hybride a été signalée dans la *Flore analytique de poche de la Lorraine et des contrées limitrophes* de MM. Julien GODFRIN et Marcel PETITMENGIN sans indication de localités. Si on en juge par la photographie des pieds recueillis à Gibeauveix, le *O. Devenensis* serait fertile, puisque l'un des ovaires est nettement gonflé, comme cela s'observe après la fécondation.

Désormais, nous pouvons ainsi indiquer les stations où l'*Ophrys Devenensis* a été observé en Lorraine : Saint-Mihiel (C. BRETON) ; Grandménil, 1900 (Émile et Paul NICOLAS) ; Gibeauveix, 1903

(1) E. G. CAMUS. *Monographie des Orchidées*. Paris, 1908.

(D^r GANZINOTTY); Chavigny, 1926 (Émile NICOLAS). Il est très probable qu'il sera encore rencontré par d'autres chercheurs. Il est bon de signaler que c'est une espèce assez tardive. Elle a toujours été récoltée fin mai ou commencement de juin.

Émile NICOLAS.

Le Lac sec d'Habeaurupt (Vosges)

Par G. GARDET

Collaborateur auxiliaire au service de la Carte Géologique de la France.

Entre Habeaurupt et Xéfosse, sur la rive gauche de la vallée tectonique de la Haute-Meurthe, la feuille de Gérardmer au 1/50.000 indique un *Lac sec* dont la présence à mi-pente d'un coteau très abrupt n'est pas sans étonner quelque peu. N'y aurait-il pas là un curieux témoin de l'extension glaciaire des Vosges ? C'est ce que j'ai voulu vérifier rapidement, en Mai dernier, au retour d'une longue et minutieuse exploration à la cascade du Rudlin.

L'accès du Lac est assez pénible car il n'existe guère, pour l'atteindre, que des sentiers directs escaladant une pente souvent voisine de 45°.

Vers 825 mètres, le sentier E., pris à la montée, débouche sur une petite plate-forme, encombrée d'éboulis, qui va aboutir vers l'W. à un cirque glaciaire nettement caractérisé, occupé actuellement par une tourbière exondée : c'est le *Lac sec*.

Le cirque est dominé par la cote 1088, *arête gneissique et non granitique*, comme le mentionne la feuille d'Épinal de la carte géologique au 1/80.000, dont les flancs N. et N. E. décrivent une demi-courbe concave d'une étonnante régularité ; il est fermé au N. E. par une moraine dont les éléments disparaissent en partie sous la végétation mais qui constituent un barrage plus élevé que le niveau actuel de la tourbière ; deux saignées latérales canalisent les eaux issues du cirque, toutefois la décharge E. est devenue prépondérante en raison de l'afflux des eaux issues du gradin précédant le cirque et par suite des travaux de drainage exécutés par le service forestier.

On ne peut attribuer qu'à un ancien glacier dévalant les pentes N. et N. E. de la cote 1088 la formation de cette terrasse et de ce cirque glaciaires à une altitude de 825 mètres. C'est un glacier dont le front, en affouillant les gneiss compacts du substratum, a créé ce petit lac suspendu semblable à ceux que l'on trouve de part et d'autre de la Haute Chaîne des Vosges, lacs que l'on sait d'origine

glaciaire indiscutable ; c'est un glacier qui a taillé ce gradin à mi-pente d'un coteau abrupt et accumulé des dépôts morainiques à l'issue du cirque ; c'est un glacier qui a modelé la topographie générale du site.

Mais avec le recul du front de glace a commencé le comblement du Lac, dont le plus grand axe ne dépasse pas 200 mètres ; boues glaciaires, éboulis des pentes, plus tard troncs d'arbres, enfin dépôts tourbeux ont fini par niveler le cirque : nous voyons ainsi disparaître, par le même processus, ces autres petits lacs du Frankenthal, du Lispach si remarquables par l'ampleur de leur formation tourbeuse. Maintenant le *Lac sec* n'est plus qu'une tourbière totalement exondée en voie de disparition totale et d'autant plus rapide que le service forestier, ai-je dit, a établi un fossé de périmètre qui draine tout le cirque en canalisant dès l'origine la plupart des sources puis des suintements latéraux, pour les évacuer directement par la saignée N. E. Toutefois, ce fossé n'est pas assez profond pour capter toutes les venues d'eau de la base du cirque : la tourbière persiste donc encore, mais ne demeure vivante qu'au centre, aussi est-elle remarquablement bombée, ce qui est une caractéristique des tourbières très évoluées.

Les *Sphagnum* des groupes *acutifolia* et *cymbifolia* y sont seuls représentés. (*S. acutifolium* Ehrh. et variétés diverses passant des formes lurides à celles d'un rouge pourpre ; *S. plumulosum* Roll (= *S. subnitens* Russ. et Warnst) ; *S. cymbifolium* Ehrh., formes diverses ; *S. medium* Limpr. var. *roseum* Warnst.). Font défaut ceux des groupes *subsecunda* et *cuspidata* si abondants à Gazon-Martin, au Lispach, au Frankenthal et à cet autre *Lac sec*, moins évolué et extrêmement intéressant à explorer, que l'on trouve près du Lac Blanc, au bord du chemin du Lac Noir.

A ces *Sphagnum* sont associés *Aulacomnium palustre* Schw., une forme orthophylle de *Dicranum scoparium* Hedw., un peu de *D. Bonjeani* de Not. (= *D. palustre* Br.eur) et *Politrichum commune* L. —, muscinées turbicoles n'apparaissant que sur la tourbe exondée. Il manque là encore, avec les Sphaignes citées, les éléments caractéristiques de la formation tourbeuse, soit les grands *Hypnum* du groupe fluitans.

La totalité de la tourbière est envahie par *Calluna vulgaris* Sal. (Bruyère commune) et les Myrtilles ; sur le pourtour de forts sapins sont susceptibles d'être déjà exploités tandis que tout au centre de

jeunes arbres peuvent croître sans inconvénient. *Calyprogeia trichomanis* Dum. (typica), qui paraît être la seule Hépatique abondante s'étale sur la tourbe dénudée, sous les pins ou entre les racines des arbrisseaux.

La tourbière a donc bien atteint son dernier stade évolutif ; par capillarité l'eau venue des suintements profonds monte encore un peu dans les touffes de *Sphagnum* mais elle ne permet plus à ces derniers qu'une croissance ralentie se traduisant par un exhaussement annuel très minime.

Les débris accumulés au front de l'ancien glacier sont *uniquement constitués par des gneiss passant du type franc au gneiss granulitique* (1) ; le fossé de périmètre a mis à découvert sur la rive E. tout un amoncellement de blocs de *porphyre* très compact, de teinte claire, bien discernable grâce à ses grands cristaux blanchâtres de feldspath orthose, tranchant sur une pâte rosée à texture micro ou granulitique. Nous trouvons donc ici encore ces filons de *porphyre* qui lardent les gneiss au voisinage du massif granitique autochtone ; ici, leur compacité plus grande que celle des gneiss semble avoir limité vers l'E. l'extension de la cuvette glaciaire.

A quelle glaciation rapporter ce témoin ?

La pénurie de renseignements est telle, pour ce recoin des Vosges, qu'il est inutile de vouloir synchroniser les rares vestiges connus. Tout ce que l'on peut dire, c'est qu'elle est très antérieure au creusement définitif de la vallée de la Meurthe dont la cote d'altitude à hauteur du *Lac sec* est voisine de 625 mètres. Cette vallée si encaissée entre le Rudlin et Plainfaing qu'on ne peut guère l'attribuer à l'érosion glaciaire sur le tiers inférieur de sa hauteur verticale, ne montre aucune trace de moraines, ni latérales, ni frontales ; on ne voit que du fluvio-glaciaire caractérisé par une pente uniforme, dont les éléments sont granitiques dans les couloirs de granite à amphibole, gneissiques dès que l'on aborde la zone des gneiss.

Le *Lac sec* est à 825 mètres d'altitude environ ; le Lispach, le Lac des Corbeaux, divers cuvettes ou cirques glaciaires du flanc W.

(1) L'échantillon présenté est admirablement zoné alors que dans les nouvelles carrières de Fraize (route du Bonhomme) cette stratification des éléments constitutifs est loin d'être toujours très nette — Flexures et accidents des Gneiss sont très fréquents.

comme du versant alsacien des Vosges sont à une cote d'altitude oscillant entre 700 et 850 mètres. Il y a là corrélation évidente et l'on peut penser que les glaciers issus des apophyses de la crête vosgienne ainsi que des hauteurs secondaires ne descendaient guère plus bas que 700 mètres. Seuls ont acquis plus d'ampleur ceux nourris aux hauts sommets et dans de vastes bassins de réception (glaciers de la vallée de la Vologne, de la Haute-Moselle, du flanc E. et S. E. du Hohneck) et ceux-ci continuaient de modeler les flancs et le lit des vallées alors que les premiers ne constituaient que des glaciers suspendus, plus ou moins isolés, sans influence sensible sur leurs collecteurs dont ils régularisaient le débit ou modéraient l'action érosive par l'apport d'éléments volumineux éboulés de leur front.

Nancy, le 2 Juin 1926.

G. GARDET.

ÉTUDE DES COMMUNICATIONS

QUI ONT PU EXISTER AUTREFOIS ENTRE LA MOSELLE ET LA MEUSE

ET RÉCIPROQUEMENT

Par le Commandant **MARTIN**

CHEF DE BATAILLON DU GÉNIE EN RETRAITE

(Communication faite à la Société des Sciences de Nancy le 21 Avril 1926)

La faible distance qui sépare la Moselle de la Meuse, au coude que fait le premier de ces cours d'eau avant d'arriver à Toul, a, depuis près d'un siècle, incité géologues et géographes à examiner si autrefois la Moselle ne se serait pas jetée dans la Meuse à, ou près de Pagny-sur-Meuse. Des dépôts de cailloux ou de graviers originaires des Vosges, trouvés sur les hauteurs dominant cette localité, ont donné plus de poids à cette hypothèse et, tout récemment encore, M. l'Ingénieur des ponts et chaussées, Paul MARTIN, dans une communication qu'il faisait à la Société des Sciences, concluait à la réalité de cette communication.

Cependant, l'unanimité des savants n'était pas acquise à cette hypothèse. BLEICHER notamment, ne l'admettait pas; il en fut de même des membres de la Société belge de géologie, à la suite de l'excursion qu'ils firent dans le Val-de-l'Ane en août 1898. Nous avons étudié cette question sous toutes ses faces, et notre conclusion, c'est que la Moselle actuelle, ou son ancêtre immédiat, n'a pu se jeter dans la Meuse par le Val-de-l'Ane; c'est au contraire, la Meuse qui, à certaines époques, s'est jetée dans la Moselle. Quant aux dépôts siliceux existant sur les hauteurs voisines de Pagny-sur-Meuse, ils ont dû être apportés par un cours d'eau, ancêtre très ancien de la Moselle, comme elle originaire des Vosges, et que nous appellerons Moselle primitive, mais qui s'est jeté dans la Meuse en amont de Pagny-sur-Meuse.

Nous allons passer en revue les arguments qui nous font aboutir à ces conclusions, mais avant d'aller plus loin, nous devons rendre hommage à M. Émile NICOLAS en qui nous avons trouvé un guide précieux, et aussi à M. G. GARDET, qui nous a été, surtout en géologie, un collaborateur aussi bienveillant que savant. C'est d'autant plus méritoire de sa part, que nous n'avons pu réussir à lui faire admettre nos conclusions et que, dans une note qu'il a présentée à la Société de géologie, il admet, comme M. Paul MARTIN, comme NICKLÈS et tant d'autres, que la Moselle s'est jetée autrefois dans la Meuse, à Pagny.

PREMIÈRE PARTIE

La Moselle

I. — *Description de la nappe caillouteuse existant entre la crête de Villey-le-Sec et les berges de l'ancienne vallée de la Moselle.*

Quand on se dirige à travers champs dans la direction du village de Villey-le-Sec, en partant soit de Dommartin, soit de Chaudeney, on constate que nombreux sont les terrains qui renferment, en plus ou moins grande quantité, des cailloux et des graviers tout à fait analogues à ceux qu'on trouve actuellement dans la Moselle.

Ils étaient sans aucun doute, bien plus nombreux autrefois, mais leur rareté relative en certains points, s'explique par le fait que, depuis des centaines d'années que ces terrains sont cultivés, leurs cultivateurs expulsaient le plus qu'ils pouvaient des plus encombrants de ces cailloux, soit en les enfouissant dans le sous-sol, soit en s'en servant pour empierrier les chemins. On en a même utilisé pour le pavage primitif des rues de la ville de Toul.

Il est à remarquer que dans la zone s'étendant depuis la crête de Villey-le-Sec, jusqu'à la lisière Est du bois de Chaudeney, c'est-à-dire sur 1.500 mètres environ de longueur, les champs de cailloux sont aussi fournis, sinon plus, que ceux qu'on peut trouver dans les terrains inférieurs, et cependant là, la pente est assez forte.

La nappe caillouteuse en question, a son point de départ à

l'emplacement même du fort de Villey-le-Sec (cote 338), et elle s'éventaille dans le secteur Villey, Dommartin, Chaudeney ; mais il est probable que sa limite Est actuelle (Villey-Dommartin) était primitivement plus reculée vers Gondreville, la ligne de hauteurs, parfois abrupte, qui la limite de ce côté, marquant, selon toute vraisemblance, la limite d'un glissement des terrains (très argileux) survenu après coup, à la suite duquel le sol primitif avec ses cailloux a été emporté, parfois sur une très grande épaisseur, par des eaux torrentielles. Comme conséquence, il est possible — probable même — que l'origine du déversement n'était pas limitée à l'emplacement du fort, mais qu'elle s'étendait également vers l'Est, non seulement à l'emplacement actuel du village, mais encore bien au-delà, peut-être jusqu'à l'ancien bois de Lambanie ; dans ce cas la cote 318 ne serait pas la cote primitive. Dans tous les cas, on ne trouve pas, actuellement, un seul caillou à l'Est de l'agglomération.

Le champ de cailloux envisagé s'arrête aux berges de l'ancienne vallée de la Moselle entre Chaudeney et Dommartin, mais à ses limites Nord et Ouest, comme nous le démontrerons en décrivant le lac toulais, les dépôts caillouteux existant des deux côtés de l'horizontale 235 sont des alluvions de la Moselle.

Disons en passant que l'étiage actuel de la rivière à Toul est d'environ 196. Entre Toul et Dommartin, l'ancienne et large vallée où coulait autrefois la Moselle est à la cote 200.

Il est indéniable que la nappe caillouteuse que nous venons de décrire succinctement et qui est comprise entre les cotes 338 et 235, provient de la Moselle qui coulait alors à Villey-le-Sec à 130 mètres au-dessus de son lit actuel.

Nous trouvons dans BLEICHER (1) la confirmation de notre thèse. Ce géologue admettait en effet que les Vosges se reliaient autrefois au plateau lorrain — en l'espèce la ligne de hauteurs jalonnée par le plateau de Malzéville (384), celui de Haye (380), Pont-Saint-Vincent (418), Maizières (400), Crepey (392), etc., par une sorte de plan incliné sur lequel coulait alors la Moselle (ou son ancêtre). Après avoir serpenté sur le plateau en question depuis Pont-Saint-Vincent, la rivière, barrée à l'Ouest, trouva un point bas à Villey-le-Sec et se déferla alors dans la direction des côtes de Toul, en

(1) La vallée de l'Ingressin (*Annales de Géographie*, t. X, 1908).

abandonnant sur son passage les cailloux dont nous venons de parler.

Il est inconcevable que la carte géologique de la Région ne mentionne pas la plus grande partie du champ de cailloux en question. Elle indique bien sous la rubrique P (dépôts de cailloux vosgiens), deux amas assez importants dans le bois de Chaudeney et deux autres de peu d'importance dans le bois de Dommartin, et c'est tout. Cependant les traces du passage de la rivière entre la crête de Villey-le-Sec et le bois de Chaudeney, puis entre la lisière méridionale des bois de Dommartin et Chaudeney et la vallée, sont infiniment plus importants et plus visibles que celles-là. Par contre, cette carte mentionne sous la rubrique *a'* (alluvions anciennes), la plupart des dépôts laissés sur ses deux rives par l'ancienne rivière jusqu'à l'horizontale 235.

II. -- *Cours ancien de la Moselle entre les Vosges et Frouard.*

Nous venons de citer l'hypothèse envisagée par BLEICHER d'après laquelle les Vosges auraient été réunies autrefois au plateau lorrain par une sorte de plan incliné sur lequel la Moselle -- et naturellement aussi la Meurthe -- avec leurs affluents, auraient coulé anciennement, et tenant compte du déversement de la rivière à Villey-le-Sec, nous en avons conclu à son passage au sommet du dédale rocheux Pont-Saint-Vincent - Villey-le-Sec, c'est-à-dire à 130 mètres au-dessus de son lit actuel. Nous admettons que le cours d'eau venant des Vosges se présenta devant le massif rocheux qui actuellement dresse ses escarpements entre Nancy et Maizières, mais qui alors était sans aucun doute médiocrement saillant, et chercha à le traverser.

La Meurthe était elle-même arrêtée par le même obstacle et cherchait aussi à se frayer un passage au travers. Si la vallée de Nancy avait été ouverte, nul doute que la Moselle s'y serait précipitée et aurait ainsi opéré sa jonction avec la Meurthe, probablement à Jarville. D'autre part, le passage était intercepté de l'autre côté (Germiny-Crépey). Ne pouvant franchir le massif par ses extrémités, la Moselle dut se résoudre à l'attaquer de front, et il est infiniment probable que la Meurthe se réunit alors à elle, (la distance qui sépare Jarville de Messein n'est que de 9 kilomètres), tout en continuant à faire ses efforts pour passer entre le plateau de

Haye et celui de Malzéville où elle coule actuellement. C'était donc un véritable fleuve qui se déferlait des hauteurs de Villey-le-Sec vers les côtes de Toul, et c'est ce qui explique la grande quantité de galets, cailloux et graviers silicieux que ce cours d'eau, qui devait avoir une grande importance, a laissés entre Villey, Dommartin et Chaudeney.

Arrivée dans la vallée de la Moselle actuelle qui alors était loin d'être plane comme elle l'est de nos jours, car les pentes des terrains venant d'une part de Villey-le-Sec, de l'autre des côtes de Toul, se continuaient, et à leur thalweg coulait déjà un ruisseau, formé par la réunion de l'Ingressin et de la Bouvade (il est même possible qu'un autre cours d'eau plus important — la Meuse, comme nous le verrons plus loin — coulait déjà dans cette vallée);

Les eaux de la Moselle-Meurthe ne pouvant franchir le barrage rocheux de Fontenoy-Liverdun, refluèrent en amont jusqu'à Pierre-la-Treiche d'une part, dans la haute vallée de l'Ingressin de l'autre, en inondant les pentes comprises entre ces deux points jusqu'à l'horizontale 235 que les eaux n'ont pas dû dépasser.

Or, le déversoir naturel de cette grande étendue d'eau que nous appelons un lac, après M. Paul MARTIN, avait son écoulement vers la Woèvre entre le Saint-Michel et le côteau de Villey-Saint-Étienne où la carte d'état-major (feuille de Nancy) mentionne les cotes 228, 229, 221, 236 et que celle de Commercy continue par celles 232, 219, 223, 228.

Quant aux cailloux et graviers d'origine vosgienne qu'on trouve sur le plateau de la Justice jusque, paraît-il, la cote 245, il est infiniment probable que ce n'est pas le lac toulouais qui les y a déposés. Ces dépôts doivent avoir la même origine que ceux du secteur Villey-Dommartin-Chaudeney. En effet, la direction axiale des eaux se déferlant des hauteurs de Villey-le-Sec, paraît être jalonnée par un point situé à mi-distance de Dommartin et de Chaudeney, puis par le plateau de la Justice. Pour expliquer cette hypothèse, il faut admettre que la vallée de la Moselle au Sud de Toul n'existait alors qu'à l'état d'embryon. La Bouvade y coulait déjà, mais à une altitude de 40 à 50 mètres plus élevée que de nos jours, ce qui n'a rien d'étonnant puisque nous allons démontrer que toute la plaine lorraine, depuis les Vosges jusqu'à Pont-Saint-Vincent, a été abaissée par l'érosion d'environ 130 mètres.

Dans tous les cas, dans la haute vallée de l'Ingressin, le dépôt

le plus élevé est à 235 (232.75 même d'après M. Paul MARTIN), or, cette dernière altitude est en rapport avec les brèches ouvertes dans le Bathovien et le Callovien entre Toul et Villey-Saint-Étienne, lesquelles, comme nous venons de le voir, varient de 219 à 236. Quant aux dépôts caillouteux qu'on rencontrerait jusqu'à la cote 245, aux environs de Villey-Saint-Étienne, d'après la géographie physique de M. Henry JOLY, nous n'avons pu en constater l'existence à cette altitude et, s'ils existent, ils doivent avoir une origine différente de celle des dépôts laissés par le lac toullois, puisque nous venons de voir qu'à l'Ouest, les dépôts en question n'avaient pas dû dépasser la cote 235 (1).

La *Géographie physique* de M. Henry JOLY explique fort bien comment l'ancienne Moselle a creusé son lit dans le Bajocien entre Pont-Saint-Vincent et Pierre-la-Treiche, puis plus tard entre Fontenoy et Pompey. Le travail des eaux souterraines dans ces deux longs couloirs, a été favorisé par l'existence de cavernes, de fissures, de cavités de toutes grandeurs, qui existent encore dans les parties rocheuses se trouvant de chaque côté de la vallée et dont quelques-unes, les grottes de Sainte-Reine, notamment, en face Pierre-la-Treiche, ont une certaine ampleur.

Pendant que la Moselle-Meurthe se creusait ces vallées « tectoniques », la Meurthe en faisait autant de son côté, puis elle s'approfondissait, et enfin, se séparait de la Moselle.

Ces travaux de dislocation, suivis d'affaissements, puis d'éboulements des parois latérales, et enfin d'évacuation des déblais, ont dû demander un temps considérable. Il est certain que les eaux réunies de la Moselle et de la Meurthe étant alors très volumineuses, surtout à certaines périodes de l'époque quaternaire, les ont favorisés. Ce n'est pas le faible débit de la Moselle actuelle qui aurait pu en venir à bout.

Revenons à la Moselle en amont de Pont-Saint-Vincent. Selon toute vraisemblance, elle passait à Charmes en quittant les Vosges et il est probable qu'elle coulait dans sa direction actuelle et avec la même vitesse de courant entre Charmes et Pont-Saint-Vincent. Nous avons vu qu'à Villey-le-Sec son cours était coté 338, alors que l'étiage actuel de la rivière à hauteur de cette localité est 208,

(1) Note citée précédemment de M. Paul MARTIN. Premier sondage : 253.30 — 20.85 = 232.75 et non 242 comme le dit son auteur.

soit une différence de niveau de 130 mètres qui se répercute sur tout le cours amont de la rivière. Dans ces conditions, la Moselle coulait à Charmes à une altitude variant entre 400 et 405 ; le sommet de la côte de Charmes étant coté 398 aurait donc été immergé s'il avait alors été à la même hauteur que de nos jours, mais il est certain que là comme dans la plaine, l'érosion a opéré une réduction de hauteur qu'il n'est pas en notre pouvoir d'évaluer.

Ainsi donc, on doit retenir que toute la plaine lorraine a été érodée sur plus de 100 mètres d'épaisseur. C'est difficilement croyable, mais cette assertion résulte du passage de la Moselle à Villey-le-Sec qu'il paraît difficile de contester.

Quant à l'époque à laquelle ce dénivèlement s'est produit, il est certain qu'il faut le situer à l'époque quaternaire.

III. — *Le lac toulois.*

Nous avons déjà dit quelques mots du lac toulois. Cette expression « lac » est peut-être excessive ; d'aucuns voudraient « Moselle élargie », mais si l'on réfléchit qu'en aval de Toul les berges de l'ancien cours d'eau étaient distantes de 3 kilomètres (entre horizontales 235), il semble qu'on peut nous passer l'expression. Le fond de ce lac était certainement irrégulier, et ce n'est qu'après un lent travail accompli durant de longs siècles, que la vallée actuelle de la Moselle, dont le fond est constitué par des surfaces marneuses rabotées par les galêts, a été creusée et remplie de sable, graviers et galets.

En de nombreux endroits indiqués sous la rubrique *a'* sur la carte géologique au $\frac{1}{80000}$ existent des dépôts caillouteux ou terrasses d'alluvions, indiquant les berges du cours d'eau primitif ; or ces dépôts, entre Dommartin et Chaudeney, ne paraissent guère dépasser la cote 230 qui correspond sensiblement au déversoir des eaux de la rivière vers la Woëvre. On en a trouvé, d'après VIDAL DE LA BLACHE, dans la haute vallée de l'Ingréssin à 235, et le premier sondage de M. l'Ingénieur Paul MARTIN, a fait déceler leur présence à 232,75 ; il semble par suite qu'on peut fixer vers 235 le niveau maximum de ce lac. La détermination de cette cote est très importante ; elle a servi de prétexte aux membres de la Société belge de géologie, à la suite de leur excursion du 18 août 1898,

pour déclarer que rien ne démontrait le passage des eaux de la Moselle dans la Meuse par le Val-de-l'Ane, et nous en tirerons également argument, concurremment avec les résultats des deux sondages exécutés dans cette vallée en 1922, et relatés par M. l'Ingénieur Paul MARTIN, car le second de ces sondages ayant démontré que le terrain primitif au seuil même du col du Val-de-l'Ane est à l'altitude 241.42, il s'en suit que si le niveau du lac n'a pas dépassé 235, la communication de la Moselle avec la Meuse n'a pu s'accomplir.

Ce qui démontre clairement que le lac n'a pas dépassé cette cote (235), c'est que, dans le premier des sondages en question, le niveau supérieur des alluvions (sable), se trouvait à la cote 232.75. L'auteur de la note relatant ces deux sondages trouve 242, mais ce ne peut être qu'à la suite d'une erreur de soustraction car 253,30 (cote du terrain), moins 20^m55 (de remblais divers pour arriver au sable), donne bien 232,75 et non 242. Ce résultat est corroboré par le fait qu'on n'a pas trouvé trace de gravier ni de sable au col même (241,42).

Donc, premier résultat de cette étude : *La Moselle n'a pu, à aucun moment, déverser ses eaux dans la Meuse par le Val-de-l'Ane.*

Il nous reste à démontrer que, à certaines époques, la Meuse au contraire, s'est jetée dans le lac toulouais par cette large vallée — véritable lit fluvial desséché — du Val-de-l'Ane.

DEUXIÈME PARTIE

La Meuse

Notre but étant d'étudier uniquement les rapports que la Meuse a pu avoir avec la Moselle, nous allons nous borner à déterminer ses étiages ancien et actuel à Pagny-sur-Meuse, au débouché du Val-de-l'Ane prolongé par la vallée de Lay-Saint-Remy, renvoyant, pour l'étude détaillée de ce cours d'eau, à l'ouvrage si documenté du capitaine VIDAL DE LA BLACHE (1) et à l'excellente carte qui l'accompagne.

(1) *La vallée lorraine de la Meuse.*

A Pagny, l'étiage actuel de la Meuse est à la cote 240 (1) alors que la cote du seuil du Val-de-l'Ane, d'après M. Paul MARTIN, est 259.30; mais, d'après le deuxième des sondages qu'a fait faire le service de la navigation, la cote primitive de ce col était (259.30 — 17.88) 241.42. Il résulte de ces chiffres que si le col n'avait pas été remblayé par le ruissellement et que si, à l'époque primitive, la Meuse avait coulé à la même hauteur que de nos jours, il aurait suffi d'une crue de moins de 2 mètres pour qu'elle arrivât au col, et même pour qu'elle descendit vers la Moselle par le Val-de-l'Ane.

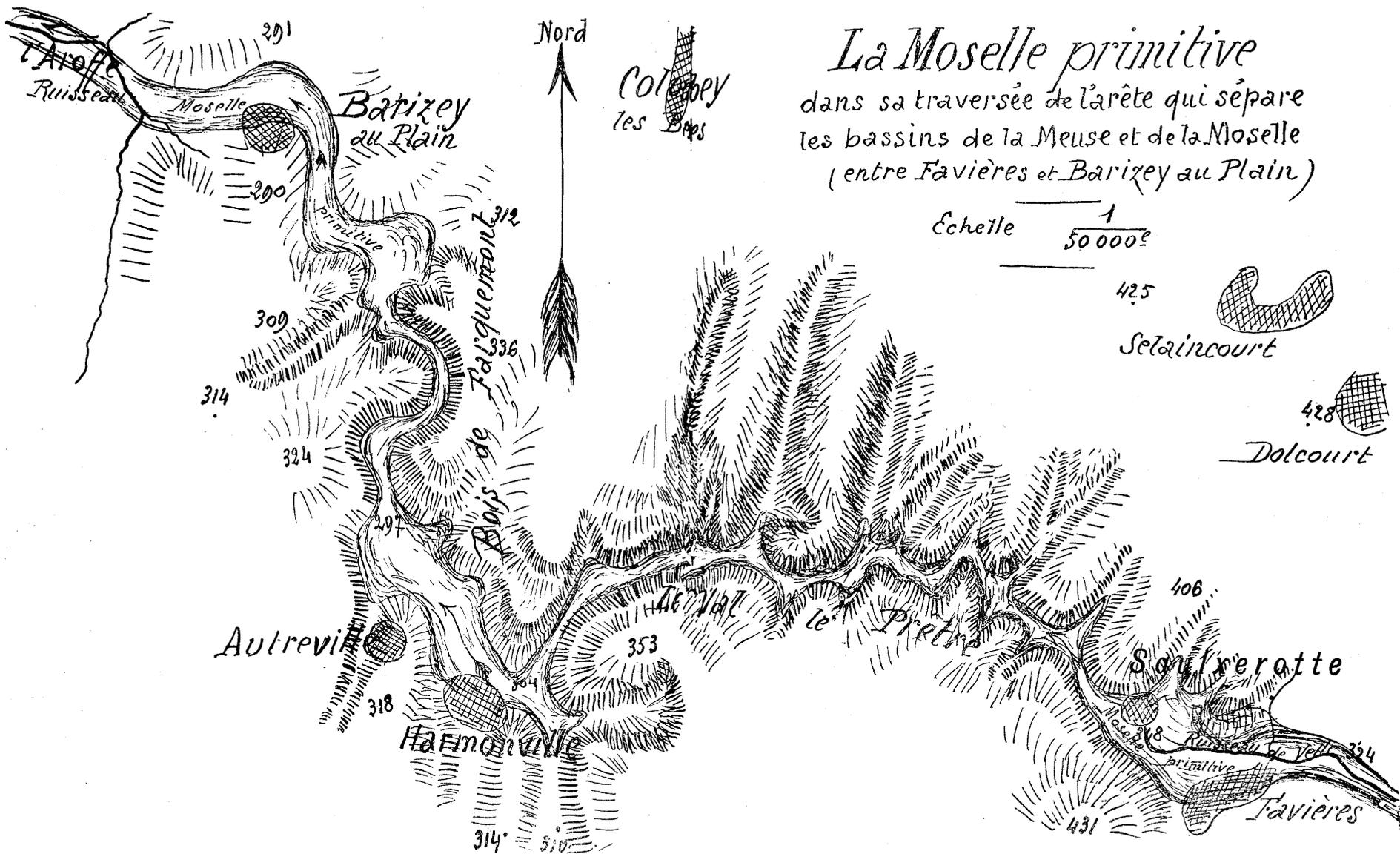
Mais la Meuse ancienne a coulé à des niveaux successifs bien différents, ainsi qu'en témoignent les traces d'alluvions vosgiennes qu'elle a laissées de son passage et dont la plus élevée est celle de la côte Saint-Jean (325) à Sorcy.

Il est infiniment probable qu'à Pagny, l'ancienne Meuse, à son niveau le plus bas, coulait à un niveau inférieur à celui de la Meuse actuelle; comme, à notre connaissance, aucun sondage n'a déterminé ce niveau — tout au moins à Pagny (2) — nous allons prendre une cote arbitraire — 235 par exemple — pour l'étiage le plus bas de l'ancienne Meuse à Pagny. Cela importe fort peu, du reste, pour notre raisonnement, car la vraie cote serait inférieure à 235 qu'il n'en subsisterait pas moins dans son intégralité.

D'après VIDAL DE LA BLACHE, la vallée de la Meuse serait très ancienne, mais, on le voit, au cours des siècles, ce cours d'eau a creusé considérablement son lit, car lorsqu'il déposait ses alluvions sur la côte Saint-Jean, à la cote 325, son étiage, à Pagny, devait être d'environ 322, soit 82 mètres plus élevé qu'actuellement; or, pour descendre de 322 à 235, son niveau a franchi successivement tous les échelons intermédiaires, si donc, lorsque ce niveau atteignait, à Pagny, 242 et plus, et si le seuil du Val-de-l'Ane était encore à cette époque à la cote primitive 241.42, la Meuse, forcément, s'étalait dans la vallée de Lay-Saint-Remy et se déversait par le Val-de-l'Ane, soit dans le lac toulinois, soit, après la rupture du barrage de Liverdun, directement dans la Moselle à Toul, et que, même lorsque le niveau normal de la Meuse se fut abaissé au-

(1) D'après la carte d'état-major, ce niveau serait 245 et celui du col du Val-de-l'Ane 266, mais, d'après la brigade topographique, les cotes exactes sont respectivement 240 et 259.

(2) En aval de Verdun, on a trouvé que le lit de la Meuse avait été remblayé sur une hauteur de 8 mètres (VIDAL DE LA BLACHE).



TROISIÈME PARTIE

La Moselle Primitive

*Provenance des cailloux et graviers siliceux trouvés aux environs
de Pagny-sur-Meuse.*

Cette étude ne serait pas complète si elle passait sous silence les galets, cailloux et graviers d'origine vosgienne qu'on trouve dans la vallée de la Meuse et que les sondages exécutés aux moulins de Longor (1) à un kilomètre en amont de Pagny, et aussi près de Verdun (2) ont fait constater.

Il en est de même des hautes terrasses de même origine, découvertes aux environs de la cote 300 sur les côteaux voisins de Pagny-sur-Meuse, toutetois celle de la côte Saint-Jean, près de Sorcy, dont nous avons déjà parlé, est située à la cote 325. Ce sont ces dépôts qui ont contribué à faire admettre l'hypothèse de la réunion de la Moselle avec la Meuse, par le Val-de-l'Ane.

D'autre part, on prétend, pour justifier cette hypothèse, qu'on n'a jamais trouvé de cailloux vosgiens dans la Meuse en amont de Pagny. Cette assertion est démentie par BLEICHER qui affirme en avoir trouvé sur les côteaux bordant la vallée meusienne en amont de Pagny et jusqu'à Neufchâteau (3), néanmoins il serait utile de pratiquer un ou deux sondages dans le lit de la Meuse en amont de Pagny pour être fixé sur ce point capital.

Quoiqu'il en soit, nous avons la ferme conviction, et nous ne saurions trop le répéter, que ce n'est pas la Moselle de Villey-le-Sec qui a déposé les fragments de hautes terrasses dont nous venons de parler, mais que ces alluvions ont été déposées par un cours d'eau ayant la même origine que celle-là, mais dont l'ancienneté était bien plus grande. Nous l'appellerons « Moselle primitive » et nous allons en étudier un tracé probable.

(1) *Bulletin de la Société des Sciences de Nancy* (série III, t. XII, 1911, p. 282.

(2) La vallée lorraine de la Meuse (V. de la Bl.)

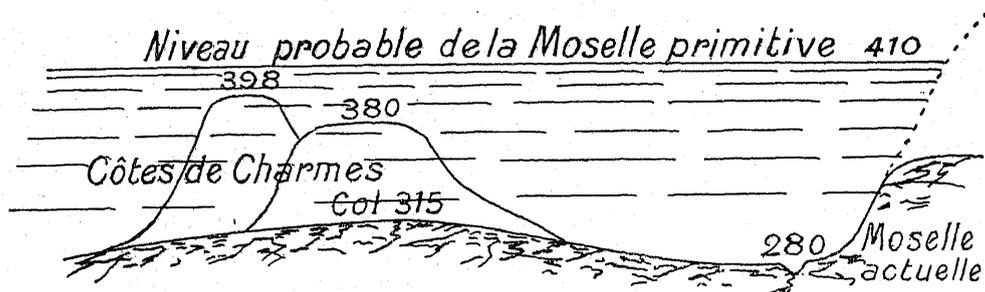
(3) La vallée de l'Ingressin (*Annales de géographie*, t. X, 1901).

Quand on examine sur une carte des Vosges, les points par lesquels la Moselle primitive aurait pu s'échapper de la direction qu'elle prenait à son origine, c'est-à-dire de Remiremont à Charmes, pour aller rejoindre la Meuse, on n'en trouve que deux : le col du Parmont, près de Remiremont et celui de Brantigny au nord de Vincey (1).

Le premier est très élevé (altitude environ 530) et ne peut conduire que dans la vallée de la Saône, car pour rejoindre la

Coupe en long du Col de Brantigny

Échelle $\left\{ \begin{array}{l} \text{des longueurs } \frac{1}{50000} \\ \text{des hauteurs } 10 \text{ fois plus grande } \frac{1}{5000} \end{array} \right.$



Meuse à Neufchâteau, la rivière aurait eu les Faucilles à traverser et la carte n'indique aucun point de passage possible. Reste le col de Brantigny à 8 kilomètres en amont de Charmes. Celui-ci est très bas. La vallée de Moselle étant cotée 280, le col ne dépasse pas 315.

Si donc on relève l'altitude de la vallée des 130 mètres de dénivellation trouvés dans la première partie de cette étude, on trouve que la Moselle primitive coulait alors à Vincey à l'altitude 410, c'est-à-dire à une centaine de mètres au-dessus du col en question.

Nous allons donc admettre que la Moselle primitive qui, depuis Remiremont, coulait alors, comme de nos jours, dans la vallée de la Moselle actuelle, a quitté cette direction à Vincey pour s'échapper

(1) Il en existe encore un troisième à Arches. Nous l'étudierons à fond dans une note complémentaire.

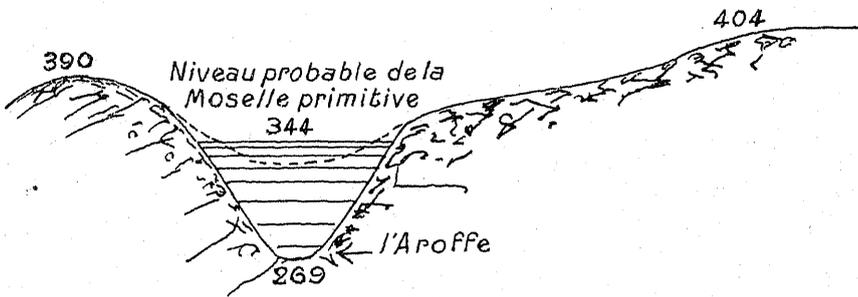
vers le Nord-Ouest. Après avoir franchi le col de Brantigny, elle aurait suivi d'abord la vallée dans laquelle coule aujourd'hui le ruisseau le Colon, jusqu'à sa rencontre avec le Madon ; mais à partir d'ici et jusqu'à Favières, il y a incertitude.

A-t-elle coulé directement en passant entre les deux massifs très voisins de Sion-Vaudémont (545) et de Pulney (524) ? Le col de

Coupe transversale de la Vallée de l'Aroffe

(à 1 kilomètre au Sud d'Uruffe)

Échelle $\left\{ \begin{array}{l} \text{des longueurs } \frac{1}{50000} \\ \text{des hauteurs } \frac{1}{5000} \end{array} \right.$



They, entre ces deux massifs (396), est bien élevé, mais il a dû être comblé en partie par le ruissellement provenant des pentes abruptes entre lesquelles il est situé ; ou bien, la rivière a-t-elle contourné le massif de Sion-Vaudémont par le Nord en passant à Xirocourt, Forcelles-Saint-Gorgon, Etreval, pour de là suivre la vallée du ruisseau de Velle jusqu'à Favières ? Nous penchons pour cette deuxième hypothèse, quoique la première soit bien séduisante.

Quoiqu'il en soit, son cours, à partir de Favières, ne fait pour nous aucun doute. De Favières jusque près de Barizey-au-Plain, il existe toute une série de vallonnements dénommés « Val-le-Prêtre » entre Saulxerotte et Harmonville, puis ravin de Farquemont jusque près de Barizey. Ces vallonnements et ravinelements sont creusés dans la chaîne de hauteurs qui sépare le bassin de la Meuse de celui de la Moselle, et à la cote maximum 348 (Saulxerotte), alors que des sommets très voisins dépassent 400 (Dolcourt 428, Sud de Saulxerotte (431)). Il paraît certain qu'un cours d'eau

important est passé là anciennement, et cette rivière ne peut être que la Moselle primitive.

De Barizey-au-Plain jusqu'à la Meuse, la rivière a, sans aucun doute possible, suivi la vallée actuelle du ruisseau l'Aroffe qui est très large, et encaissée sur une grande longueur entre deux chaînons qui la dominent de plus de 100 mètres.

Ce serait donc à Rigny-la-Salle à l'embouchure actuelle de l'Aroffe, que la Moselle primitive aurait rejoint la Meuse après un cours de 70 kilomètres depuis Vincey, si l'on admet le passage par Forcelles-Saint-Gorgon, mais cette longueur serait réduite d'une dizaine de kilomètres si l'on admettait le passage par le col de They (entre les deux massifs de Sion-Vaudémont et de Pulney).

Nous venons d'admettre qu'à l'origine — à Vincey — la Moselle primitive coulait à la cote 410. Il nous reste à chercher à quelle altitude elle se jetait dans la Meuse à Rigny-la-Salle. Celle-ci nous paraît déterminée par la cote du dépôt alluvionnaire de la côte Saint-Jean (325) dont nous avons déjà parlé. La Meuse à Sorcy étant actuellement à la cote 242 (1), la différence de niveau entre cette cote et celle 325 du dépôt de la côte Saint-Jean est de 83 mètres. Reportons cette différence d'altitude à Rigny-la-Salle (250), en l'augmentant légèrement, et nous aurons l'altitude probable — soit 335 — du confluent de la Moselle primitive avec la Meuse. La différence entre 410, point de départ, et 335, point d'arrivée, soit 75 mètres pour une distance de 70 kilomètres (avec les méandres de la rivière), donne la vitesse moyenne probable du courant de la Moselle primitive, c'est-à-dire 1^m07 au kilomètre. Cette vitesse est moindre que celle actuelle qui est de 1^m25, mais il est possible — probable même — que la cote que nous avons admise pour l'origine de la déviation à Vincey, soit un peu faible. Si cette cote était relevée de 10 mètres, nous trouverions 1^m20 de pente kilométrique.

En prenant une moyenne — 1^m15 par exemple — nous constatons que la Moselle primitive aurait franchi les ravinements du Val-le-Prêtre à Saulxerotte, à l'altitude 369, alors que le point culminant est 348. On voit qu'au point de vue géographique, nos déductions sont fort admissibles.

(1) De la carte d'État-major comme toutes celles qui suivent, la cote réelle est 237.

Trouverait-on actuellement sur le parcours que nous venons d'envisager, des traces de dépôts alluvionnaires analogues à ceux qu'on a découverts aux environs de Pagny-sur-Meuse ? C'est peu probable, sauf toutefois entre Saulxerotte et Autreville. En amont, ces dépôts ont été balayés par l'érosion ; en aval, ceux qui existaient sur les pentes du défilé de l'Aroffe l'ont été par le ruissellement ; peut-être trouverait-on dans le Val-le-Prêtre ou dans les ravins de Farquemont quelques points ayant échappé à l'érosion ou au ruissellement, mais étant donnée l'ancienneté de ces dépôts, leur recherche nous paraît aléatoire ; il serait beaucoup plus simple de pratiquer un sondage dans le lit de l'Aroffe près de son débouché dans la Meuse à Rigny-la-Salle. Les résultats infirmeraient ou confirmeraient nos prévisions, et du coup, on serait définitivement fixé sur le point qui, depuis si longtemps, préoccupe géographes et géologues ; c'est-à-dire si oui ou non la Moselle actuelle, (ou pour mieux dire son ancêtre de Villey-le-Sec), s'est jetée ou ne s'est pas jetée dans la Meuse en utilisant le Val-de-l'Ane.

Bien entendu, si l'on trouvait des cailloux ou des graviers siliceux dans la vallée de l'Aroffe ou dans les ravins du Val-le-Prêtre, la présence des dépôts siliceux (ou fragments de hautes terrasses) des environs de Pagny serait expliquée et nos conjectures confirmées.

A la suite de quel événement la Moselle primitive a-t-elle changé de direction pour couler vers le N. N. E. en direction de Pont-Saint-Vincent ? Nous ne saurions émettre de suppositions à ce sujet. C'est donc à partir de ce moment, qui a dû arriver pendant l'époque quaternaire, que la Meuse ne recevant plus l'appoint important des eaux de la Moselle primitive, a commencé à devenir le fleuve squelette qu'elle est actuellement.

Est-ce lorsque les eaux vosgiennes alimentaient la Meuse que ces eaux ont contribué à former la vallée de Lay et aussi celle de l'Ingressin, ou Val-de-l'Ane, qui y fait suite vers Toul ? C'est infiniment probable puisque nous croyons avoir démontré que la Moselle de Villey-le-Sec n'a pas atteint le seuil du Val-de l'Ane.

CONCLUSIONS

Les dépôts alluvionnaires et fragments de terrasses observés sur les coteaux avoisinant la Meuse aux environs de Pagny-sur-Meuse — ainsi

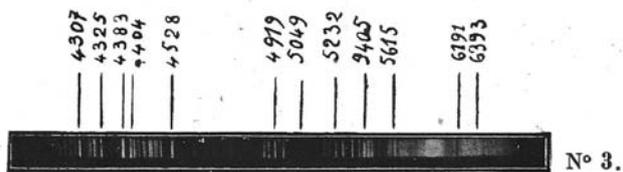
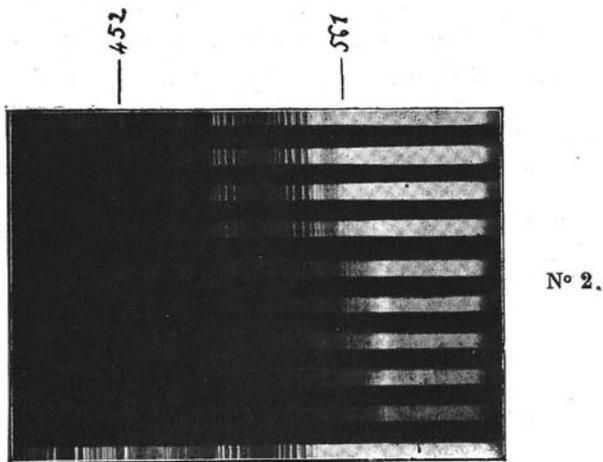
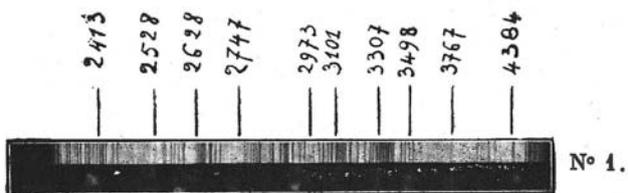
naturellement que les galets, sables et graviers qu'on trouve dans sa vallée — ne peuvent provenir que d'un cours d'eau d'origine vosgienne, mais bien plus ancien que la Moselle actuelle, qui se jetait dans la Meuse en amont de Pagny, au cours de l'époque tertiaire.

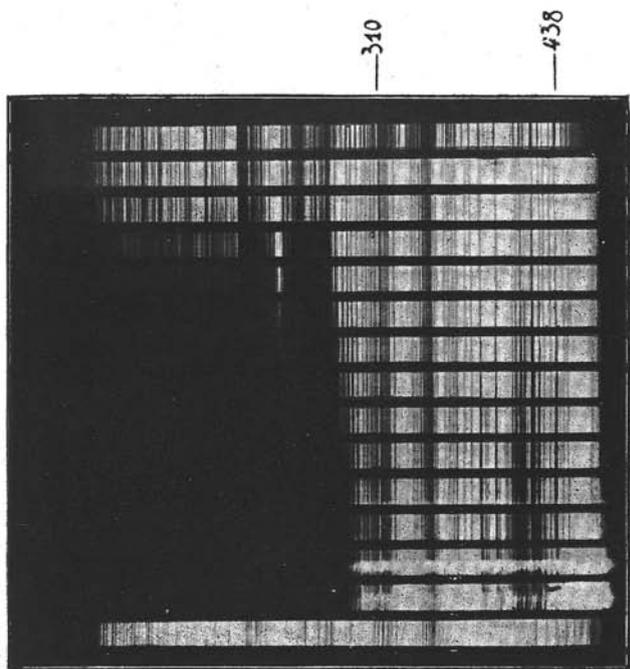
E. MARTIN,

Chef de bataillon du Génie en retraite
à Dommartin-les-Toul.

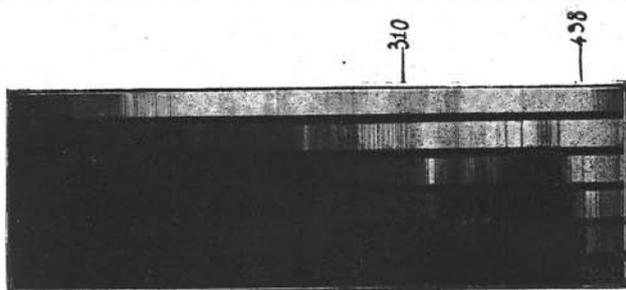


Le Gérant : E. DABIN.

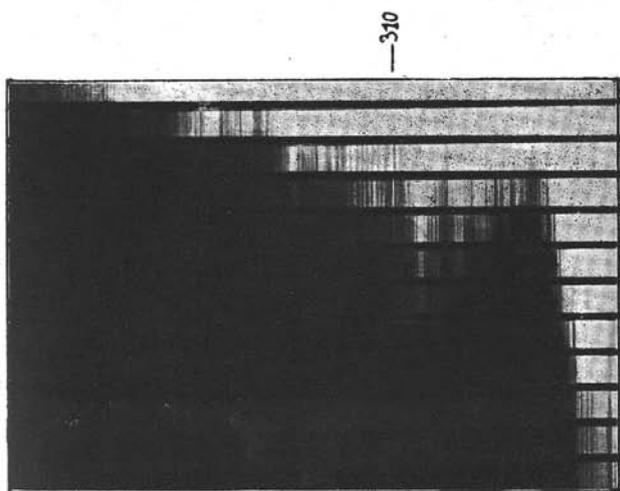




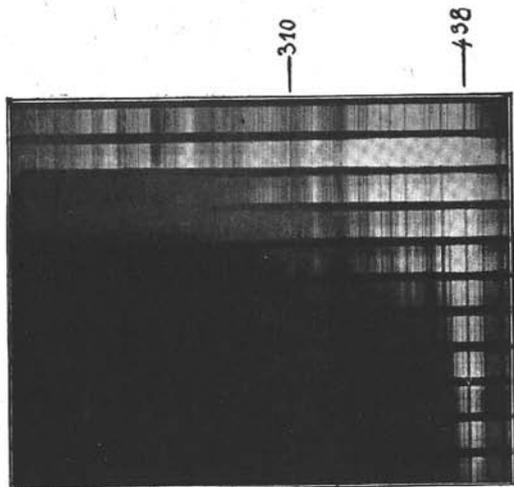
N° 4.



N° 5.

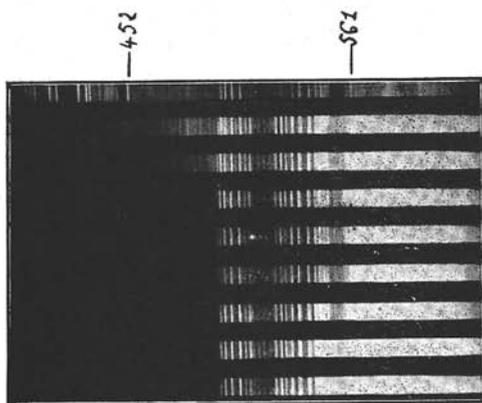


N° 6.

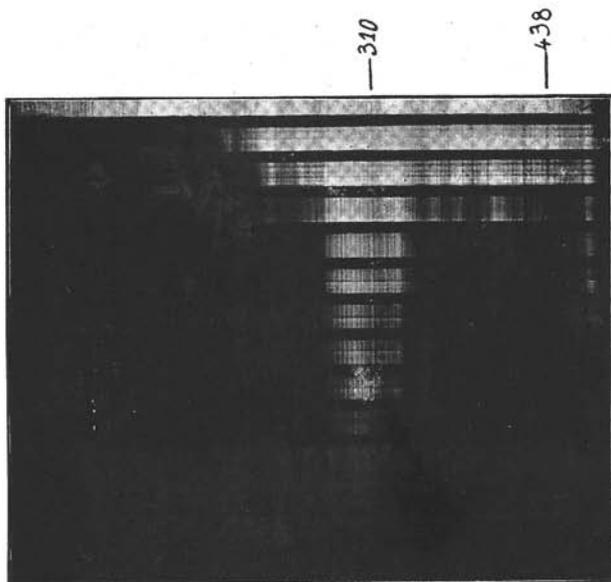


N° 7.

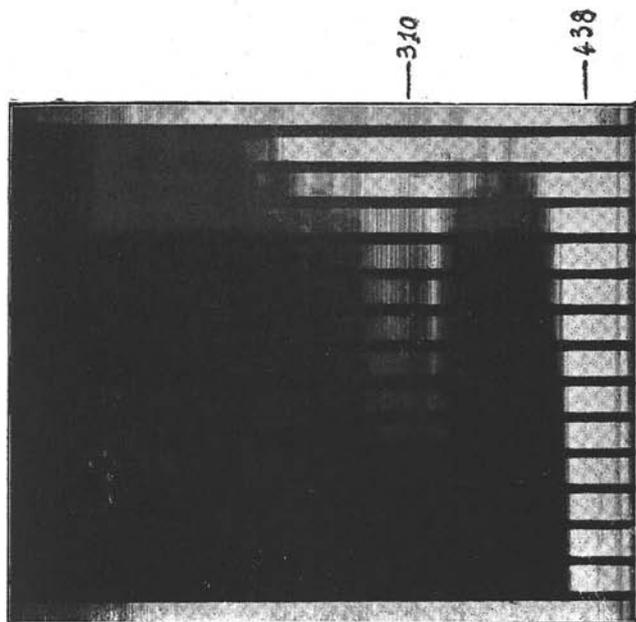
Cliché G. GROSS



N° 8.

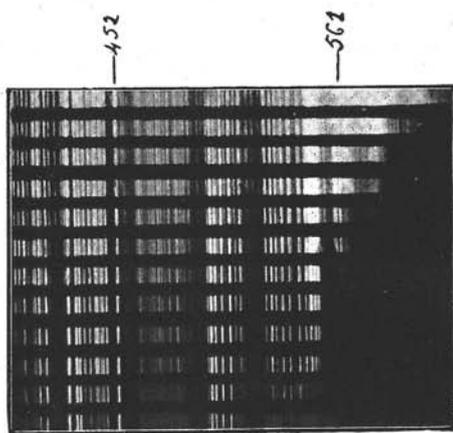


N° 9.

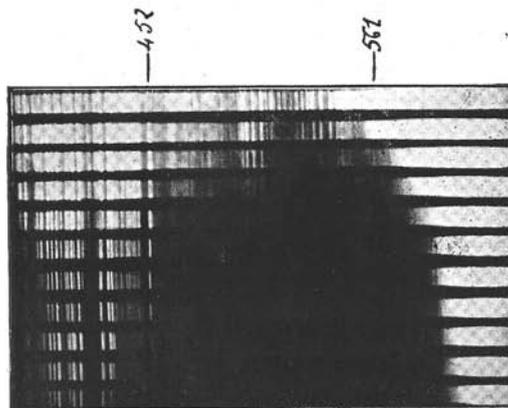


N° 10.

Cliché HAVAS.

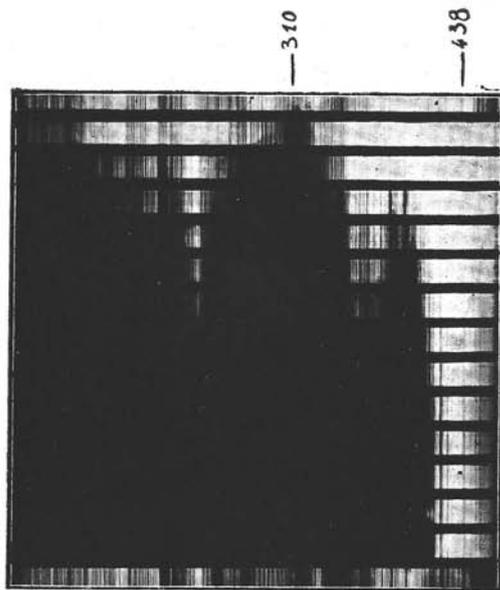


N° 11.

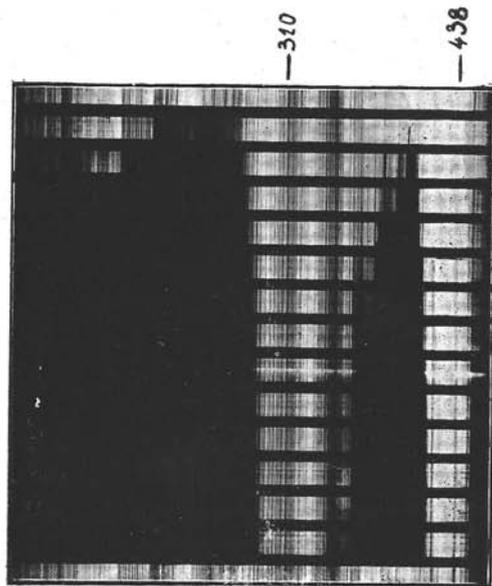


N° 12.

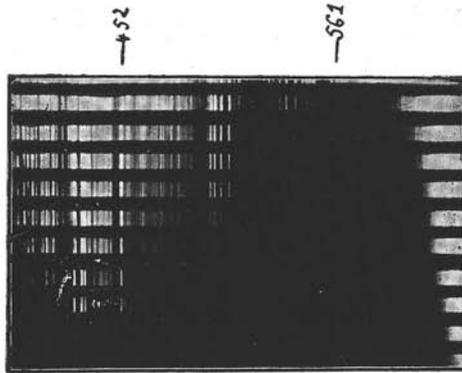
Clichés LASSEUR.



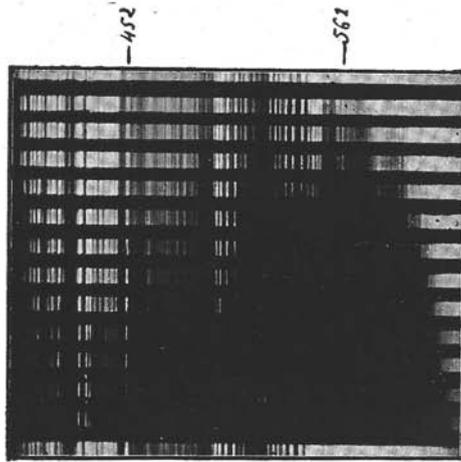
N° 13.



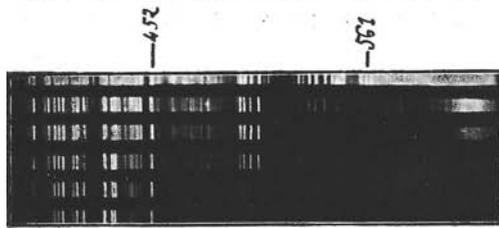
N° 14.



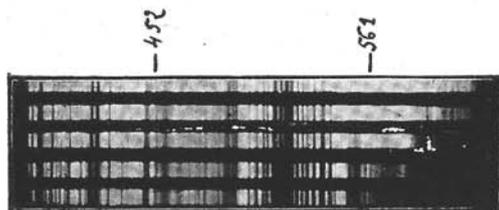
N° 15.



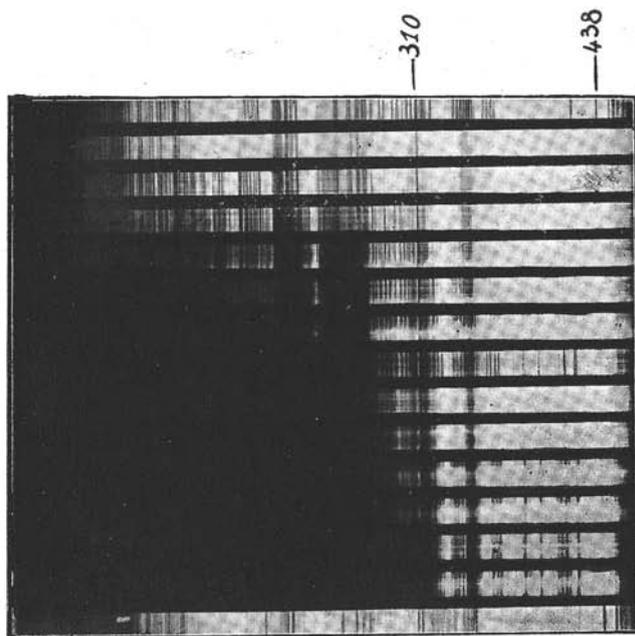
N° 16.



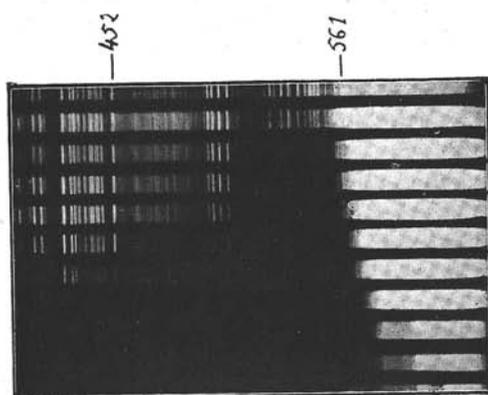
N° 17.



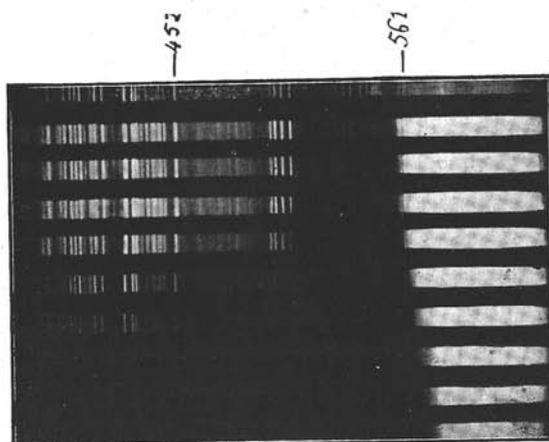
N° 18.



N° 19.

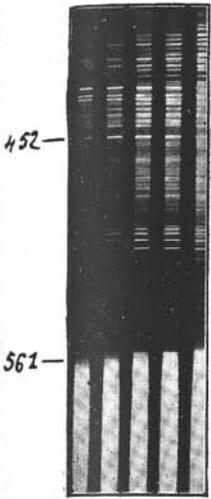


N° 20.

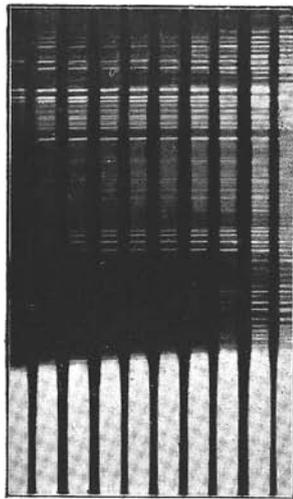


N° 21.

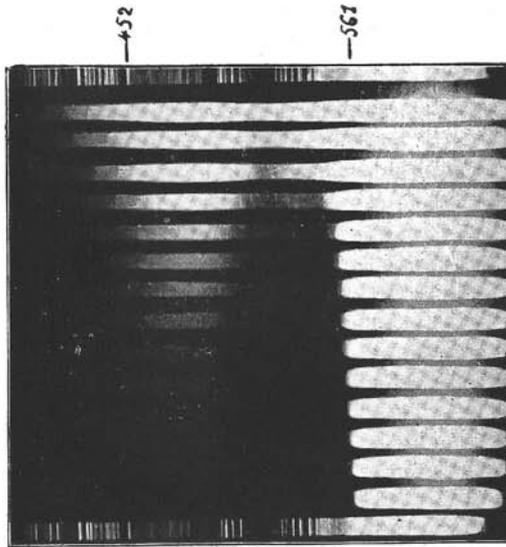
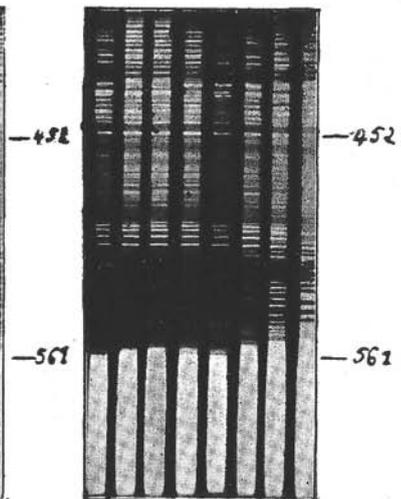
N° 24



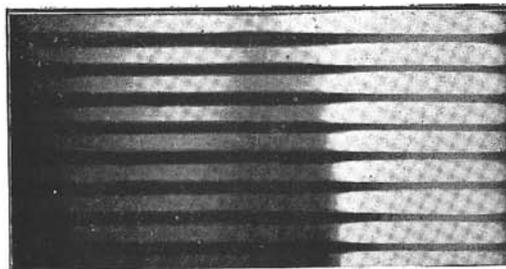
N° 23



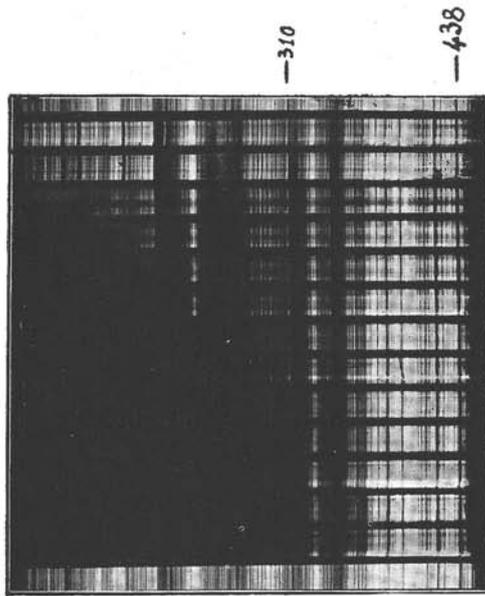
N° 22



N° 25.



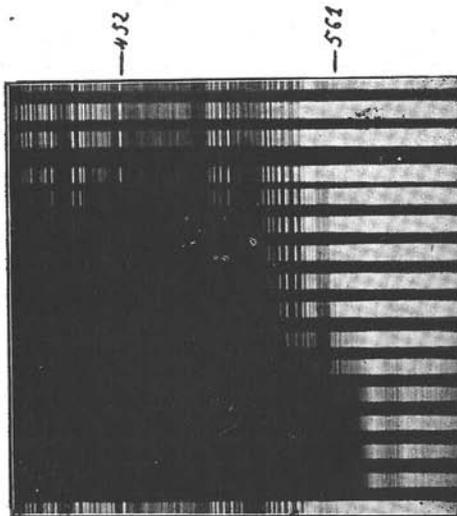
N° 26.



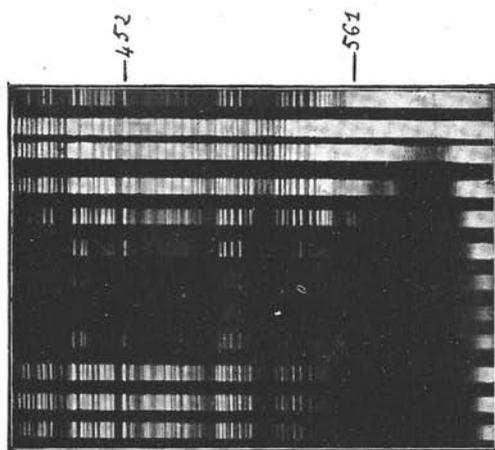
N° 27.



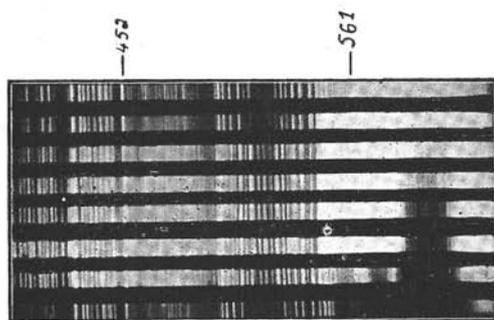
N° 28.



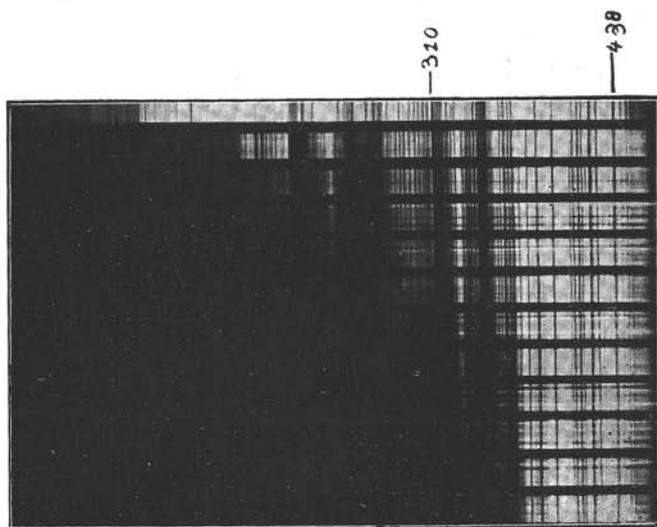
N° 29



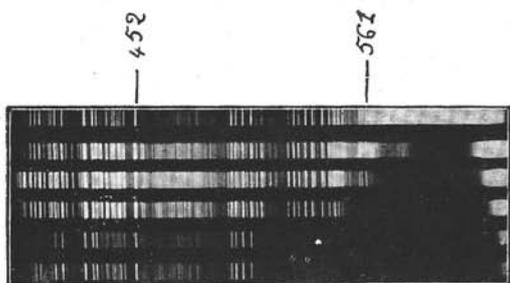
N° 30.



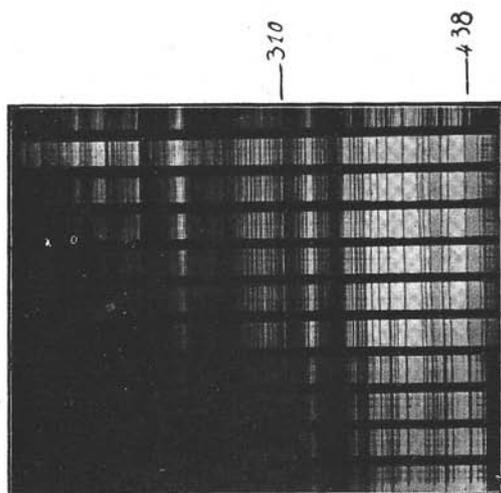
N° 31.



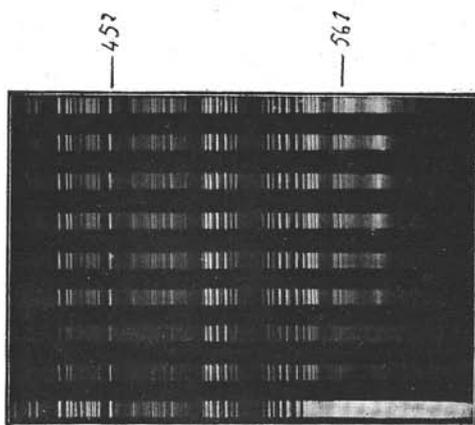
N° 32.



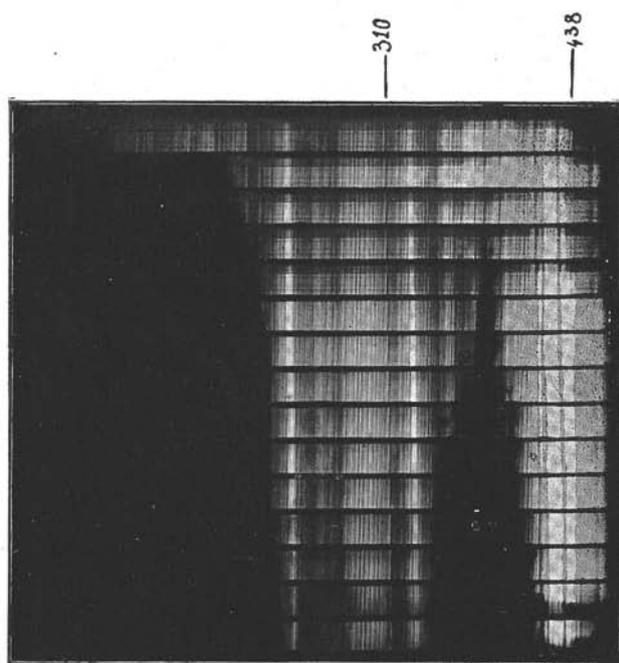
N° 33.



N° 34.

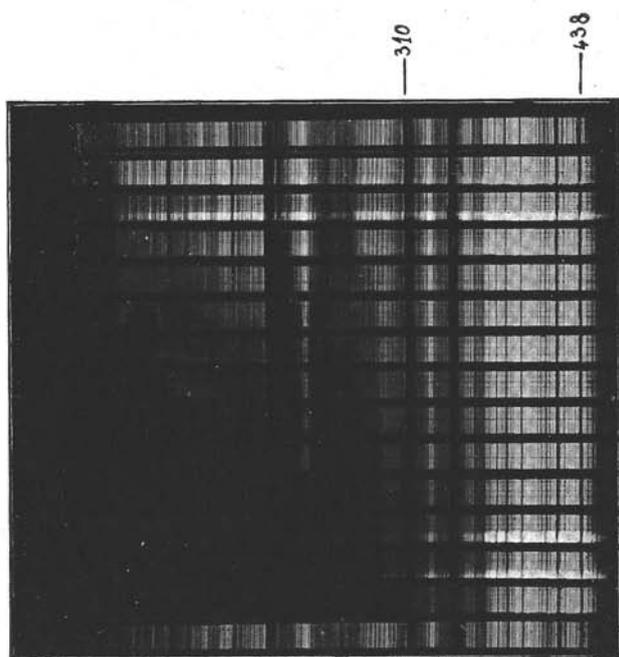


N° 35.



N° 36.

Cliché BANDERET.



N° 37.

Cliché GROSS.