

Les conditions biologiques  
créées par les propriétés  
électriques de l'atmosphère :  
le comportement des  
organismes [...]

Viès, Fred (1885-1944). Auteur du texte. Les conditions biologiques créées par les propriétés électriques de l'atmosphère : le comportement des organismes électriquement connectés au sol ou isolés de celui-ci / par F. Viès. 1940.

**1/** Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».

- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

**2/** Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

**3/** Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

**4/** Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

**5/** Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

**6/** L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

**7/** Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter [utilisation.commerciale@bnf.fr](mailto:utilisation.commerciale@bnf.fr).

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

880

PHYSIQUE BIOLOGIQUE

Exposés publiés sous la direction de

Fred VLÈS

Professeur à la Faculté de Médecine de Strasbourg  
Directeur de l'Institut de Physique Biologique

I

LES CONDITIONS BIOLOGIQUES

CRÉÉES PAR LES

PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES  
DE L'ATMOSPHERE

LE COMPORTEMENT DES ORGANISMES  
ÉLECTRIQUEMENT CONNECTÉS AU SOL, OU ISOLÉS DE CELUI-CI

PAR

F. VLÈS



Vlès, F.  
Les conditions biologiques créées par



\* 3 8 8 2 0 \*

PARIS

HERMANN & C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

6, Rue de la Sorbonne, 6

1940





## ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

PUBLIÉES SOUS LA DIRECTION DE MM.



René AUDUBERT  
Directeur de Laboratoire à l'École  
des Hautes Études  
**ÉLECTROCHIMIE THÉORIQUE**

J.-P. BECQUEREL  
Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle  
**OPTIQUE ET MAGNÉTISME  
AUX TRÈS BASSES TEMPÉRATURES**

G. BERTRAND  
Membre de l'Institut  
Professeur à l'Institut Pasteur  
**CHIMIE BIOLOGIQUE**

L. BLARINGHEM  
Membre de l'Institut  
Professeur à la Sorbonne  
**BIOLOGIE VÉGÉTALE**

Georges BOHN  
Professeur à la Faculté des Sciences  
**ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE**

J. BORDET  
Prix Nobel  
Directeur de l'Institut Pasteur de Bruxelles  
**MICROBIOLOGIE**

J. BOSLER  
Directeur de l'Observatoire de Marseille  
**ASTROPHYSIQUE**

Léon BRILLOUIN  
Professeur au Collège de France  
**THÉORIE DES QUANTA**

Louis de BROGLIE  
Membre de l'Institut  
Professeur à la Sorbonne  
Prix Nobel de Physique  
**I. PHYSIQUE THÉORIQUE  
II. PHILOSOPHIE DES SCIENCES**

Maurice de BROGLIE  
De l'Académie Française  
et de l'Académie des Sciences  
**PHYSIQUE ATOMIQUE  
EXPÉRIMENTALE**

D. CABRERA  
Directeur de l'Institut de Physique et Chimie  
de Madrid  
**EXPOSÉS SUR LA THÉORIE  
DE LA MATIÈRE**

E. CARTAN  
Membre de l'Institut  
Professeur à la Sorbonne  
**GÉOMÉTRIE**

M. CAULLERY  
Membre de l'Académie des Sciences  
Professeur à la Faculté des Sciences  
**BIOLOGIE GÉNÉRALE**

L. CAYEUX  
Membre de l'Institut  
Professeur au Collège de France  
**GÉOLOGIE**

A. COTTON  
Membre de l'Institut  
Professeur à la Sorbonne  
**MAGNÉTO-OPTIQUE**

M<sup>me</sup> Pierre CURIE  
Professeur à la Sorbonne  
Prix Nobel de Physique  
Prix Nobel de Chimie  
**RADIOACTIVITÉ  
ET PHYSIQUE NUCLÉAIRE**

Véra DANTCHAKOFF  
Ancien Professeur à l'Université Columbia  
(New-York)  
Organisateur de l'Institut  
de Morphogenèse Expérimentale  
(Moscou Ostankino)  
**LA CELLULE GERMINALE  
DANS L'ONTOGENÈSE ET L'ÉVOLUTION**

E. DARMOIS  
Professeur à la Sorbonne  
**CHIMIE-PHYSIQUE**

K. K. DARROW  
Bell Telephone Laboratories  
**CONDUCTIBILITÉS DANS LES GAZ**

Arnaud DENJOY  
Professeur à la Sorbonne  
**THÉORIE DES FONCTIONS  
DE VARIABLE RÉELLE**

J. DUESBERG  
Recteur de l'Université de Liège  
**BIOLOGIE GÉNÉRALE  
EN RAPPORT AVEC LA CYTOLOGIE**

*CATALOGUE SPÉCIAL SUR DEMANDE*

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

880

PHYSIQUE BIOLOGIQUE

Exposés publiés sous la direction de

Fred VLÈS

Professeur à la Faculté de Médecine de Strasbourg  
Directeur de l'Institut de Physique Biologique

I

LES CONDITIONS BIOLOGIQUES

CRÉÉES PAR LES

PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES  
DE L'ATMOSPHERE

LE COMPORTEMENT DES ORGANISMES  
ÉLECTRIQUEMENT CONNECTÉS AU SOL, OU ISOLÉS DE CELUI-CI

PAR

F. VLÈS



PARIS

HERMANN & C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

6, Rue de la Sorbonne, 6

1940

*Printed in France.*

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation  
réservés pour tous pays.

COPYRIGHT 1940 BY LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE HERMANN ET C<sup>ie</sup>  
PARIS.



## INTRODUCTION

**A**u cours d'investigations préliminaires que nous avons entreprises il y a une douzaine d'années sur les réactions possibles des êtres vivants vis-à-vis du champ électrique atmosphérique, nous avons été arrêté par la nécessité de définir les conditions initiales dans lesquelles les êtres devaient être placés pour une observation correcte ; en particulier nous avons été amené à nous demander *si le comportement d'organismes ne pouvait pas être modifié suivant qu'eux mêmes (ou leur substratum) étaient mis en connexion électrique avec le sol ou au contraire isolés de celui-ci* : ces deux conditions se présentent évidemment comme dissemblables, au moins au point de vue théorique, dans l'équilibration d'un conducteur avec l'atmosphère. Une longue série de recherches entreprises alors pour élucider ce phénomène, et mettant en train un appareillage considérable, nous rendit évident (1930) qu'il existe effectivement des différences d'évolution d'organismes (plantes) dans ces deux conditions.

Postérieurement, l'étude de ce phénomène prit, soit dans notre laboratoire, soit en dehors, une extension de plus en plus considérable, et on le vit intervenir dans les processus les plus divers : après les plantes, des animaux et enfin l'homme lui-même, parurent touchés par ce mécanisme. En outre, des actions purement physico-chimiques d'où les organismes étaient bannis, montrèrent des réactions du même type.

Il y a donc là à l'heure actuelle un assez vaste problème, qu'on ne peut plus abstraire des raisonnements, et qui est en quelque sorte un carrefour, puisqu'il met en jeu d'une part des éléments touchant l'électricité atmosphérique et d'autre part des données relatives aux influences, sur le métabolisme des êtres vivants, de



propriétés électriques extrêmement diverses. Nous voudrions résumer ici les principales données qui ont présenté jusqu'à présent les étapes successives de la question.

Les diverses recherches dont il va être question ont donc eu pour but de comparer le comportement, soit d'organismes, soit de systèmes physico-chimiques, dans les deux conditions ci-dessus : en état de *liaison électrique* avec le sol, ou en état d'*isolement* par rapport à celui-ci.

Dans un premier chapitre nous résumerons les *données actuelles sur l'électricité atmosphérique*, théoriques ou pratiques, dont il est indispensable de se souvenir pour l'interprétation des phénomènes ultérieurement décrits.

Dans un second et un troisième chapitres, sera exposé l'état actuel (1939) des recherches sur les *processus biologiques et physico-chimiques* touchés par les conditions de connexion à la terre.

Enfin dans un quatrième chapitre nous tenterons de montrer *les interprétations* que l'on commence à construire de cet ensemble de phénomènes ; malgré le caractère encore sommaire et provisoire de celles-ci, on peut déjà discerner les bases profondes du problème, la place qu'il paraît venir prendre dans l'ensemble de nos connaissances biologiques, et les possibilités d'avenir qui se montrent à lui.

---



## CHAPITRE I

### LE CHAMP ÉLECTRIQUE TERRESTRE ; LES IONS ATMOSPHÉRIQUES ; LE PROBLÈME DE L'ISOLEMENT

#### I. — LES DONNÉES SUR LE CHAMP ÉLECTRIQUE TERRESTRE ET LES IONS DE L'ATMOSPHÈRE

##### 1. — Le champ électrique atmosphérique

On sait que la terre se comporte comme un conducteur dont la surface est chargée négativement, tandis que la haute atmosphère est positive : l'atmosphère est donc comprise dans un champ électrostatique dont le gradient est dirigé approximativement de haut en bas. Les équipotentiels de ce champ réalisent des surfaces de niveau grossièrement parallèles à la surface du sol, se déformant et se rapprochant plus ou moins pour contourner divers accidents du relief terrestre (collines, maisons, arbres, etc.) (fig. 1).

Le gradient du potentiel est, dans les couches basses de l'atmosphère, de l'ordre de 100 à 150 volts par mètre, pour diminuer quand on s'élève ; mais il y a des anomalies au voisinage tout à fait immédiat du sol (et probablement aussi dans les couches élevées de la stratosphère : couche de HEAVISIDE).

Le champ présente des différences géographiques, et subit des variations continues d'un type périodique, diurnes, saisonnières, ou annuelles. La lune (EKHOLM et ARRHENIUS), le soleil (CHREE) et son activité, les éclipses, paraissent influencer sur lui. Des facteurs météorologiques (température, pression, vents, nuages, pluies et neiges, etc.) ont aussi une action perturbatrice, due peut-être aux déplacements et aux accumulations d'ions qu'ils occasionnent. Le champ peut s'inverser temporairement, c'est-à-dire que les couches basses de l'atmosphère peuvent devenir positives par rapport à des couches plus élevées.

La mesure du potentiel en un point de l'atmosphère, c'est-à-dire la différence entre celui-ci et la terre prise comme zéro, se fait à l'électromètre (à cadran, ou à fil du type WULFF) ; la cage de celui-ci est à la terre, l'aiguille ou le fil sont connectés à un « collecteur », système capable de perdre d'une façon continue des charges élec-

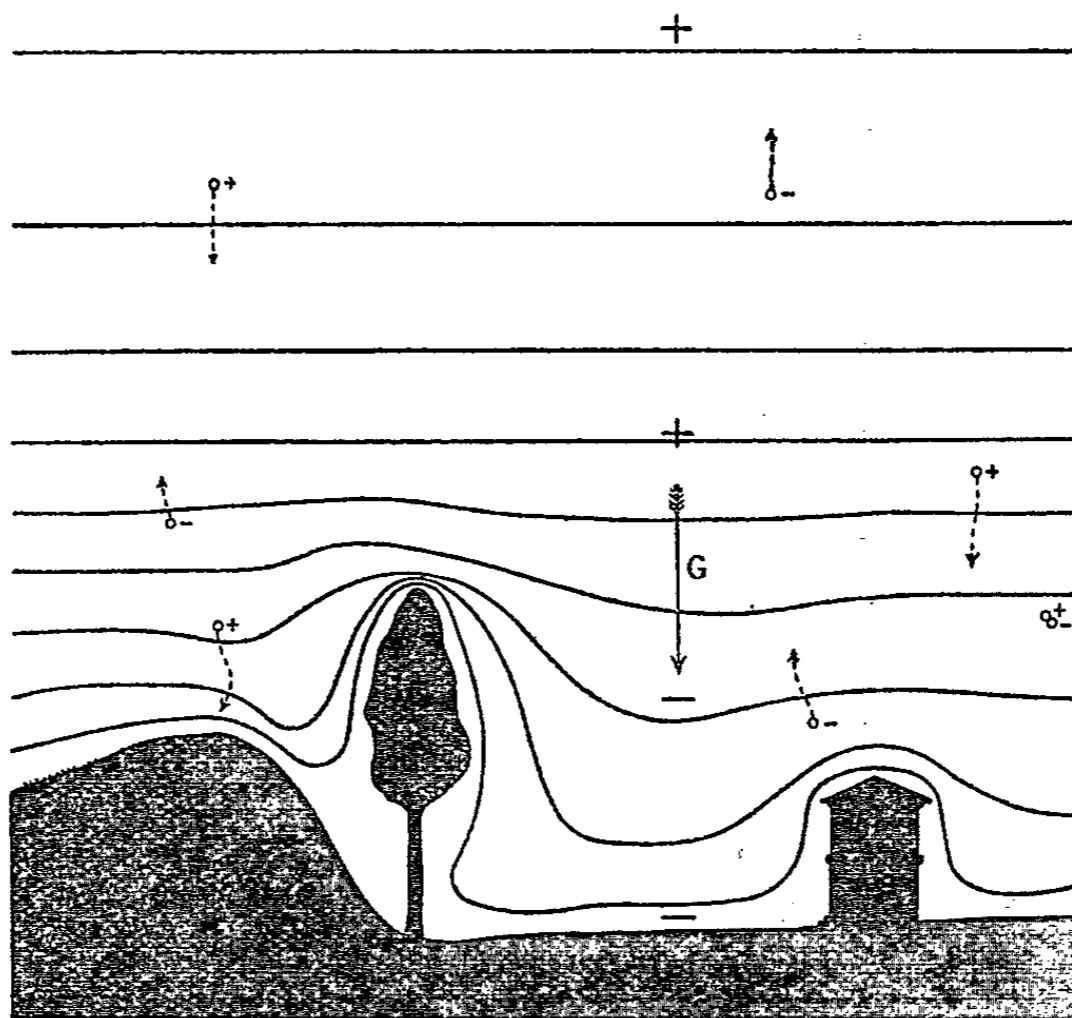


Fig. 1. — Schéma du champ électrique de l'atmosphère, avec la disposition des équipotentiels au voisinage des accidents du sol. G, gradient du potentiel terrestre.

triques (flamme, écoulement d'eau, peinture radioactive) et de se maintenir ainsi au niveau de l'équipotentielle sur laquelle il est placé.

## 2. — Ionisation atmosphérique

Dans la masse gazeuse à éléments de très basses constantes diélectriques et de forts pouvoirs isolants qui forment l'air, circulent des particules électrisées, positives et négatives, les ions : l'atmosphère va donc constituer un conducteur électrique du type ionique. Ces particules sont de dimensions très diverses, et les plus grosses sont, à charge égale, moins mobiles que les plus petites, lesquelles vont jouer le rôle le plus important dans la conductance.

D'une façon générale, entre deux conducteurs quelconques chargés qui réalisent entre eux un champ électrique, les ions organisent un courant de fuite, dont l'intensité  $i$  va dépendre du nombre  $n$  d'ions circulants (densité ionique), de la quantité  $e$  d'électricité que transporte chacun d'eux, de leur mobilité  $\nu$ , c'est-à-dire de la conductivité  $\lambda$  et du champ  $H$  :

$$i = H(n_+e\nu_+ + n_-e\nu_-) = H(\lambda_+ + \lambda_-) = H\lambda.$$

Les *petits ions* ou *ions normaux*, sont constitués par un ou un petit nombre d'atomes ou de molécules (par exemple une ou deux) d'oxygène (LAPORTE) (7d) ou d'azote (ERIKSON) (7b), et portent une charge correspondant à un électron unique (capté ou éjecté). La mobilité de l'ion positif est le plus souvent un peu plus faible que celle de l'ion négatif (mobilité + : 1,3 à 1,6 cm/sec. pour un champ de 1 volt/cm. ; mobilité — : 1,7 à 2,0) ; ces mobilités sont d'ailleurs très indépendantes de la masse de la molécule initiale.

A côté de ces petits ions, existent de *gros ions* ou *ions lents*, qui ont été formés par l'adjonction d'un ion normal à un noyau polymoléculaire beaucoup plus gros, existant naturellement par exemple dans l'air humide, et pouvant être emprunté à des gouttelettes ou à des poussières. Les dimensions de ces ions sont par conséquent le plus souvent assez hétérogènes. Leur mobilité peut être plusieurs milliers de fois plus faible que celle des petits ions (mobilités de gros ions positifs, au voisinage de 20° :  $6 \cdot 10^{-2}$  à  $2 \cdot 10^{-3}$  cm/sec./vt/cm. ; ions négatifs :  $6 \cdot 10^{-2}$  à  $7 \cdot 10^{-3}$ , ions du type LANGEVIN. Les chiffres forts correspondent aux plus faibles tensions de vapeur d'eau) ; ces mobilités se modifient avec les dimensions des particules, et avec l'âge de celles-ci. Les gros ions se comportent en somme à la manière *d'éléments colloïdaux réalisant un aérosol* ; il en existe de plusieurs types (tableau I, fig. 2) et l'importance relative des quantités de chacun de ceux-ci dans l'air est fonction de conditions locales, principalement météorologiques. Du fait que les gros ions peu mobiles peuvent se former par captation de petits, très mobiles, sur des particules, la conductivité de l'air diminue quand il est chargé de poussières, de fumées ou de brouillards : les densités en petits ions et en gros ions varient grossièrement en sens inverse. Les gros ions sont de ce fait beaucoup plus abondants dans les atmosphères souillées des villes : ainsi les mesures de Mc CLELLAND et KENNEDY ont donné dans Dublin, sui-

## I. Spectre des ions atmosphériques (fig. 2)

Ions	Ordre de grandeur du diamètre en $\mu$	Ordre de grandeur des mobilités $\frac{\text{cm}}{\text{sec}} \text{ par } \frac{\text{volt}}{\text{cm}}$	$-\log$ mobilité	Ordre de grandeur du nombre relatif	
Ions normaux = <i>petits ions</i>	$10^{-3} - 10^{-4} \mu$	1 — 2	-0,8—0	1	Max. de mobilité 1,27 (Laporte), petits ions négatifs : oxygène
Ions lents : <i>ions intermédiaires</i> ou moyens	$< 2 \cdot 10^{-2} \mu$	0,1	1		Mobilités décroissant quand la pression partielle de la vapeur d'eau croît (type I)
<i>petits ions</i>					
<i>grosses ions</i>					
<i>ions intermédiaires</i>	$2 - 5 \cdot 10^{-2} \mu$	0,1 — 0,01	1 — 2		
<i>Gros ions</i> (ions de Langevin)	$0^{\mu},1 - 0^{\mu},05$	0,06—0,002	1,2—2,7	20—1000	Mobilités décroissant quand le % d'humidité croît (type II).
<i>Ultra-gros ions</i>	$> 0^{\mu},1$	$< 0,001$	$> 3$		poussières

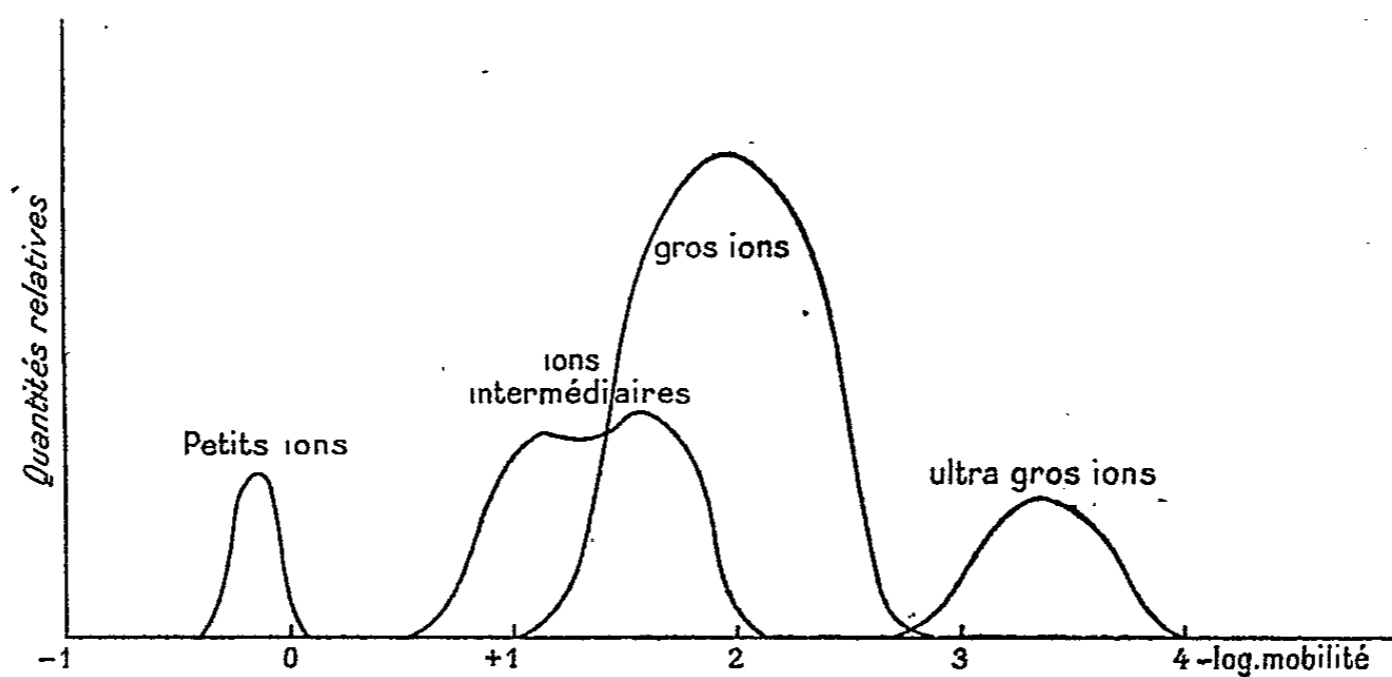


Fig. 2. — Schéma du spectre des ions atmosphériques : quantités relatives en fonction du logarithme (négatif) des mobilités.

vant les moments, des valeurs comme : 197 petits ions pour 5.500 gros ; 48 petits pour 30.000 gros, etc. ; d'une façon générale, le rapport des gros ions aux petits, qui s'échelonne de 1.000 à 20 dans les villes, semble descendre à 2 ou 3 dans les campagnes où l'air est propre.

Petits ou gros, les ions de signes inverses qui viennent à se rencontrer sont susceptibles de se neutraliser par combinaison mutuelle, suivant des conditions qui dépendent de la température, de la pression, et bien entendu de la densité des ions. Le « coefficient de recombinaison » des petits ions est beaucoup plus considérable que celui des gros ions.

L'ionisation atmosphérique présente des variations diurnes et saisonnières. Le rapport des conductivités dues aux ions des deux signes,  $\frac{\lambda_+}{\lambda_-}$ , qui est le plus souvent légèrement supérieur à l'unité (par exemple 1,2) est susceptible d'oscillations des deux côtés de l'unité. La conductivité croît, avec l'altitude, vers les hautes couches de l'atmosphère ; dans les hautes régions de la stratosphère, une couche particulièrement riche en ions (couche d'HEAVISIDE, ionosphère) joue un rôle considérable dans la propagation des ondes hertziennes. La conductivité subit l'influence des conditions géographiques locales, comme le voisinage des sources thermales par exemple. Elle croît avec la température, et en sens inverse de la pression barométrique et de l'état hygrométrique. Enfin la répercussion des phénomènes astronomiques, ici encore, paraît possible : ainsi les éclipses totales de soleil se traduisent par un accroissement des conductivités ; mais le champ électrique décroît dans les mêmes instants, de sorte que le courant atmosphérique vertical (produit du champ par la conductivité) ne semble guère subir de modifications.

L'ionisation atmosphérique paraît avoir ses origines, en première approximation, d'abord par le bas, dans l'intervention des émanations radioactives s'échappant du sol, ainsi que des rayons  $\gamma$  issus des roches, et ionisant les couches inférieures de l'atmosphère ; d'autre part par le haut, dans l'action des radiations électromagnétiques de courtes longueurs d'onde arrivant du soleil, et qui, elles, ionisent la haute atmosphère au niveau de la couche de HAEVISIDE ; il faut aussi envisager l'effet ionisant des radiations cosmiques qui traversent l'atmosphère.

D'après les mesures de CLAY et DAY (1938) (55), faites à Amsterdam, les proportions des trois principaux éléments de l'ionisation vaudraient en cet endroit :

$\gamma$  : 1,6; émanation : 4,5; rayons cosmiques : 1,66.

Accessoirement on a voulu faire jouer un rôle à l'intervention de la surface des grandes masses liquides en mouvement, voire à leur évaporation.

### 3. — Interactions du champ et des ions

Dans l'atmosphère, les ions sont placés au sein du champ électrique terrestre ; ils tendent donc à se diriger, suivant leur charge, dans le sens du champ ou en sens inverse, et réalisent un courant approximativement vertical. Les endroits où le gradient du potentiel est le plus fort (c'est-à-dire où les surfaces équipotentielles sont le plus serrées entre elles) correspondent naturellement à des entraînements plus rapides des flux d'ions. Un objet placé à une certaine altitude dans l'atmosphère, mais électriquement connecté avec le sol, et restant par conséquent à un potentiel voisin de zéro, est de ce fait coiffé par les équipotentielles des couches les plus inférieures du champ terrestre, et devient l'amorce d'un flux d'ions permanent plus ou moins intense, lequel ne se produirait pas sur un objet voisin, mais isolé de la terre. De là proviennent les « points de fuite » que l'on connaît sur les arbres élevés, les monuments, etc. Il est facile de voir que les courants réalisés par ces fluides d'ions ont une intensité où vont jouer deux variables indépendantes : la densité des ions qui transportent les charges, et le gradient du champ qui les fait voyager ; un gradient fort au milieu d'une atmosphère peu dense en ions pourra donner un courant équivalent à celui d'un gradient faible dans une atmosphère riche. D'autre part, un afflux excessif d'ions en un point y crée une perturbation du champ.

### 4. — Mesure de la conductivité atmosphérique

La mesure de la conductivité de l'atmosphère peut être atteinte par plusieurs moyens techniques mettant en jeu des appareils divers (ionomètres, etc.) (3<sub>a</sub>, 8<sub>b</sub>, 8<sub>c</sub>, 39):

1) On peut obtenir cette donnée à partir de *mesures de déperdition*, dans lesquelles on étudie comment un conducteur chargé, placé au sein de l'atmosphère ionisée, perd sa charge par les fuites que créent les ions à son contact. Sa chute de potentiel est donnée dans ce cas par la loi de COULOMB :

$$V = V_0 e^{-Kt}$$

où  $V_0$  est le potentiel initial,  $V$  celui au temps  $t$ , et  $K$  un *coefficient de déperdition*. Celui-ci, après diverses corrections où rentrent les capacités des éléments du dispositif, est d'autre part relié à la conductivité (tout au moins avec une certaine approximation lorsque le conducteur n'a pas la forme simple d'une sphère) par une expression (SWANN) :

$$K = 4\pi\lambda.$$

La décharge du conducteur s'observe par exemple en le reliant à un électroscope (fig. 3 ; voir aussi fig. 22 *b*, Pl. VI) dont la feuille baisse au fur et à mesure que le potentiel diminue. L'angle de la feuille avec la verticale étant  $\alpha$ , on a (fig. 4) :

$$\log \frac{\alpha}{\alpha_0} = -K't$$

la nouvelle constante  $K'$  pouvant être à son tour rapportée à  $K$  moyennant certaines conventions.

Dans une atmosphère immobile, la simplicité du phénomène de déperdition peut se trouver finalement perturbée par l'accumulation progressive d'ions (surtout les gros) au voisinage du conducteur, principalement lorsque le potentiel a baissé. Aussi est-on conduit à réaliser des conditions standard en mettant le déperditeur dans un courant d'air constant *assez rapide* (appareil de GERDIEN à ventilation (fig. 5)) de façon à éviter cette saturation par les ions.

2) On peut d'autre part déterminer  $n$ , nombre total d'ions d'une espèce existant dans un volume donné d'air (EBERT, SWANN), en faisant circuler *lentement* un courant d'air, de débit connu, autour d'un conducteur qui capte tous les ions d'un signe donné venant le balayer. On mesure la variation  $\Delta V$  du potentiel de ce conducteur : le nombre  $\Delta q$  de Coulombs perdus ou gagnés est égal à la totalité des charges  $e$  fournies par le débit  $D$  ; si  $C$  est la capacité du conducteur, on a :

$$C\Delta V = \Delta q = neD.$$



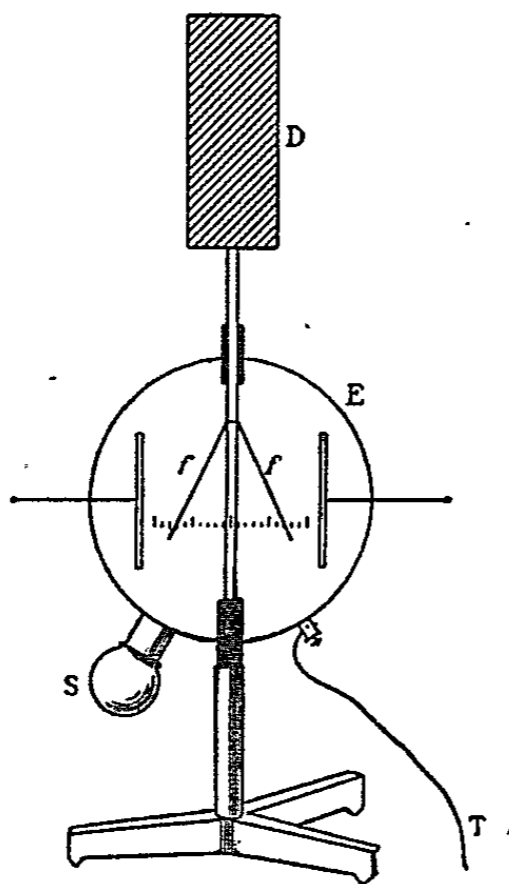


Fig. 3

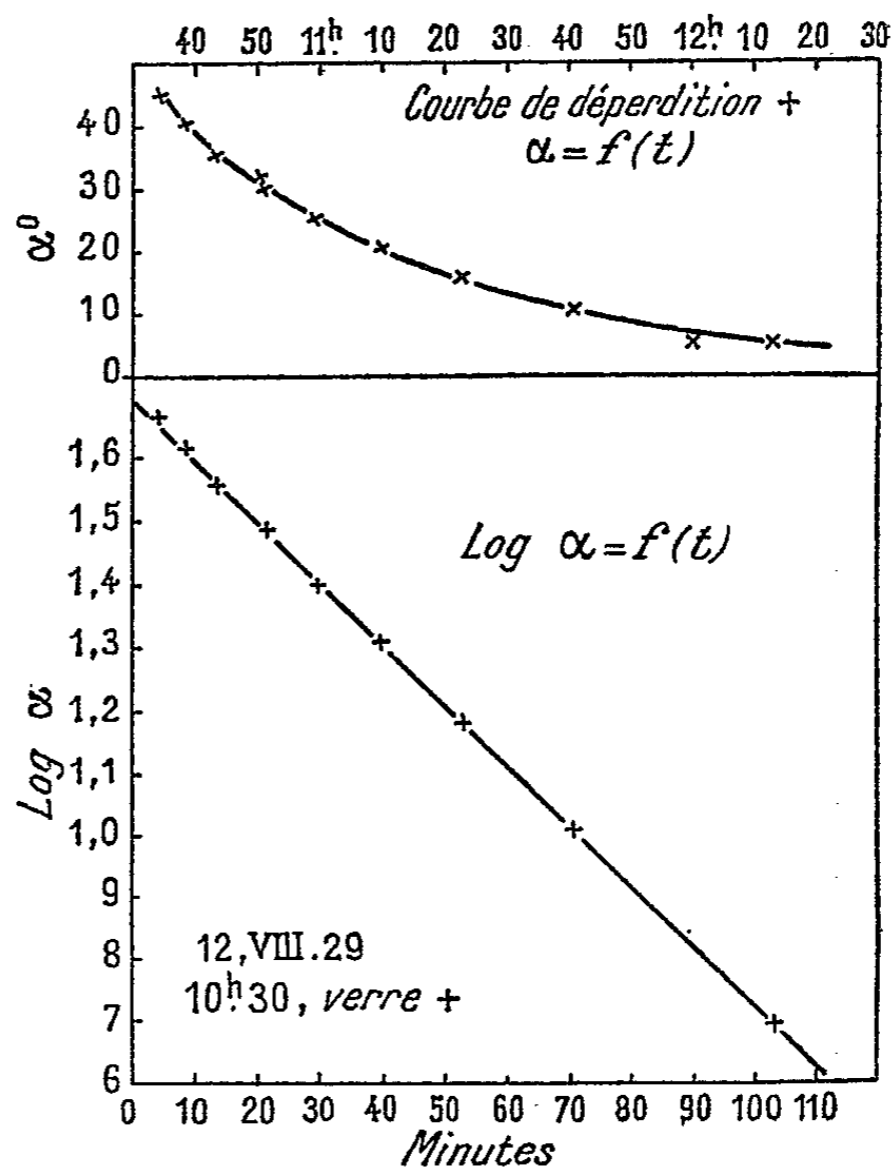


Fig. 4

Fig. 3. — Schéma d'un électroscope monté pour des mesures de déperdition. D, conducteur chargé perdant dans l'atmosphère ; E, cage de l'électroscope ; ff, feuilles de l'électroscope ; T, prise de terre ; S, dessiccateur.

Fig. 4. — Courbes de déperdition atmosphérique mesurées à l'ionométrie : en haut : angle de la feuille en fonction du temps :  $\alpha = f(t)$ . En bas :  $\log \alpha = f(t)$  (VLÈS 1930).

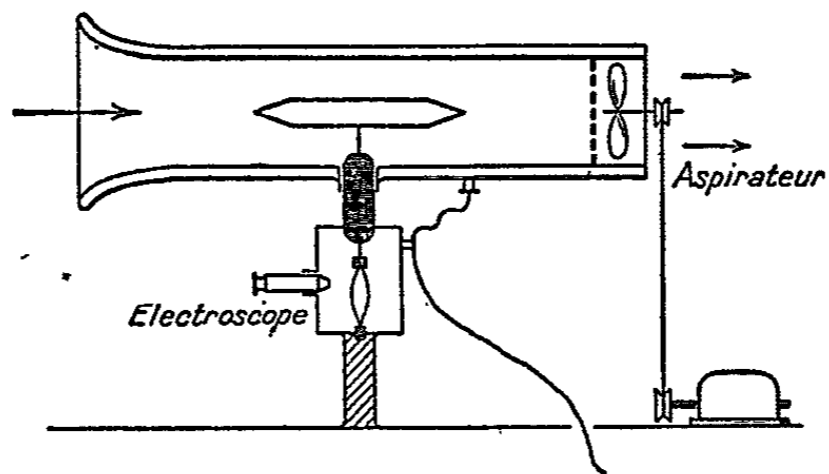


Fig. 5. — Schéma de l'appareil de GERDIEN.

3) Enfin on peut traiter l'air comme un conducteur ionique quelconque (par exemple comme une solution d'électrolytes, ou mieux comme la suspension d'un colloïde électrolytique) et mesurer sa résistance <sup>(36)</sup> par un procédé quelconque, électrodynamique par exemple. L'air n'est pas un conducteur pour lequel la loi d'OHM est correcte, de sorte que la résistance brute, apparente,

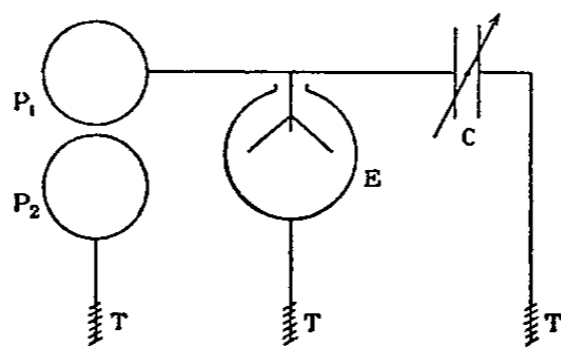


Fig. 6. — Schéma de l'ionomètre à compensation. P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, plateaux E, électroscope ; C, condensateur variable ; T, terre. Pendant la déperdition du conducteur P<sub>1</sub>, on maintient constante la position de la feuille de l'électroscope par une diminution de la capacité du condensateur variable C (VLÈS 1934).

doit subir des corrections pour donner la résistance ohmique propre du conducteur ; on passe de celle-ci à une conductivité spécifique, comme on le ferait pour une solution, en ramenant à l'unité de surface et de longueur de flux (UEM, mégohms réciproques par cm et cm<sup>2</sup>) (fig. 6 et 7. Planche I).

## II. — LES CONDITIONS PHYSIQUES DU SYSTÈME ISOLÉ DANS L'ATMOSPHÈRE OU CONNECTÉ AU SOL

### 1. — Le comportement du système

Étant données les propriétés électriques de l'atmosphère terrestre, il est facile de se rendre compte des différences de conditions physiques qui sont réalisées au niveau de systèmes, suivant qu'ils sont électriquement isolés dans cette atmosphère ou au contraire connectés au sol <sup>(28)</sup>.

Un conducteur chargé et isolé, venant se placer à une certaine hauteur dans l'atmosphère, crée une perturbation dans les équipotentielles du champ terrestre qui passent à ce niveau, et tend à se mettre en équilibre avec elles (fig. 8A). Pour ce faire, il capte des ions voisins de signe inverse du sien jusqu'au moment où, par gain de leurs charges, il neutralise la sienne propre, et rejoint asymptotique-

ment l'équipotentielle qui correspond à son altitude. A ce moment, devenu neutre par rapport au milieu extérieur, il ne sera plus soumis à modifications que si l'équipotentielle elle-même vient à se déplacer, ce qui mettrait en jeu une nouvelle atteinte d'équilibre par le même processus ; les variations de charge du corps refléteront donc alors plus ou moins fidèlement, avec un retard, les variations mêmes du champ terrestre. L'atteinte de l'équilibre est accélérée si le conducteur est le siège d'un processus par lequel il peut éventuellement perdre des charges d'une façon progressive : c'est le cas des « collecteurs » utilisés dans les mesures de potentiel atmosphérique, où le conducteur est par exemple un réservoir d'eau perdant

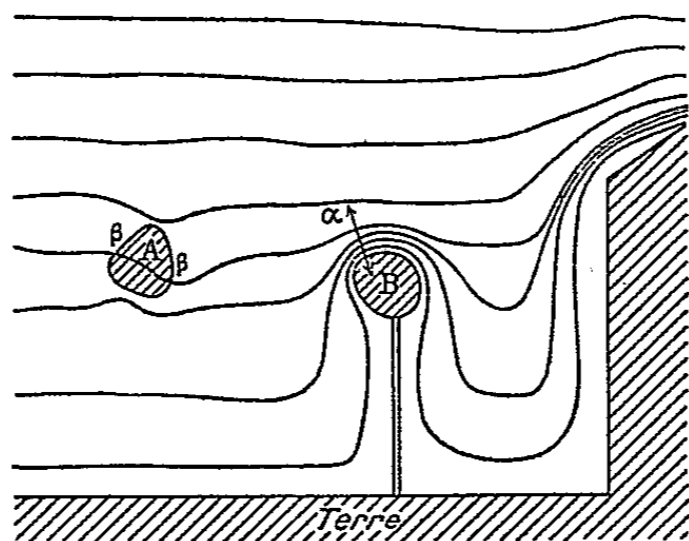


Fig. 8. — Schéma des rapports, avec les équipotentiels du champ atmosphérique, de deux corps dont l'un A est isolé et l'autre B au sol.  $\alpha$ , gradient maximum au contact du corps au sol ;  $\beta$ , ligne neutre dans le corps isolé (VLÈS 1930).

des gouttes, une flamme abandonnant des gaz ionisés, ou une peinture radioactive susceptible d'émettre des rayons  $\alpha$ . C'est peut-être aussi le cas du récipient d'eau en évaporation. Un processus un peu plus compliqué est celui que nous allons trouver dans la réaction chimique en évolution dans laquelle un stade peut émettre ou capter des ions ; et surtout celui de l'organisme, respirant et perspirant dans l'atmosphère ; alors le système ne reste plus finalement inerte du fait même de ses émissions d'ions, soumises à des variables extrinsèques non régulières. La définition de l'équipotentielle atteinte peut dans certains de ces cas dépendre, non plus d'un équilibre statique, mais d'un équilibre dynamique, dans lequel l'émission du système impliquerait une compensation continue aux dépens des ions périphériques ; toute modification

extemporanée du mécanisme d'émission changera les caractéristiques du système dans le champ terrestre.

D'autre part le système placé dans l'atmosphère, mais électriquement relié au sol, est au point de vue électrostatique au voisinage immédiat du potentiel de la terre, soit zéro, c'est-à-dire que son potentiel ne correspond pas à celui de l'équipotentielle atmosphérique que l'altitude imposerait normalement à son niveau. Dans ces conditions les équipotentiels du champ atmosphérique, quel qu'il soit, vont se déformer pour coiffer le corps et se tasser en quelque sorte sur lui; il va se trouver de ce fait réalisé au voisinage immédiat de sa surface un gradient de potentiel plus ou moins considérable, très différent en tous cas de celui que présenterait le champ par la simple variation d'altitude. Le système va donc être le siège d'un flux permanent d'ions plus ou moins considérable, l'atteignant ou le quittant, mais sans jamais pouvoir réaliser un équilibre de saturation, puisque sa capacité, comme celle de la masse de terre, est maintenant infinie (fig. 8, B).

On peut supposer que les échanges d'ions des systèmes au sol se font suivant le gradient général du champ atmosphérique, c'est-à-dire que le corps au sol capte des ions positifs descendants, à moins qu'il n'émette des ions négatifs ascendants. Mais il n'est pas impossible que dans la perturbation réalisée sur les équipotentiels apparaissent toutes sortes d'anomalies. Ce sera le cas par exemple si la chaîne au sol comporte des différences de potentiels, en vertu desquelles le corps placé dans l'atmosphère n'est plus exactement au potentiel zéro; il peut même être alors, par rapport à l'atmosphère, plus négatif que la terre, rien n'empêche qu'il émette des ions positifs repris par la terre elle-même ou qu'il capte des ions négatifs venant d'en bas. Tout se passera donc comme si la chaîne de forces électromotrices, qui est géométriquement en circuit ouvert, se fermait par l'extérieur au moyen d'un conducteur du type ionique, de conductance évidemment très faible mais non négligeable. Dans ces circonstances le circuit en apparence ouvert de la chaîne au sol doit être lui-même le siège d'un débit, dont on doit pouvoir déceler la présence dans le fil de terre. Nous discuterons plus loin l'ordre de grandeur des débits ainsi mis en jeu.

Dans ces conditions les phénomènes ne sont donc plus exactement de l'ordre électrostatique, mais peuvent être envisagés avec un aspect électrodynamique. Sous cet angle la structure même de

la connexion par laquelle le système est relié à la terre peut mettre en jeu des conditions physiques diverses, dont on doit tenir compte pour une interprétation correcte des phénomènes. A côté du dispositif dont nous avons parlé plus haut, et où dans le fil de terre est intercalée une force électromotrice, existe celui où la connexion à la terre comprend, en série ou en parallèle, des capacités ; dans l'évaluation du débit extérieur, la résistance ohmique

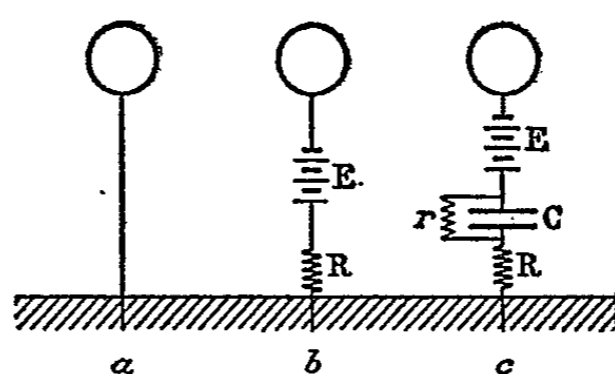


Fig. 9. — Schéma de trois types de mise à la terre. *a*, connexion directe ; *b*, chaîne au sol contenant une force électromotrice *E* et une résistance ohmique *R* ; *c*, chaîne au sol contenant, outre une force électromotrice *E*, une résistance *R*, une capacité *C*, shuntée par *r*.

de la connexion de la terre est aussi à envisager, en ce qu'elle peut n'être plus négligeable par rapport à la conductance atmosphérique. Le schéma ci-joint (fig. 9) résume, sans qu'il soit besoin d'insister davantage, les différentes modalités que l'on peut imaginer, et que l'on rencontre d'ailleurs dans la pratique.

## 2. — Les conditions techniques de la mise au sol ou de l'isolement

Définir correctement l'état isolé ou connecté d'un système par rapport au sol est souvent délicat. Les conditions techniques d'une mise au sol demandent une précision particulière. Poser un objet comme une cage, même métallique, sur la terre nue ou sur des dalles, un plancher, n'est pas nécessairement mettre cet objet au sol, et ne l'est pas la plupart du temps ; joindre l'objet à un tuyau de la canalisation d'eau, au moyen d'un fil métallique entortillé, ne donne non plus qu'une mise au sol précaire et inégale ; il en est de même pour des fils serrés dans les usuelles bornes métalliques à vis. La raison en est que les contacts métalliques, même décapés et bons au début, changent de propriétés dans les atmosphères humides des laboratoires, se recouvrent vite de couches d'oxydes,

de croûtes, etc., pouvant assez tôt réaliser un isolement <sup>(1)</sup>. Le « contact » se transforme en « faux contact », c'est-à-dire en diélectrique d'un condensateur à très faible capacité, et l'inconvénient de celui-ci sur une prise de terre est, pour des raisons théoriques, évident ; d'autant plus qu'on ignore la date de la transformation. Il faut rejoindre la masse conductrice de capacité infinie, prise comme terre, par des *soudures métal sur métal*, ou, pour les liaisons mobiles, par des *contacts à mercure* (fig. 10).

Inversement, l'isolement par rapport à la terre exige aussi des précautions. Celles utilisées par les dispositifs électrostatiques de la Physique classique (pieds de verre vernissés, etc.) sont au moins nécessaires, mais pas toujours suffisantes : les dispositifs devant durer de longues semaines, il faut songer aux dépôts d'humidité qui font une fuite, et aussi aux flux ioniques qui peuvent se localiser et joindre, par-dessus une zone isolante, deux pièces métalliques ; il faut prévoir de grandes distances entre les éléments conducteurs. Les longues cordes cuites dans de la paraffine, les isolateurs en verre paraffiné, ont l'avantage que, les flambant d'un coup de Bunsen, on régénère la paraffine de surface si elle est souillée de poussières. Le dispositif est remis en état facilement, sans le déranger. On trouvera des exemples de dispositifs dans les figures 11 (Pl. II), 12 (Pl. III), 30 (Pl. VIII) etc. <sup>(2)</sup>.

*Le problème technique est donc d'éviter les conditions d'incertitude*, qui risquent de fausser les interprétations des expériences. Une vérification de l'isolement par les ohmmètres à magnétos usuels, d'essais de fuites de canalisations, est illusoire, ces appareils n'ayant plus de graduation utilisable au delà de  $10^2$  ou  $10^3$  megohms (l'atmosphère, isolant qu'il faut rejoindre, correspondant à  $10^8$  megohms/cm). L'existence d'une fuite est mieux indiquée relativement par une mesure de capacité au pont de SAUTY, dont

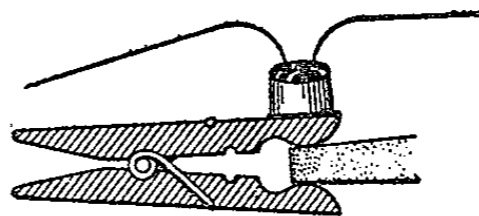


Fig. 10. — Schéma d'une pince en bois supportant un contact à mercure pour les connexions à la terre (VLÈS et GEX, 1935).

<sup>(1)</sup> Il ne faut pas perdre de vue que les différences de potentiel en jeu entre le système et la terre peuvent être petites, et descendre à des fractions de volt.

<sup>(2)</sup> Voir aussi la description des installations isolées pour l'élevage de Souris de Strasbourg (que les circonstances n'ont pas permis d'utiliser), donnée par Ugo (57).

le silence devient mauvais si le diélectrique du condensateur est par trop imparfait.

### 3. — Évaluation numérique de l'isolement par rapport à la terre

Une définition numérique de l'isolement par rapport à la terre doit se faire suivant les principes suivants. On sait que, dans la pratique de l'électricité industrielle, on mesure les isolements à la terre en résistance ohmique  $\rho$ , nombre de megohms établi en général au moyen d'un ohmmètre à magnéto, c'est-à-dire pour une tension alternative un peu élevée. Nous sommes ici dans des conditions différentes, puisqu'il s'agit d'un flux continu ; et il intervient la notion *qu'au-dessous d'une certaine tension le diélectrique peut n'être plus percé*. Nous devons donc préciser l'isolement au moyen d'un coefficient d'isolement  $R$  analogue au coefficient de rigidité diélectrique qui est utilisé pour les potentiels explosifs :

$$R = \frac{1}{Z} \cdot V_i$$

où  $V_i$  est « le potentiel de percement »,  $Z$  un coefficient fonction de la distance (inconnue), de la forme et de la nature des surfaces des électrodes, éventuellement de celles du diélectrique : coefficient qui est donc étroitement fonction de la valeur spécifique du dispositif. La définition usuelle de la résistance ohmique d'isolement ne joue qu'au-dessus de  $V_i$ . Il faut songer que dans beaucoup de dispositifs au sol dans la chaîne desquels nous aurons à étudier la possibilité de débit d'une force électromotrice, celle-ci correspond à des tensions extrêmement faibles, qui peuvent être inférieures à l'ordre du volt (forces électromotrices électrolytiques). Il ne faut pas perdre de vue non plus la possibilité de coupures successives de la chaîne en une série de faibles capacités, qui interviennent en abaissant la différence de potentiel effective sur chacune des coupures (et en particulier sur un faux contact de mise au sol), et qui ont pour effet de ramener le système au-dessous du seuil de percement du diélectrique <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> La réalisation de capacités extrêmement faibles pour l'étude de tels dispositifs se fait au moyen de brins de fil de cuivre tendus parallèlement, à 1 millimètre environ de distance, sur un cadre de paraffine, système dont on mesure la capacité avec une dizaine de brins en parallèle, et dont on n'utilise ensuite seulement que deux brins contigus. On peut descendre ainsi jusqu'à un ordre de capacité de  $2 \cdot 10^{-7} \mu F$ .



L'existence d'une résistance ohmique non infinie pour le diélectrique (ce qui revient à considérer un condensateur shunté), laisse subsister le problème du percement de celui-ci.

La mise à la terre d'un système présentant avec celle-ci une différence de potentiel de 100 millivolts, par exemple, se présente dans des conditions techniques très différentes de celles de l'électrostatique classique, où l'on mettrait au sol un potentiel de plusieurs centaines ou plusieurs milliers de volts.

On peut tenter d'avoir une notion sur le potentiel de percement  $V_i$  au moyen d'un dispositif simple, où l'on charge un condensateur au moyen d'une différence de potentiel croissante fournie par un potentiomètre ; le circuit de décharge contient, en série avec le contact que l'on doit étudier, un téléphone, dans lequel un craquement indique que l'on a dépassé le seuil de percement.

---

## CHAPITRE II

### LES PROCESSUS BIOLOGIQUES EN CONNEXION OU NON AVEC LE SOL

Les processus biologiques dont ont été étudiées les modifications en rapport avec la connexion électrique au sol, sont à l'heure actuelle empruntés presque exclusivement aux phénomènes de croissance des organismes. Des territoires d'application de ce problème nous ont été montrés au moyen de la pousse de Phanérogames (Graminées, Mûrier, etc.), de cultures bactériennes ; de la croissance de jeunes Mammifères, comme des Souris, des Rats ou même des enfants ; de l'incubation de l'œuf de Poule ; aussi de l'évolution d'Invertébrés, comme le développement de l'œuf d'Oursin ou celui du Ver à soie. On a donc affaire à un processus général, plus ou moins délicat et facile à déceler suivant les cas, mais touchant des mécanismes profonds.

A côté des processus biologiques, un certain nombre d'actions pathologiques ont été déjà longuement étudiées ; actuellement, elles ont surtout rapport au cancer expérimental, et l'importance pratique des notions qu'on pensait pouvoir en retirer explique l'effort qui a été fait à ce sujet.

Dans les pages suivantes nous étudierons successivement ces différents phénomènes, en les groupant par leur nature beaucoup plus que par leur succession chronologique <sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> Un certain nombre de revues générales indiquant des stades successifs du problème ont déjà été données : VLès (31, 38, 38b).

## I. — RECHERCHES SUR LES VÉGÉTAUX

## 1. — Expériences sur les Graminées (VLÈS 1928-1930)

1) *Conditions expérimentales.* — Les expériences initiales ont porté sur deux Graminées, des plantules de *Lolium perenne* L. poussant à la lumière, et des plantules d'Avoine poussant à l'obscurité (<sup>26</sup>, <sup>27</sup>, <sup>28</sup>) ; plus de 20.000 plantules ont été ainsi examinées. Le type des expériences était le suivant : deux lots de terre végétale (mis dans des pots non vernissés) étaient placés sur des planches paraffinées suspendues au plafond au moyen de cordelettes et d'isolateurs ; l'un des lots était mis en connexion avec le sol par des conducteurs métalliques, et l'autre restait isolé (fig. 12, Pl. III). Les pots isolés contenaient bien entendu un fragment de conducteur métallique du type de ceux utilisés pour la conduction au sol, afin de rendre les expériences exactement comparables. Chaque lot recevait une quantité équivalente de graines, dont la pousse était suivie dans des conditions expérimentales aussi identiques que possible. Après la croissance, on déterminait le poids moyen des plantules de chaque lot et leur teneur en eau.

Ces expériences nécessitaient toute une série de mesures de contrôle annexes ; sans compter la *pression barométrique*, la *température* ou l'*état hygrométrique* de l'atmosphère, on effectuait des mesures *d'isolement du dispositif*, des mesures de *capacité par rapport à la terre*, et surtout un examen de la *conductance de l'air*. On avait construit pour cela des ionomètres particuliers, susceptibles de donner une cote au moins relative de la déperdition électrique, dans l'atmosphère, d'un conducteur chargé.

2) *Résultats.* — Les résultats ont été les suivants : entre la plantule moyenne du lot isolé et celle du lot au sol, on a observé le plus souvent des *différences dans le poids frais, dans la quantité d'eau, et dans le pourcentage de substance sèche* (fig. 13, 14, Pl. IV). En général les plantules de lots isolés ont dépassé les plantules de lots au sol, de quantités pouvant être considérables et atteindre parfois 50 %. Nous donnons ci-dessous un exemple :

	N° d'exp.	Nombre de plantes	Poids frais de la plantule	Poids sec de la plantule	Quantité d'eau	Pourcent de substance sèche dans la plantule	Pourcent d'eau dans la plantule
Lolium (juillet 1929) lumière	9	275	gr. 0,00749	gr. 0,000701	gr. 0,00679	9,3 %	90 %
	10	240	0,00472	0,000734	0,00399	15,5 %	84 %
		—	+ 57 %	— 4,5 %	+ 65 %	—	—
Avoines (juin 1928) obscurité	—	145	0,0588	0,00945	0,0493	16,0 %	83 %
	—	214	0,0745	0,0115	0,0630	15,4 %	84,6 %
	—	—	+ 26 %	+ 21 %	+ 26 %	—	—
<p>(1) Les gains % sont exprimés par : <math>\frac{\text{plantes isolées} - \text{plantes au sol}}{\text{plantes au sol}}</math></p>							

Cependant quelques expériences, dans des séries faites à d'autres époques et dans des conditions un peu inégales, donnaient des différences nulles, ou même inversaient le phénomène, c'est-à-dire que les plantes au sol étaient avantagées par rapport aux plantes isolées. Il fallait donc élucider le rôle des conditions expérimentales : l'étude des facteurs qui pouvaient intervenir dans le processus montra qu'il y en avait de très divers, dont la combinaison était éventuellement responsable de l'inversion des résultats.

3) **Les divers facteurs du processus.** — Ainsi la *nature du pot* dans lequel poussait la culture paraissait d'abord intervenir, et on perturbait les phénomènes en paraffinant les parois de terre poreuse, ou bien en les remplaçant par du verre, dans l'un et l'autre cas en les imperméabilisant. Ces parois jouaient donc un rôle en favorisant ou gênant certains échanges, tels que la vapeur d'eau par exemple. Mais un tel type de facteurs est déjà bien connu des botanistes dans les cultures banales, indépendamment de toute considération de mise au sol ; c'est une caractéristique secondaire du dispositif qu'il suffit de fixer une fois pour toutes sur un optimum.

Mais ceci fait, un autre facteur très important apparut dans le rôle du *métal faisant la connexion entre la terre végétale du pot et le sol*. Ce métal intervenait visiblement par la force électromotrice apparue à son contact avec la terre végétale. Une série de mesures potentiométriques montra que la différence de potentiel entre la terre végétale et le sol devait, pour le gain de poids des isolés, correspondre à un optimum au voisinage de 0<sup>v</sup>5. Ces données conduisaient à la supposition que la plante, la terre végétale, son pot, le contact métallique de mise au sol et le sol constituaient une chaîne dont la force électromotrice devait être fermée par un conducteur extérieur ; il était logique de songer à l'atmosphère, élément de résistance ohmique très considérable, mais dont la conductance n'est cependant pas rigoureusement nulle. Dans ces conditions, *l'étude de la conductance atmosphérique*, mesurée d'une façon relative par le temps de déperdition fourni par un ionomètre<sup>(28, 33)</sup> au voisinage des plantes, amena à des constatations intéressantes, en ce que les faibles gains, ou les expériences inversées (dans lesquels les gains des plantes au sol étaient plus grands que les gains des isolées), se groupaient davantage du côté des fortes conduc-

tances de l'air. Une analyse systématique de ces problèmes amena à une série de considérations permettant d'élaborer en première approximation une théorie du système.

4) *Le coefficient de circulation efficace.* — Une formule empirique dans laquelle intervenaient la force électromotrice de la chaîne au sol et la déperdition électrique réalisée par l'ionomètre dans l'atmosphère rendait compte en première approximation du gain relatif  $G$  des plantes isolées par rapport aux plantes du sol :

$$G = a E(T - M) + C \quad [1]$$

$G$  étant le gain % des plantes isolées par rapport à celles du sol,  $E$  la force électromotrice de la chaîne,  $T$  le temps de déperdition

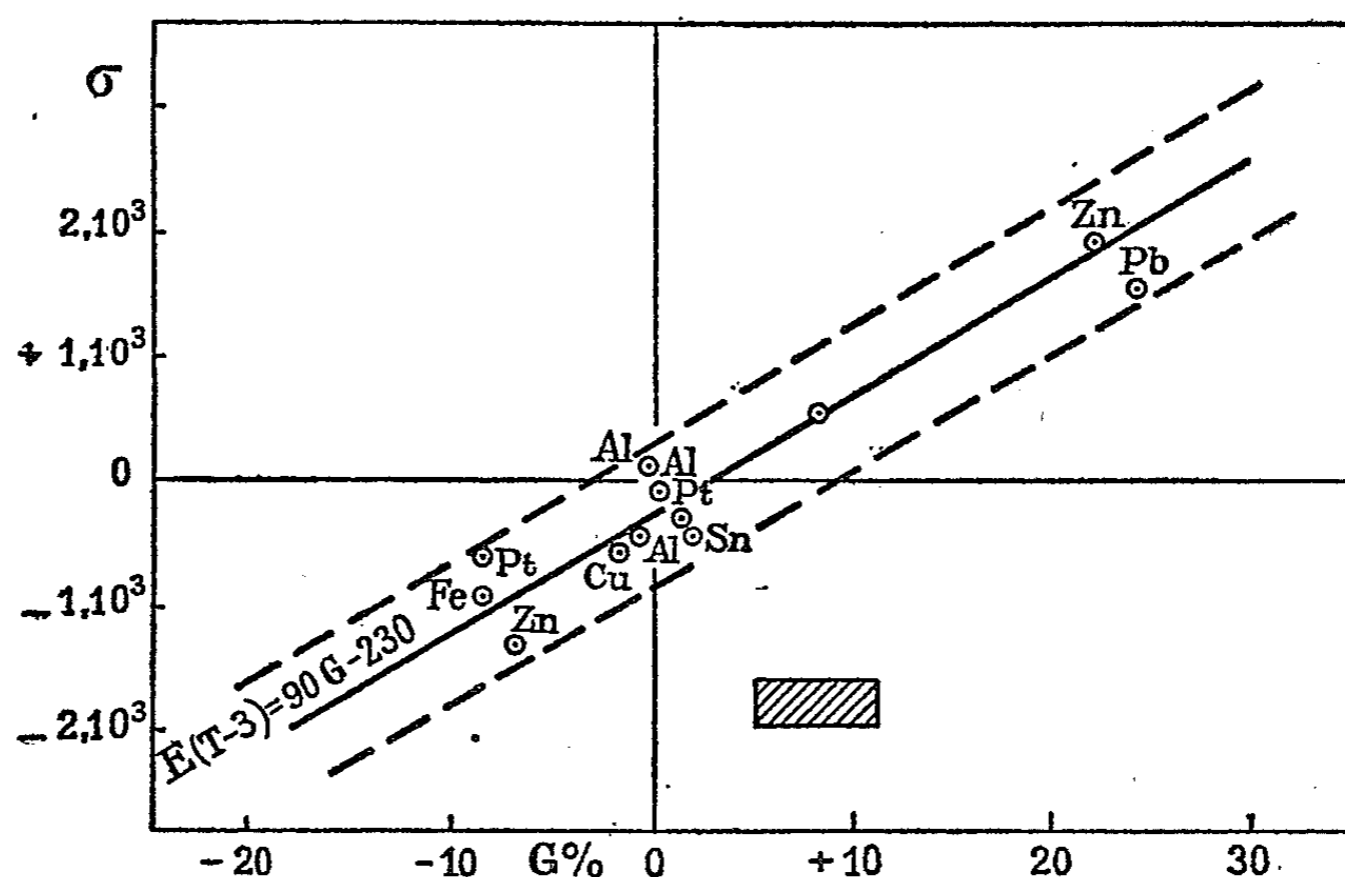


Fig. 15. — Gain relatif  $G$  % de poids frais des plantes isolées par rapport aux plantes au sol (*Lolium*) en fonction du coefficient de circulation efficace  $\sigma$ . En gris, rectangle d'erreur (VLÈS 1930).

de l'ionomètre,  $a$  et  $C$  des constantes dont la dernière est souvent petite et  $M$  une autre constante, déperdition pour laquelle le gain valant  $C$ , serait indifférent à la force électromotrice ; la variable intéressante,  $\sigma = E(T - M)$ , dont le rôle ressortait de cette formule, était dénommée le *coefficient de circulation efficace*, et pouvait représenter un débit d'éléments chargés circulant dans l'atmosphère et fermant le circuit avec la terre. Ce coefficient de circula-

tion efficace, qui s'est montré par la suite la variable importante de l'ensemble de ces problèmes, est actuellement défini par :

$$\sigma = bE\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \quad [2]$$

où  $\lambda$  et  $\lambda_0$  sont deux valeurs de la conductivité atmosphérique au voisinage du système biologique, et  $b$  une constante.

La figure 15 montre l'allure des gains d'eau de plantes isolées en fonction du coefficient de circulation efficace ; *celui-ci se présente comme lié au premier chef à la teneur en eau des plantes* ; suivant la valeur du coefficient de circulation efficace, les plantes isolées peuvent être plus chargées d'eau, ou inversement les plantes au sol plus hydratées ; en première approximation :  $G = A\sigma + C$  (1).

5) **Les conditions de la terre.** — Une deuxième partie des recherches mit en évidence toute une série de données sur le processus de la réaction ; effectivement, il faut se demander si la terre des pots dans lesquels ont poussé les plantes n'a pas acquis des différences de caractéristiques physico-chimiques se répercutant secondairement sur le comportement des végétaux. Une étude minutieuse de la terre des pots isolés ou au sol a montré que les constitutions chimiques de ces deux lots de terre n'évoluent pas d'une façon identique ; les forces électromotrices des électrodes de contact dans la terre varient avec le temps, et se différencient dans les deux conditions. Si le pH des terres n'a que des variations négligeables, il n'en est pas de même pour les équilibres d'oxydo-réduction ; les rH apparents des deux lots de terre évoluent d'une façon très dissemblable : celui du pot isolé baisse considérablement, tandis que dans l'autre pot la mise au sol freine cette baisse du rH. On a été conduit à supposer que la mise au sol, en même temps qu'elle modifie légèrement le débit d'eau d'évaporation, *commande un renouvellement beaucoup plus important d'un système oxydant s'épuisant dans les pots isolés* ; on a supposé, à titre d'hypothèse, qu'une circulation d'oxygène est commandée par le champ électrique.

Une expérience montre bien l'intervention de la terre dans ces phénomènes : 2 pots de terres du même lot sont préparés, pour

(1) Voir p. 28-31. On a :  $\lambda = \lambda_0$  pour  $G = C$ , indépendant de E. D'autre part  $G = 0$  pour  $\sigma = \sigma_0 = \frac{C}{A}$ .



lesquels on réalise, *sans les ensemercer*, la connexion au sol ou l'isolement ; après 10 jours, on supprime la connexion, met les deux pots dans des conditions identiques, et les ensemece ; or les plantules poussent inégalement, celles du pot primitivement isolé étant plus considérables que celles du pot primitivement au sol. Il a donc existé une différence primitive des terres, imprimée par les différences des conditions initiales des pots.

6) *Considérations théoriques.* — Ces expériences sur les Graminées nous ont donc amené en première approximation à diverses notions intéressantes qui vont dominer tous les problèmes analogues :

a) Les phénomènes sont conditionnés par le coefficient de circulation efficace, c'est-à-dire une variable où joue un écart de potentiel par rapport à la terre (dû à la force électromotrice de la chaîne au sol) et la conductivité atmosphérique locale ; il y a un débit d'électricité en jeu, s'établissant au moyen d'une conductance ionique. Ce coefficient n'a pas toujours le même signe.

b) Lié à la conductance ionique, existe un processus d'oxydation, où va être mis en jeu l'oxygène de l'air ; ceci va faire le fonds des influences biologiques et physico-chimiques.

c) Le coefficient de circulation efficace  $\sigma = E \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$ , dont il sera plusieurs fois question par la suite, demande quelques mots de commentaire. Comme nous venons de le voir, il s'est introduit empiriquement, de façon à faire apparaître une relation linéaire aux dépens du phénomène biologique envisagé (cf. fig. 15, 24 D). Le quotient  $\frac{E}{\lambda}$  qui en est la variable fondamentale, a les dimensions de :

$$\underbrace{\left( L^{\frac{3}{2}} \times M^{\frac{1}{2}} \times T^{-2} \right)}_{\text{F. E. M.}} \underbrace{\left( L^2 \times T^{-1} \right)}_{\text{Résistivité}} = L^{\frac{7}{2}} \times M^2 \times T^{-3}.$$

Cette dimension peut être décomposée en :

$$\left( L^{\frac{1}{2}} \times M^{\frac{1}{2}} \times T^{-2} \right) \left( L^3 \times T^{-1} \right)$$

c'est-à-dire le produit d'un champ (en unités électromagnétiques)

par un débit (en volume) ; ou en  $\left( L^{\frac{5}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \right) (LT^{-1})$ , produit d'un flux électrique par une résistance.

Il figure donc le mécanisme de la fuite dans lequel le conducteur en déperdition est le siège d'un débit d'éléments chargés, circulant sous l'effet du champ réalisé par la chaîne (fig. 16). On peut d'une manière élémentaire rejoindre cette expression de la façon suivante :

Soit un déperditeur S relié à la terre par une force électromotrice E. Cette force électromotrice doit débiter avec une intensité  $i$  déterminée par les conditions de fuite que permet, sur S, la conductivité atmosphérique  $\lambda$  du voisinage. En supposant que ces condi-

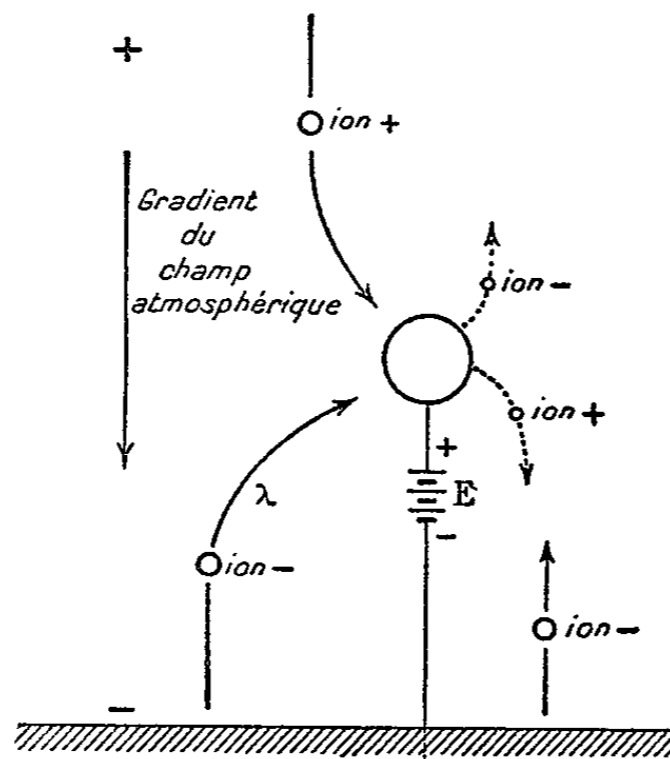


Fig. 16. — Schéma des éléments du coefficient de circulation efficace. E, force électromotrice de la chaîne ;  $\lambda$  conductivité atmosphérique.

tions équivalent à une résistance fictive  $R_e$  (résistance « efficace » de la fuite), on a :

$$E = i R_e.$$

D'autre part la déperdition peut être représentée par une loi de COULOMB où la quantité d'électricité Q persistant à un instant  $t$  est donnée par :

$$Q = Q_0 e^{-kt}$$

c'est-à-dire

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -kQ_0 = -k'.$$

D'après l'expression de SWANN, la constante de déperdition  $k$  est proportionnelle à la conductivité atmosphérique  $\lambda$  ; d'où

$$-k' = a\lambda.$$

Exemples de coefficients de circulation efficace  $\sigma$ 

$$X = A\sigma + C; \sigma = E_{\text{volts}} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

Organisme	Phénomène X	A	$\lambda_0$	C	Valeurs expérimentales pour le calcul d'un exemple numérique				
					E	$\lambda_+$	$\sigma$	X exp.	X calc.
<i>Lolium</i>	Gain de poids frais des plantes isolées sur celles au sol $G_1$ gr %	$53 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	2,55	0,745 (Zn)	$0,85 \cdot 10^{-5}$	$40,9 \cdot 10^3$	+ 22 %	+ 24 %
		$58 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	2,4	0,580 (Fe)	$3,17 \cdot 10^{-5}$	$18,0 \cdot 10^3$	- 7,9 %	- 8,0 %
Enfants	Variation de poids (par 2 jours) $\Delta P$ gr Enfant (au sol) n° 6	$0,72 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	+ 30	0,010	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$0,51 \cdot 10^3$	+ 30 gr	+ 33 gr
		$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	- 25	0,210	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^3$	+ 70 gr	+ 69 gr

D'autre part l'intensité  $i$  est précisément  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ; de sorte que, en substituant on a :

$$R_e = \frac{E}{i} = \frac{E}{a\lambda}$$

Le quotient  $\frac{E}{\lambda}$  est donc la « résistance efficace » réglant le débit de la chaîne par l'atmosphère. Le coefficient  $\sigma$  est une différence de résistance efficace par rapport à un état standard.

$\lambda_0$  est une valeur critique de la conductivité qu'on détermine empiriquement en cherchant diverses conditions pour lesquelles le système biologique au sol n'a ni avantage ni défaut par rapport au système isolé : alors  $\sigma = -\frac{C}{A}$ , et on a deux équations :

$$AE_1\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_0}\right) + C = G; AE_2\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_0}\right) + C = 0$$

dont on tire :

$$\frac{1}{\lambda_0} = \frac{E_1\lambda_2 - E_2\lambda_1 - \frac{G}{A}\lambda_1\lambda_2}{E_1 - E_2}$$

Le tableau p. 30 montre à titre d'exemple quelques éléments du coefficient de circulation efficace (1).

## 2. — Expériences sur *Morus* et *Sinapis* (TIRELLI 1934)

D'intéressantes expériences d'un type analogue ont été récemment reprises par TIRELLI (21) sur le Mûrier (*Morus alba*), *Sinapis alba* (et aussi le Blé). Sur le Mûrier il a retrouvé des différences, parfois considérables, entre des lots isolés et des lots au sol; il a eu le plus souvent des lots isolés de croissance supérieure (en longueur) aux lots au sol, mais il a eu également l'inverse, et a pu observer des lots dans lesquels un avantage précoce des plantules isolées faisait place à un désavantage tardif, ce qui lui a fait émettre l'hypothèse d'une susceptibilité différentielle dépendant de l'âge de la plante. Il est dommage que TIRELLI n'ait pas pu accompagner ses observations de mesure de force électromotrice et de conductivité atmosphérique, de sorte qu'il n'est pas évident que les périodes

(1) Par extension, on a été quelquefois conduit empiriquement à utiliser aussi un coefficient de circulation efficace pour représenter divers processus de systèmes non au sol; E est alors la différence de potentiel mesurée entre le corps et le sol, c'est-à-dire des deux côtés d'une coupure, entre les deux armatures d'un condensateur. Le tableau en donne un exemple.

de ses inversions aient toujours été bien comparables à ces deux points de vue.

Sur le Blé, poussant en boîtes de Pétri, TIRELLI a obtenu une germination plus rapide dans les boîtes isolées, tout au moins au début de l'évolution : dès que la chlorophylle est apparue, les plantules au sol se sont au contraire mieux développées que celles isolées. D'autres expériences ont été faites sur la germination de *Sinapis alba* (23), semée à l'état de graines dans des pots en terre isolés du sol par des suspensions paraffinées, ou connectés au sol ; cette connexion était réalisée par du charbon, pour éviter la réaction entre la terre végétale et des lames métalliques. La germination et le développement des plantules, jusqu'aux adultes, ont été cette fois plus considérables dans les pots connectés au sol (fig. 17, Pl. V) ; par exemple le nombre total de graines produites par les plantes a été de 2.956 dans les pots isolés, et de 4.314 dans les pots au sol. Ces graines des plantes au sol ont d'ailleurs paru montrer un pouvoir germinatif légèrement supérieur à celui des graines des pots isolés.

Il ressort donc à l'heure actuelle des diverses expériences que nous venons de relater, faites dans des conditions et même sous des climats divers, que *des plantules de Phanérogames se comportent de façon différente quand leur substratum est isolé ou quand il est connecté avec le sol.*

### 3. — Bactéries

Il était probable que l'on devait retrouver la trace de pareils phénomènes sur les cultures de Bactéries, dont les conditions spéciales d'observation doivent faciliter l'examen. Nous avons effectivement tenté en 1931 un essai, resté inédit, sur des cultures de Staphylocoque orange en tubes de bouillon. Les schémas (fig. 18) feront facilement comprendre les dispositifs. Les tubes de bouillon pouvaient être directement examinés par mesures opacimétriques (1), permettant de suivre les variations de la quantité de Bactéries. On avait obtenu un optimum de différences entre les tubes au sol et les tubes isolés au bout d'un certain temps de culture (une douzaine d'heures), les diverses cultures se rejoignant à la

---

(1) Opacimètre VLÈS pour cultures bactériennes (JOBIN-YVON).

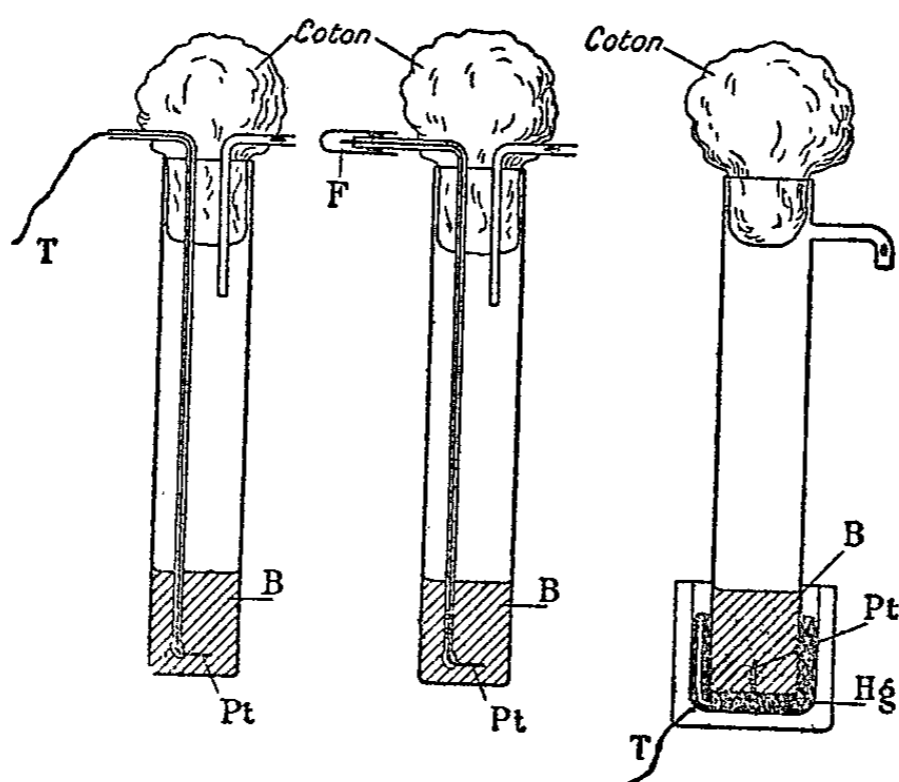


Fig. 18. — Schéma de divers tubes pour la culture des Bactéries reliées au sol ou isolées. Pt, fil de platine; T, prise de terre; B, bouillon; F, fil coupé du témoin; Hg, jonction à mercure.

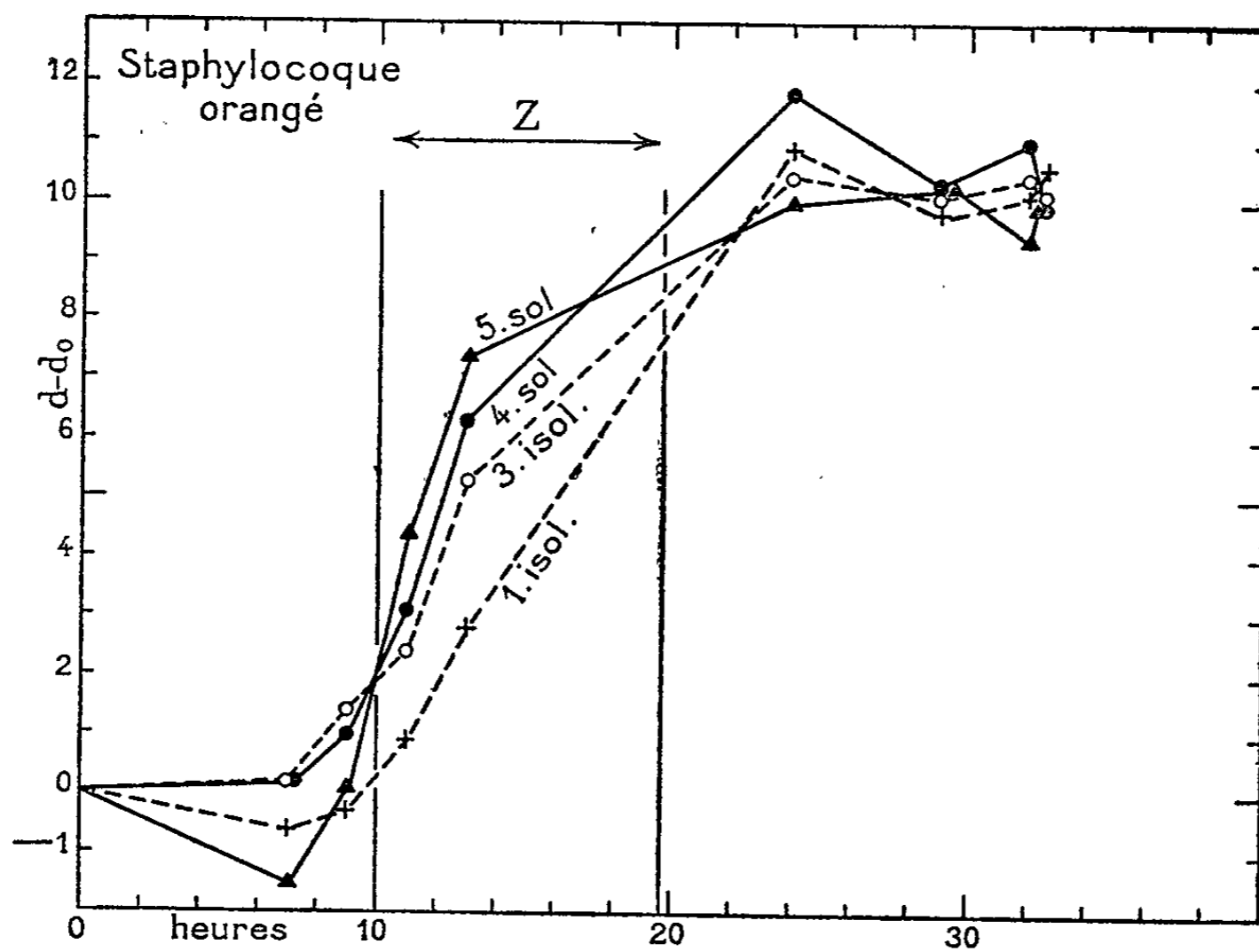


Fig. 19. — Pousse de Staphylocoque orangé dans du bouillon; deux tubes isolés et deux tubes au sol. En ordonnées: mesures opacimétriques de la culture dont on a retranché la valeur initiale ( $d - d_0$ ); abscisses: heures à 37°. Z, zone pendant laquelle les bactéries au sol ont montré un développement plus considérable que les bactéries isolées.

F. VLÈS.

fin, à la façon de courbes de saturation (fig. 19). Ces expériences, pour des raisons indépendantes, ne furent pas poursuivies.

Postérieurement TCHIJEVSKY (20) annonça quelques essais montrant des différences sur des cultures isolées du sol ou connectées à lui, mais en présence d'une ionisation artificielle de l'atmosphère, de sorte que le problème n'est pas exactement le même.

Dans un travail tout à fait récent, ARLOING, THÉVENOT et VIALIER (1b) ont tenté l'influence de l'isolement et de la mise au sol sur les cultures de microorganismes placés en étuve. Le contact était fait dans le bouillon par un fil de nickel chromé, et on appréciait le développement des germes par comparaison opacimétrique. Les Bactéries utilisées ont été le diphtérique, le typhique, le colibacille, le pneumobacille, le staphylocoque ; et aussi des anaérobies comme le vibrion septique. Le képhyr et la levure de bière ont été également examinés. La comparaison des souches isolées ou au sol a montré des résultats différents suivant le microorganisme : pour le diphtérique, l'isolé était pendant les 15 premiers jours plus riche que le connecté, la différence s'inversant ensuite ; pour le typhique et le staphylocoque, les 8 premiers jours étaient à l'avantage de la culture isolée, puis les deux lots s'égalisaient. Le colibacille et le pneumobacille n'ont pas donné de différences. Le vibrion septique n'a montré aucune influence. Le képhyr a eu un léger excès dans les tubes isolés. La levure de bière a donné entre le sixième et le treizième jour une fermentation plus active dans les tubes connectés. Il y a donc, outre des différences qui paraissent spécifiques d'un microorganisme à l'autre, une variation de propriétés pour un même microorganisme. Mais il n'a pas été tenu compte ici de deux facteurs qui ne sont pas identiques avec l'espèce bactérienne et évoluent avec l'âge de la culture : les conditions d'ionisation de l'air, qui sont celles, non pas réalisées *autour* des tubes de culture, mais *dans* l'atmosphère interne même de ceux-ci, au niveau des échanges avec le bouillon ; et surtout la force électromotrice au contact de l'électrode métallique : on sait que l'évolution des cultures impose au bouillon des variations de  $pH$  et de  $rH$  qui changent complètement ces conditions de l'expérience ; l'origine des différences de comportement est peut-être là. Les recherches sont donc à préciser sur ce point.

Il y a donc pour le moment un ensemble de recherches à pour-



suivre sur les Bactéries ; nul doute que les modalités de ces processus ne donnent des résultats intéressants au point de vue même du métabolisme de ces organismes.

## II. — RECHERCHES SUR LES ANIMAUX

### I. — Œufs et développements embryonnaires

Des influences d'ordre analogue ont pu être entrevues sur les animaux, avec des œufs en développement et des embryons. Nous en avons actuellement trois exemples ; l'un sur l'œuf et la larve d'Oursin (VLÈS, 1931) <sup>(29)</sup>, un autre sur l'œuf de Poule (DE COULON, UGO, 1933) <sup>(4)</sup> ; un dernier sur l'œuf du Ver à soie (TIRELLI, 1936-37) <sup>(23)</sup>.

1) **Œufs d'Oursin.** — Des lots d'œufs d'Oursin en développement ont été placés dans des bocaux d'eau de mer, dont les uns étaient mis à la terre au moyen d'une électrode plongeant dans l'eau et d'un fil métallique, tandis que les autres, pourvus d'une électrode sans connexion, étaient isolés du sol. Les lots d'œufs ont présenté entre eux des inégalités plus ou moins importantes de divers stades (retards de développements, anomalies, cytolyses), visibles surtout au début de l'apparition des larves libres. Ici encore la force électromotrice de la chaîne au sol, c'est-à-dire l'intervention du contact entre l'électrode métallique et la solution, s'est présentée comme un facteur très important, ainsi que la déperdition atmosphérique mesurée à l'ionomètre au voisinage des bocaux. Le coefficient de circulation efficace a été principalement fort dans le cas où les lots au sol étaient avantagés par rapport aux lots isolés, et a présenté au contraire des valeurs faibles, négatives, lorsque les lots isolés étaient avantagés par rapport aux lots au sol (fig. 20-21).

Comme dans le cas des plantes en terre, des modifications physico-chimiques du milieu biologique, c'est-à-dire de l'eau de mer, paraissent découler des conditions électriques différentes ; c'est ainsi que le  $rH$  apparent de l'eau finit par prendre des valeurs assez dissemblables entre les lots isolés et les lots au sol, suivant

d'ailleurs la nature du métal que représente l'électrode <sup>(1)</sup>. Ici encore on peut se demander si les larves d'Oursin n'ont pas été

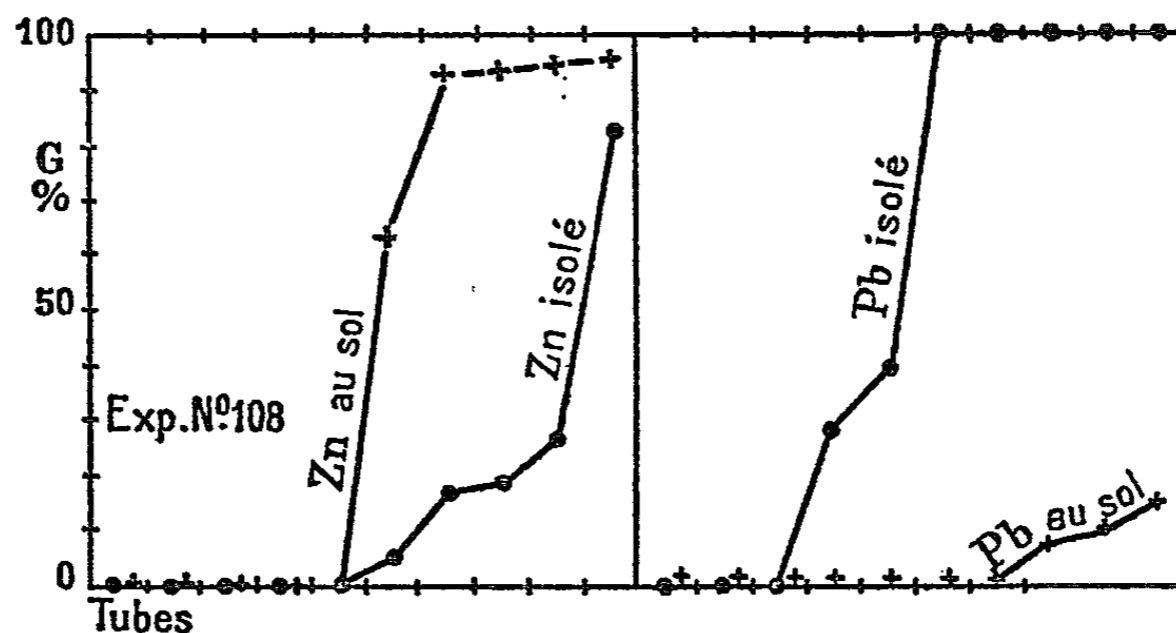


Fig. 20. — Développement de l'œuf d'Oursin. Graphique représentant les pourcents G de gastrules (en ordonnées) ayant apparu dans des récipients au sol ou isolés ; les électrodes sont du Zn (à gauche) et du Pb (à droite). En abscisses : les tubes de lots de larves, rangés par nombre croissant de gastrules (VLÈS 1931).

principalement le réactif délicat d'une expérience qui s'est jouée dans le milieu périphérique.

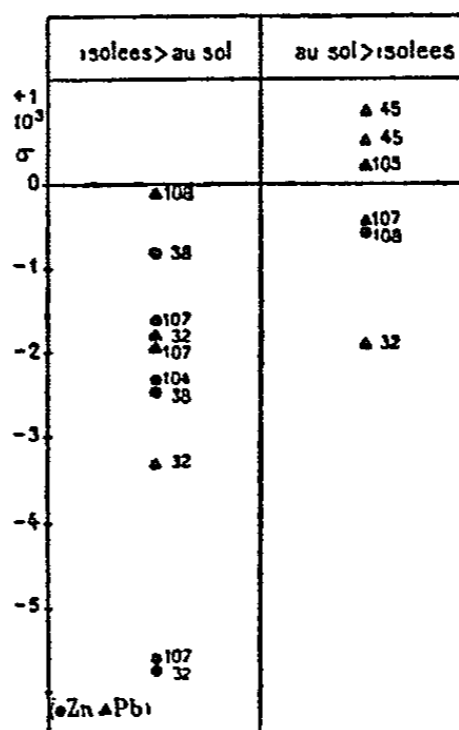


Fig. 21. — Coefficient de circulation efficace (en ordonnées) en relation avec les différences des lots de larves d'Oursin. À gauche : isolés avantagés par rapport aux lots au sol ; à droite : lots au sol avantagés par rapport aux lots isolés (VLÈS 1931).

<sup>(1)</sup> Il n'est pas impossible aussi que la baisse du rH soit due à l'exagération des cytolyses, libérant des substances réductrices.

2) *Œufs de Poule*. — Il est curieux de noter que dans un ouvrage ancien (LAPOSTOLLE, 1820) (8a), l'auteur avait voulu faire une comparaison entre un œuf de Poule en couveuse, mis dans un gobelet en cristal, et un autre œuf dans un gobelet équivalent, mais entouré d'une ficelle qui se prolongeait jusqu'à terre ; il avait assuré que le premier œuf se putréfiait tandis que le second donnait un Poulet. Il est difficile, avec le peu de précisions que donne l'auteur, et l'absence de statistiques, de juger s'il a réellement effectué là une expérience électrique, et s'il a bien réalisé une mise au sol par l'intermédiaire de sa ficelle, ou si son expérience n'a pas été de nature complètement différente : si la ficelle n'a pas servi seulement de siphon pour éliminer du gobelet de cristal l'acide carbonique qui devait s'y accumuler par la respiration de l'œuf.

DE COULON et UGO (1933), mettant à incuber dans des couveuses des œufs de Poule placés sur paraffine, ou sur lamelles métalliques reliées à la terre, ont, dans un travail préliminaire (4), obtenu des inégalités de temps d'incubation, plus long en moyenne de 1 à 2 jours dans les œufs isolés que dans les témoins de conditions normales, et plus court également de 1 à 2 jours dans les œufs au sol. Ici donc comme pour l'œuf d'Oursin, le dispositif au sol semble exciter le métabolisme de l'œuf.

3) *Œufs de Ver à soie*. — Une série d'expériences fort intéressantes ont été faites par TIRELLI (22, 23, 24) sur les élevages de Vers à soie de la Station séricicole de Padoue. Les observations ont porté d'une part sur le développement même des œufs suivant qu'ils étaient isolés ou au sol, et d'autre part sur la durée et le comportement de la métamorphose dans les deux mêmes conditions. Les œufs étaient disposés dans des boîtes métalliques et mélangés avec de la limaille de métal pour mieux assurer le contact.

Dans tous les cas les œufs d'un même lot, isolés ou au sol, étaient de la même race et subissaient éventuellement les mêmes traitements (activation par HCl pour les œufs d'hiver, etc.). Les boîtes métalliques étaient disposées dans une incubatrice de bois du type usuel, et isolées par des blocs de paraffine. Dans les œufs isolés, on a noté des conditions un peu plus favorables (6 %) pour le commencement du développement ; par contre la

conduite à terme de ce développement a été moins bonne dans les œufs au sol, et d'ailleurs les œufs isolés, avec un meilleur début, ont eu aussi un nombre moins considérable d'arrêts de développement (œufs « blanchis »). TIRELLI a fait ainsi un grand nombre d'expériences successives, et mis en jeu des milliers d'œufs<sup>(1)</sup>.

Ainsi, dans 17 expériences ayant mis en train 21.841 œufs isolés et 21.634 œufs au sol, en boîtes de laiton, la moyenne des résultats a été :

*Œufs de Vers à soie en boîtes de Laiton*

	Œufs développés jusqu'à l'éclosion	Œufs blanchis (développés mais avortés)	Total des éclos et des blanchis = total des œufs ayant fait le début du développement
Œufs isolés : 21.841 œufs.	33,44 %	20,20 %	53,64 %
Œufs au sol : 21.634 œufs.	27,76 %	22,67 %	50,43 %
Différence relative des %.	+ 17 %	- 12,3 %	+ 6,0 %

La comparaison des divers métaux a montré l'influence du métal de contact, comme on l'avait vu primitivement pour les plantes. Ainsi avec des boîtes de Platine au lieu de Cuivre, on a eu des phénomènes opposés, le pourcentage des œufs avortés (« blanchis ») étant supérieur dans les lots isolés par rapport aux lots au sol, et le pourcentage des œufs éclos supérieur dans les lots au sol.

*Œufs de Vers à soie en boîtes de Platine*

	Œufs développés jusqu'à l'éclosion	Œufs blanchis (développés mais avortés)	Total des éclos et des blanchis = total des œufs ayant fait le début du développement
Œufs isolés : 1.013 œufs.	61,99 %	27,15 %	89,14 %
Œufs au sol : 894 œufs.	66,78 %	25,84 %	92,62 %
Différence relative des %.	- 8,0 %	+ 4,8 %	- 3,9 %

<sup>(1)</sup> La note (*Arch. Phys. biol.*, XIV, n° 1-2, 1937) de Tirelli (23) contient une faute d'impression, que nous rectifions ici d'après les chiffres, et qui rendrait obscure sa phrase de conclusion.

D'autre part les conditions de la vie des chrysalides et des imagos après l'éclosion ont été aussi examinées, les cocons étant placés dans des casiers isolateurs ; on a noté pour chacun des papillons la durée de la vie chrysalidale (intervalle entre la mue chrysalidale et la mue imaginale), ainsi que la durée de vie totale de l'adulte. Les examens étaient faits toutes les deux heures, de sorte que la précision sur l'horaire des mues était considérable. La vie chrysalidale est apparue plus longue de 2,8 % dans les chrysalides isolées que dans celles au sol (188 individus isolés, durée moyenne de la vie chrysalidale : 325 heures ; 182 individus au sol, moyenne de vie : 316 heures). Il en était de même pour la vie imaginale, avec un excès de 8,6 % pour les isolés (160 individus isolés, moyenne de vie imaginale 454 heures ; 152 individus au sol, moyenne de la vie imaginale 415 heures).

Quelques essais ont été faits sur le développement parthénogénétique, pour lequel les différences entre lots isolés ou à la terre sont faibles, et beaucoup moins significatives que pour le développement normal ; mais les nécessités de cette évolution mettent en jeu des conditions de réalisation beaucoup plus difficiles.

Nous croyons devoir résumer dans le tableau ci-dessous l'ensemble des expériences de TIRELLI sur le Ver à soie (le contact de mise au sol étant du Cuivre ou du Laiton). Elles montrent finalement un avantage métabolique petit, mais indéniable, à tous les moments de la vie du Ver, pour les lots isolés.

*Résumé des expériences de Tirelli sur les Vers à soie en boîtes de Laiton*

	Avantage pour	
	Lots isolés	Lots au sol
Début développement.	+ (6 %)	—
Avortement .....	—	+ (12 %)
Jusqu'à l'éclosion ...	+ (17 %)	—
Vie chrysalidale .....	+ (2,8 %)	—
Vie de l'adulte .....	+ (8,6 %)	—

Mais rappelons que dans toutes ces recherches des mesures de conductivité atmosphérique n'ont pas été faites en parallèle ; il ne serait pas impossible qu'en tenant compte du coefficient de circulation efficace on augmentât encore les différences, et qu'on mît même en oeuvre des conditions susceptibles d'aboutir à un rendement intéressant au point de vue des élevages usuels de l'industrie séricicole.

## II. — La croissance des jeunes Mammifères

1. *Les nourrissons humains.* — Une expérience fort importante a pu être réalisée en 1932 sur des nourrissons, connectés au sol ou isolés (VLÈS) (<sup>34</sup>, <sup>35</sup>) (fig. 22, Pl. VII).

A la Clinique infantile du Prof. ROHMER (Strasbourg), une installation fut organisée qui permettait d'isoler des berceaux au moyen de suspensions isolantes ; 6 nourrissons normaux, dont 3 étaient isolés et 3 autres mis au sol par l'intermédiaire d'un galon métallique souple lié au pied, furent observés simultanément pendant 8 jours ; puis pendant 8 autres jours on inversa les connexions, les enfants précédemment isolés étant mis au sol et réciproquement. Ce croisement d'expérience évitait une série de causes d'erreur, comme celles dues par exemple aux inégalités d'âge, d'alimentation, etc., des enfants : *chaque enfant était comparé avec lui-même* pendant les deux périodes successives, et les divers enfants réalisaient les uns par rapport aux autres des combinaisons simultanées de conditions de sens inverse. Ces observations étaient accompagnées de diverses mesures ; en particulier un ionomètre donnait la conductance atmosphérique biquotidienne dans la salle même de la Clinique (fig. 22 *b*, Pl. VI) ; on mesurait d'autre part les capacités des enfants par rapport à la terre, ainsi que les différences de potentiel au niveau de leurs galons.

Dans cette première expérience, qui a correspondu à une conductance atmosphérique assez forte, *les 6 enfants en état d'isolement ont présenté des courbes de croissance en poids dont les pentes générales étaient plus fortes que lors de la connexion au sol* ; ceci se produisant quel que fût l'ordre des opérations, qu'un enfant commençât par être isolé ou au sol (fig. 23).

Une seconde expérience du même type, faite quelques semaines plus tard sur 6 autres enfants, mais coïncidant au contraire avec

une période de faible conductance, donna comme il fallait s'y attendre des résultats plus atténués ou même inversés : cela suffisait à laisser entendre l'intervention du coefficient de circulation efficace tel que nous l'avions défini dans les expériences antérieures.

L'analyse des forces électromotrices des chaînes, faite par mesures au potentiomètre, jointe à l'observation de la conductance atmosphérique, a permis de calculer ce coefficient de circulation

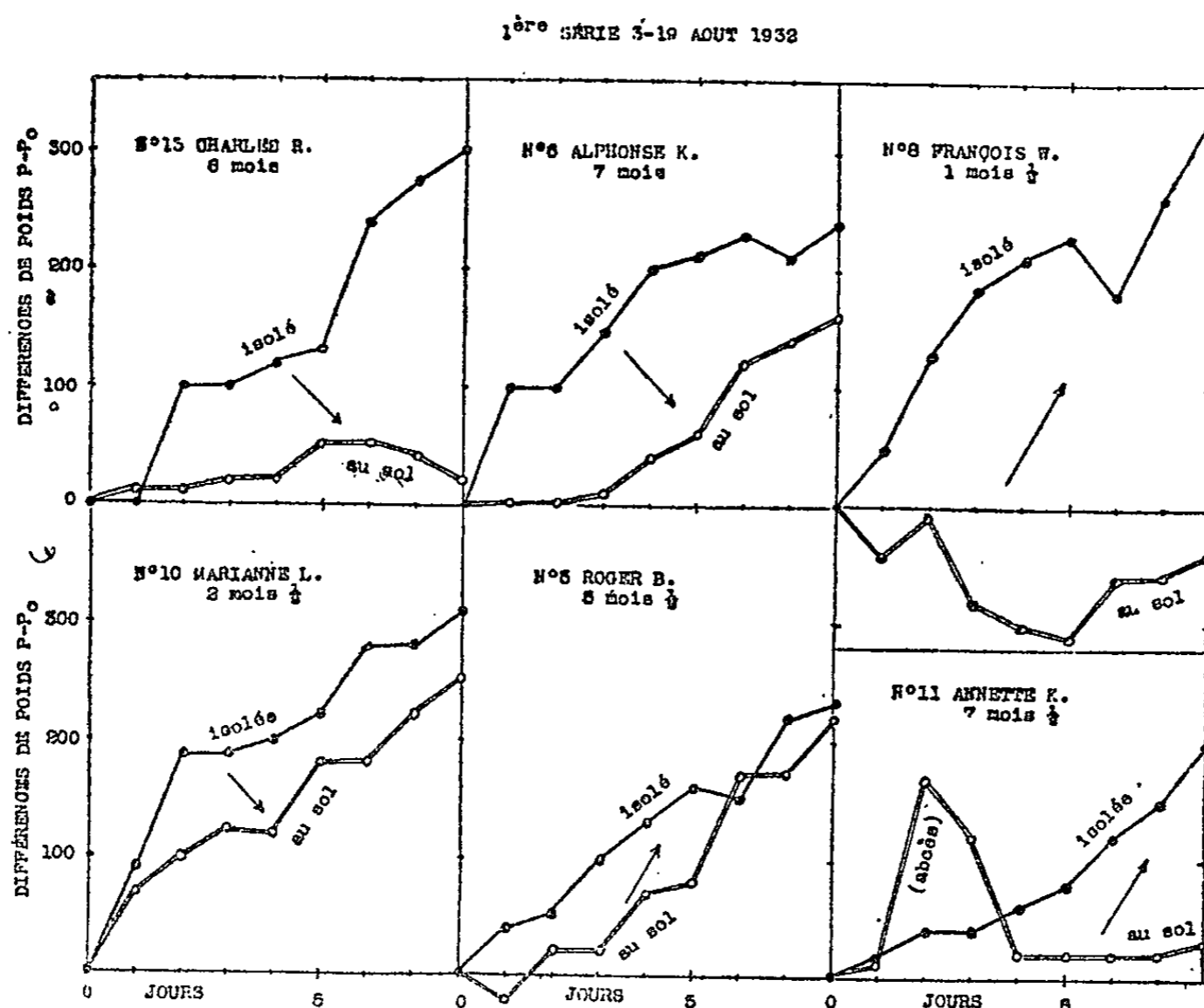


Fig. 23. — Graphique des évolutions de poids de 6 nourrissons dont chacun est successivement connecté au sol et isolé. Les flèches indiquent l'ordre de succession des deux états (VLÈS 1933).

efficace. Les courbes biquotidiennes de cette variable ont montré un parallélisme tout à fait curieux avec les courbes des dérivées de poids des enfants, les maxima ou les minima des unes et des autres étant distantes au plus de l'ordre d'un jour. Ces données ont conduit à étudier systématiquement la fonction  $\sigma = F(\Delta P)$ , c'est-à-dire la relation entre le coefficient de circulation efficace et la dérivée de poids des nourrissons (fig. 24). Pour certains enfants on a obtenu des points représentatifs alignés dans une zone rectiligne serrée, correspondant approximativement à une expression

$\Delta P = A\sigma + B$  ; les conditions de cette relation, c'est-à-dire les constantes A et B, paraissant dépendre d'abord de l'individu, et

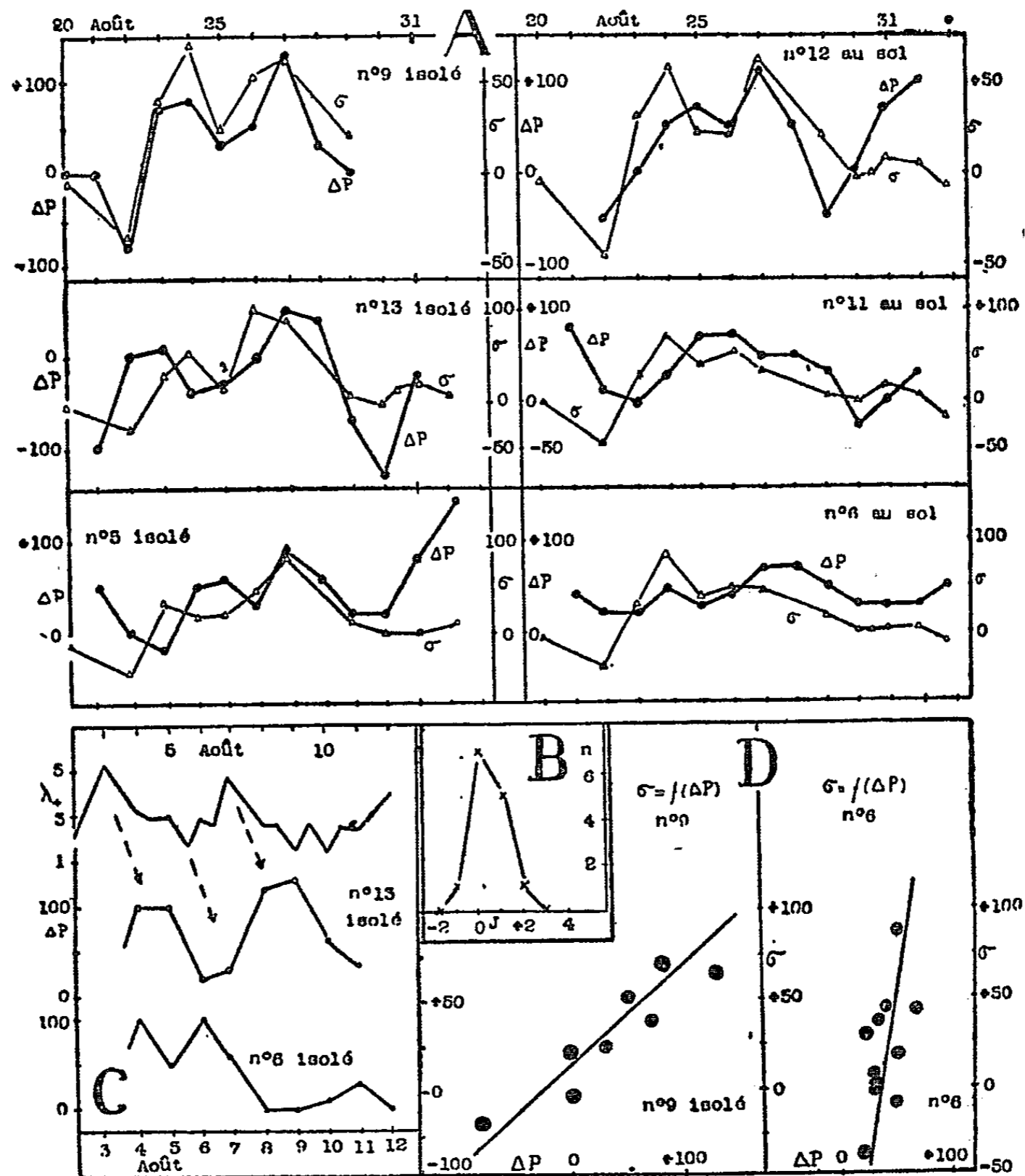


Fig. 24. — A : graphiques superposés des dérivées de poids  $\Delta P$  et des coefficients de circulation efficace  $\sigma$  pour 6 nourrissons isolés ou au sol ; B : polygone de fréquence des jours de retard des maxima de  $\Delta P$  sur les maxima de  $\sigma$  ; C : comparaison d'une courbe de conductance  $\lambda$  avec deux graphiques de  $\Delta P$  dont l'un cadre avec retard (n° 13) et dont l'autre ne cadre pas (n° 6) ; D : dérivée des poids  $\Delta P$  en fonction du coefficient de circulation efficace  $\sigma$ , pour deux enfants, l'un isolé (n° 9), l'autre au sol (n° 6) (VLÈS 1933).

ensuite des conditions extérieures générales ou particulières réalisées pour celui-ci : l'alimentation, la mise au sol ou l'isolement.

Il peut paraître singulier de voir des relations aussi étroites



entre des facteurs purement électriques et des données représentatives du métabolisme général des nourrissons, s'extraire ainsi hors de toutes les données individuelles qui paraissent devoir toucher ce métabolisme. Mais, comme nous le verrons plus loin pour l'Homme adulte, les forces électromotrices cutanées que l'on touche dans cette opération sont en réalité liées par des relations très étroites aux variations du métabolisme basal ; de sorte qu'on introduit d'emblée dans l'équation du coefficient de circulation

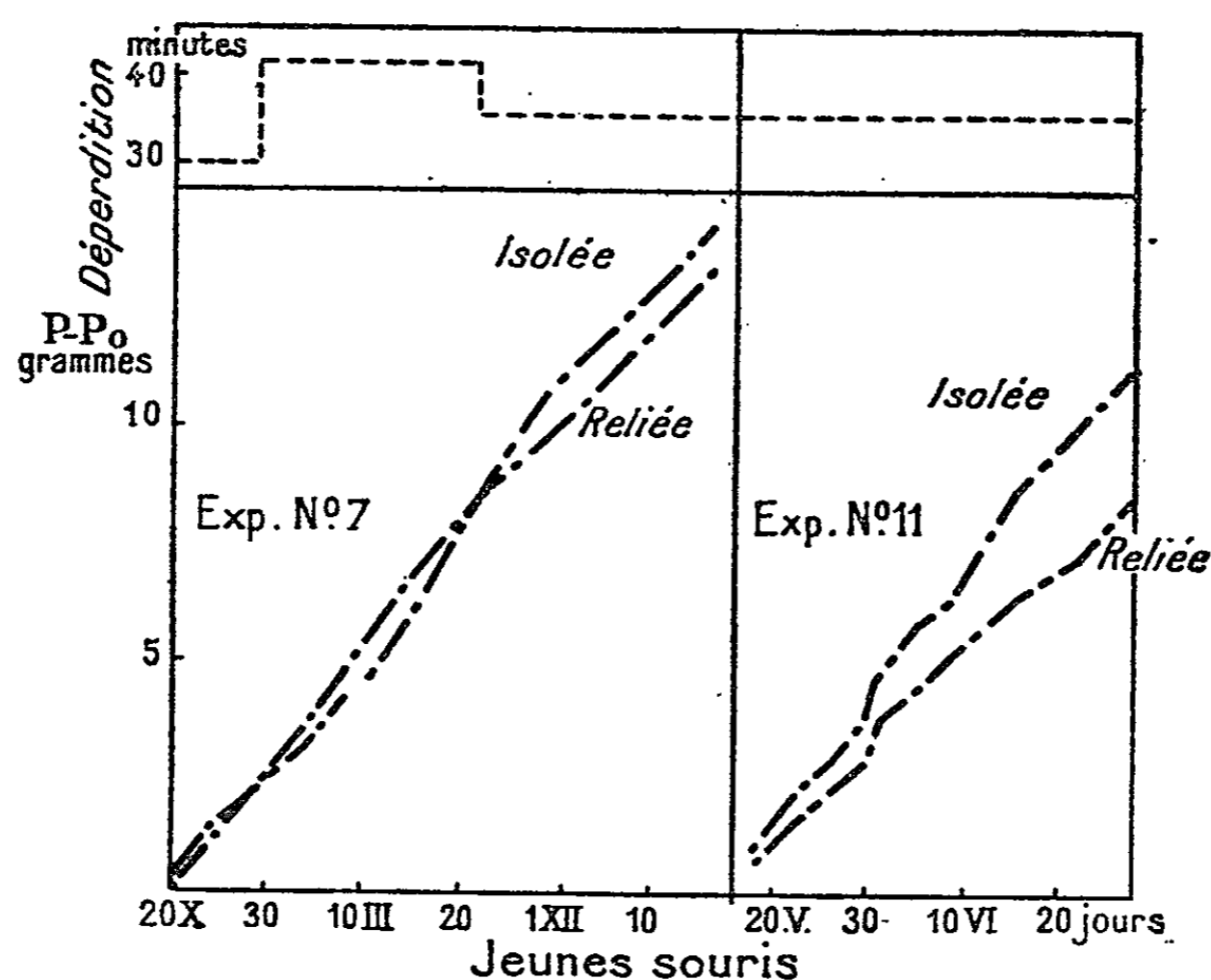


Fig. 25. — Croissance en poids de portées de Souris dont les unes sont isolées et les autres reliées au sol. *En haut* : déperdition de l'ionomètre (inverse de la conductance atmosphérique) ; on remarquera l'inversion des courbes de poids dans l'expérience n° 7, pendant la période de forte déperdition, c'est-à-dire de forte conductance (DE COULON et UGO, 1933).

efficace tout un ensemble de variables des modifications du métabolisme qui auraient pu paraître au premier abord tout à fait indépendantes d'une mesure électrique.

Ces expériences ont été par la suite reprises, amplifiées, et étendues au cas de nourrissons pathologiques (voir plus loin : ROHMER, VLÈS, GROSSMANN, SCHNEEGANS (16)).

2. *Évolution des souriceaux.* — Une application de ces données a été cherchée par DE COULON et UGO (5), au cas des

nourrissons de Souris pour lesquels le problème technique se pose d'une façon plus simple, puisque l'on peut peser la portée totale de la Souris sur une balance de précision. Là encore l'expérience a montré des différences entre les portées isolées et les portées reliées au sol, différences tenant compte de la conductance atmosphérique (fig. 25) : pour les faibles conductances, les souriceaux au sol ont eu des augmentations de poids supérieures aux isolés, et inversement dans les cas de fortes conductances les isolés ont dépassé les souriceaux au sol. Ces expériences paraissent donc nous montrer la généralité du phénomène, qui s'applique vraisemblablement à tous les jeunes Mammifères.

3. *Croissance des Rats.* — Dans un travail récent, A. E. Roffo <sup>(14)</sup> a donné les résultats d'une étude des variations de poids

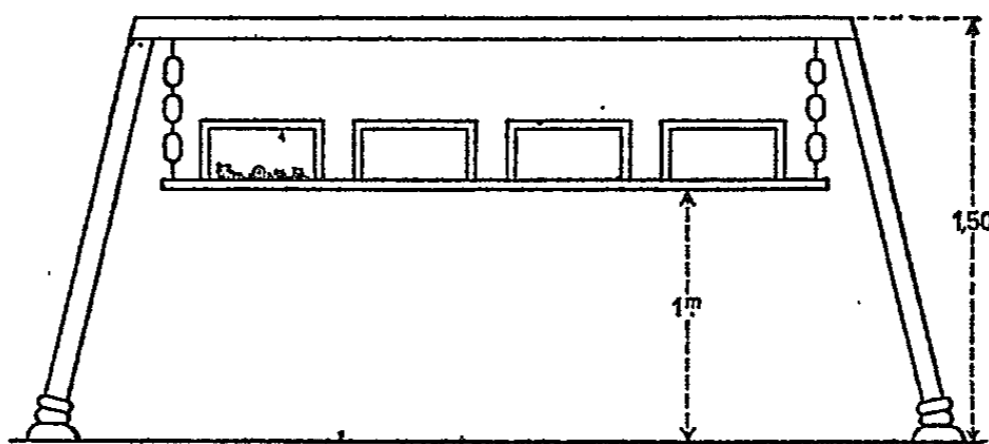


Fig. 26. — Schéma du dispositif de A. E. Roffo pour l'étude de la croissance du Rat isolé (A. E. Roffo 1938).

du Rat blanc pendant sa croissance, suivant l'état d'isolement ou de connexion à la terre. L'auteur a pris des rates gravides, et es a installées dans des boîtes en bois isolées par des suspensions coupées d'isolateurs en porcelaine (fig. 26). Les témoins au sol étaient dans des boîtes en bois à fond de zinc (1), celui-ci connecté à la terre. On est parti pour chaque cage de trois rates pesant environ 300 grammes chacune. On pesait tous les trois jours les femelles et leurs portées ; la balance et l'opérateur effectuant les pesées étaient éventuellement eux-mêmes isolés, au moins d'une façon relative. Les expériences ont été continuées 3 mois 1/2 après la naissance des jeunes. Les chiffres et les graphiques montrent *des*

(1) Les isolées n'avaient pas de fond de zinc, ce qui modifie les conditions de symétrie de l'expérience.

*différences notables entre le poids des Rats isolés ou connectés, les premiers étant supérieurs* (fig. 27). Nous extrayons des divers tableaux de ROFFO, à titre d'exemple, les chiffres du tableau p. 47 (1).

Si les poids absolus des portées se groupent avec des différences plus ou moins importantes, il n'en est pas de même lorsqu'on exprime le poids de la portée par rapport au poids de la mère ; dans ce cas les courbes n'ont que des différences minimales. Il est juste de faire remarquer qu'ici encore nous ignorons comment a joué l'ionisation atmosphérique, qui n'a pas été mesurée en parallèle ; cependant l'auteur a pensé vérifier le rôle du champ électrique atmosphérique en faisant une expérience-contrôle où des rats étaient enfermés dans une cage de FARADAY (fig. 28), cage de bois entièrement enveloppée par l'extérieur dans une chappe de zinc connectée à la terre. Les animaux étaient par conséquent suffisamment blindés contre toute action électrique extérieure du type d'un champ électromagnétique ou électrostatique ; en réalité le dispositif de ROFFO demande une analyse précise : il est évident que si les animaux sont hors du champ, les ions atmosphériques leur arrivent tout de même puisqu'ils ne sont pas en vase clos, et que l'air n'est pas désionisé ; contrairement à l'opinion de l'auteur, les Rats en question se comportent, non comme s'ils étaient à une altitude élevée dans l'atmosphère et complètement isolés du sol, mais reliés à celui-ci par l'intermédiaire d'une capacité ; c'est-à-dire que, quoique placés à la hauteur de 1 mètre dans l'atmosphère et en apparence isolés, ils doivent se rapprocher du cas de nos animaux au sol.

Effectivement les chiffres et les graphiques de l'auteur ne montrent pas de différences entre le développement des animaux mis dans une telle cage de FARADAY et celui des animaux témoins au sol. L'auteur en conclut que les variations observées dans les expériences précédentes sont donc produites exclusivement par des actions externes, dépendant du champ électrostatique atmosphérique ; nous ajouterons : et commandées par le type des conditions électriques réalisées.

---

(1) Nous avons jugé inutile de reproduire la troisième décimale des poids ; d'autre part la dernière colonne (différences %) est introduite par nous pour la comparaison.

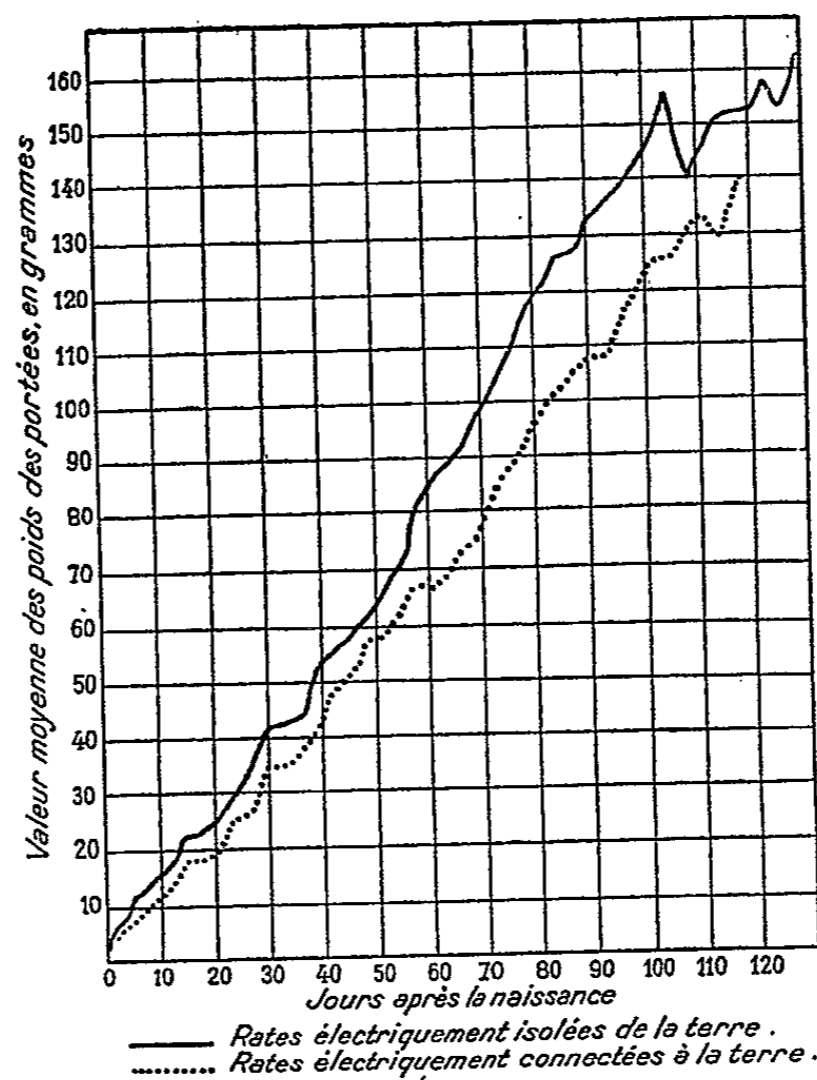


Fig. 27. — Courbes moyennes de la croissance de Rats isolés ou des Rats connectés au sol (A. E. Roffo 1938).

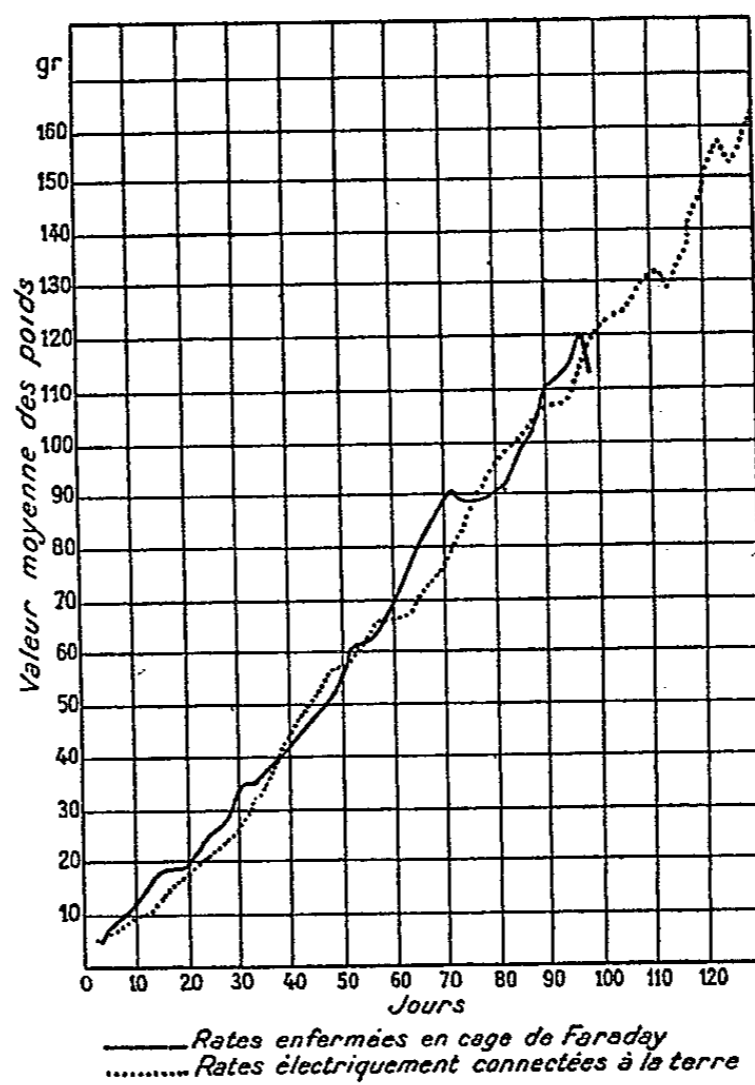


Fig. 28. — Croissance des portées de Rats électriquement connectés à la terre ou enfermés en cage de Faraday (A. E. Roffo 1938).

*Poids des Rats en croissance, isolés ou au sol (d'après les chiffres de A. E. ROFFO)*

Jours	Isolés			Moyenne	Au sol				Moyenne	Ordre % des différences des moyennes au profit des isolés	
	exp. 1	2	3		exp. 4	5	6	7			8
15	18,89	21,68	20,70	20,00	20,00	13,90	17,81	20,65	18,43	18 %	
30	33,85	40,00	44,25	42,75	29,32	37,00	25,58	30,00	36,00	17 %	
60	70,00	91,82	95,13	78,75	80,00	58,99	64,51	71,00	68,65	20 %	
90	114,00	139,21	146,61	112,50	130,00	93,99	99,49	110,00	108,20	19 %	
111	124,22	155,82	160,30	—	—	125,00	130,00	154,00	133,00	10 %	

## III. — PROCESSUS PATHOLOGIQUES

Les processus pathologiques étudiés en rapport avec la mise au sol ont été presque exclusivement relatifs à l'évolution du cancer expérimental ou spontané, pour lequel ils ont présenté d'ailleurs un intérêt pratique et théorique expliquant l'attention que les auteurs ont portée à leur mise en œuvre. Accessoirement quelques indications pathologiques de natures diverses sont signalées ; nous nous contenterons de les résumer pour mémoire.

## A. — Le cancer expérimental ; le cancer spontané.

Dès les premières expériences qui avaient montré l'intervention de la mise au sol ou de l'isolement sur le métabolisme des organismes

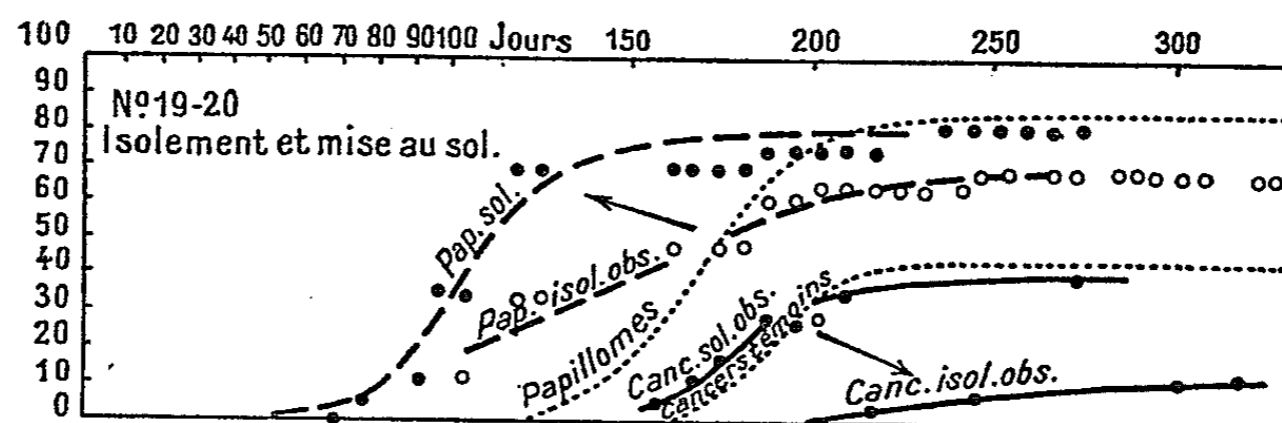


Fig. 29. — Statistiques d'apparition des papillomes et des cancers de goudron dans des élevages isolés ou au sol. *Abscisses* : jours depuis le début du goudronnage ; *ordonnées* : pourcentage des cas. Les papillomes du lot au sol sont plus précoces que les papillomes des témoins (.....) ; les papillomes des lots isolés aboutissent à un pourcentage inférieur. Les cancers au sol n'ont guère de différences avec le témoin ; mais les cancers isolés présentent un amortissement considérable (VLÈS, DE COULON et UGO 1931).

normaux, une série d'essais ont été faits (VLÈS, DE COULON, UGO, 1930-1936) pour rechercher l'intervention de ces mêmes facteurs dans la susceptibilité des organismes au cancer. Ainsi un essai d'infection de Géraniums avec du *Bacillus tumefaciens* en 1929 (VLÈS, DE COULON) <sup>(41)</sup> avait donné un plus grand nombre de cas de tumeurs apparues sur les plantes au sol (8 sur 26) que sur les plantes isolées (2 douteux sur 27). D'autre part, avec la Souris, une série de données statistiques sur le cancer de goudron

avait à plusieurs reprises (<sup>41</sup>, <sup>50</sup>, <sup>51</sup>) montré une inégalité d'apparition des cancers entre les lots isolés et au sol (fig. 29). A la suite des premiers essais fut entreprise une expérience de longue durée et de grande envergure dans laquelle fut mis en jeu, non plus du cancer expérimentalement provoqué, mais du cancer spontané. Cette longue expérience, qui s'est poursuivie à partir de 1931 pendant 5 ans, (<sup>42</sup>, <sup>43</sup>, <sup>44</sup>, <sup>45</sup>, <sup>48</sup>, <sup>49</sup>, <sup>52</sup>), a mis en évidence dans l'élevage de Souris de Lausanne ce fait curieux que si l'on met des lots de Souris saines, les unes sur des supports isolés, et les autres en connexion avec le sol (fig. 30, Pl. VIII), sans aucune espèce d'autre action expérimentale, *les cancers spontanés apparaissent en nombre inégal dans les deux lots*. Dans l'élevage ainsi mi-partie au sol et mi-partie isolé, il y a eu au cours des quatre premières années une mise en jeu de 6.500 Souris femelles dans des cages reliées au sol, et 2.000 dans les cages isolées (<sup>1</sup>) ; dans le même intervalle (de 1931 jusqu'en janvier 1935), il est apparu au total 206 cas de cancers (et 250 jusqu'en mai 1935). Du fait de l'inégalité des populations, la comparaison entre les lots au sol et les lots isolés ne peut pas se faire par des chiffres bruts : On doit exprimer des rapports, soit les *cas de tumeurs en pourcent des individus* ; soit le *nombre de cancers par cage et par mois* ; la difficulté technique de pareilles expériences résulte de ce que, dans une population flottante qui vit d'une façon continue pendant plusieurs années dans un lot de cages, il est difficile de faire un dénombrement statistique exact du total des individus qui naissent, passent, et meurent, et il faut employer des recoupages numériques par plusieurs modes de représentation.

Le tableau ci-dessous (<sup>48</sup>, <sup>49</sup>) donne le bilan au 1<sup>er</sup> janvier 1935 (soit après 4 ans) de la population des cages et des cancers qui y ont été repérés. On y verra qu'en estimant le nombre de *cas de tumeurs pour cent individus*, le rapport des cages au sol par rapport aux cages isolées est de 2,3 ; et en estimant le *nombre moyen de cancers par mois et par cage* le rapport entre les cages au sol

---

(<sup>1</sup>) La population des cages au sol avait été, pour des raisons techniques, rendue systématiquement beaucoup plus considérable que celle des lots isolés : on avait en effet utilisé l'apparition plus grande des tumeurs dans les lots au sol pour la production systématique des tumeurs spontanées destinées à alimenter des recherches expérimentales.

et les cages isolées est de 2,7. Avec l'approximation de pareilles estimations, on doit considérer que ces chiffres sont d'accord.

	Cages au sol	Cages isolées	Rapports sol /isolés
Nombre approximatif de femelles, 1931-1935 .....	6.500	2.000	des individus : $\frac{3,2}{1}$
Cas bruts de tumeurs observés .	182	24	des tumeurs : $\frac{7,6}{1}$
Cas de tumeurs % individus ...	2,8	1,2	des % : $\frac{2,3}{1}$
Nombre moyen de cancers par mois et par cages			
} au sol ....	0,041	—	des moyennes : $\frac{2,7}{1}$
} isolés (1) ..	—	0,015	

(1) (Calculé pour une population approximativement moitié de celle du lot au sol)

On voit donc que, grossièrement, le processus était, en 1935, et après 4 ans d'évolution, stabilisé sur une inégalité d'apparition de cancers spontanés telle que *les lots au sol avaient eu deux fois et demie plus de cancers que les lots isolés*.

Si l'on discute le détail des faits inclus dans ce bilan total, on constate d'ailleurs que l'évolution a été inégale : la différence était plus grande au début qu'après 4 ans ; d'autre part les évolutions mensuelles ont été aussi inégales, certains mois s'étant caractérisés par l'apparition de plus de cancers dans les lots isolés que dans les lots au sol ; mais ce phénomène se raccorde à ceux que nous avons vus dans l'ensemble des actions biologiques, et est lié à la conductance atmosphérique  $\lambda$ , ainsi qu'à la différence de potentiel  $E$  réalisée entre la cage et le sol (les deux variables étant groupées dans le coefficient de circulation efficace  $\sigma$ ). A certaines périodes où la conductivité atteint des valeurs extrêmes, le coefficient de circulation efficace  $\sigma$  est comme l'on sait capable de changer de signe.

1. *Influence du coefficient de circulation efficace.* — La conductance atmosphérique ayant été mesurée à l'ionomètre dans les salles mêmes où étaient les cages et les différences de potentiel cage-sol approximativement évaluées, si l'on analyse par



les procédés statistiques mathématiques les nombres bruts de cancers au sol observés en fonction du coefficient de circulation efficace, on constate qu'il y a eu un maximum de cancers pour une zone déterminée des valeurs de ce coefficient de circulation efficace  $\sigma$ , dans les régions des valeurs négatives de celui-ci (fig 31).

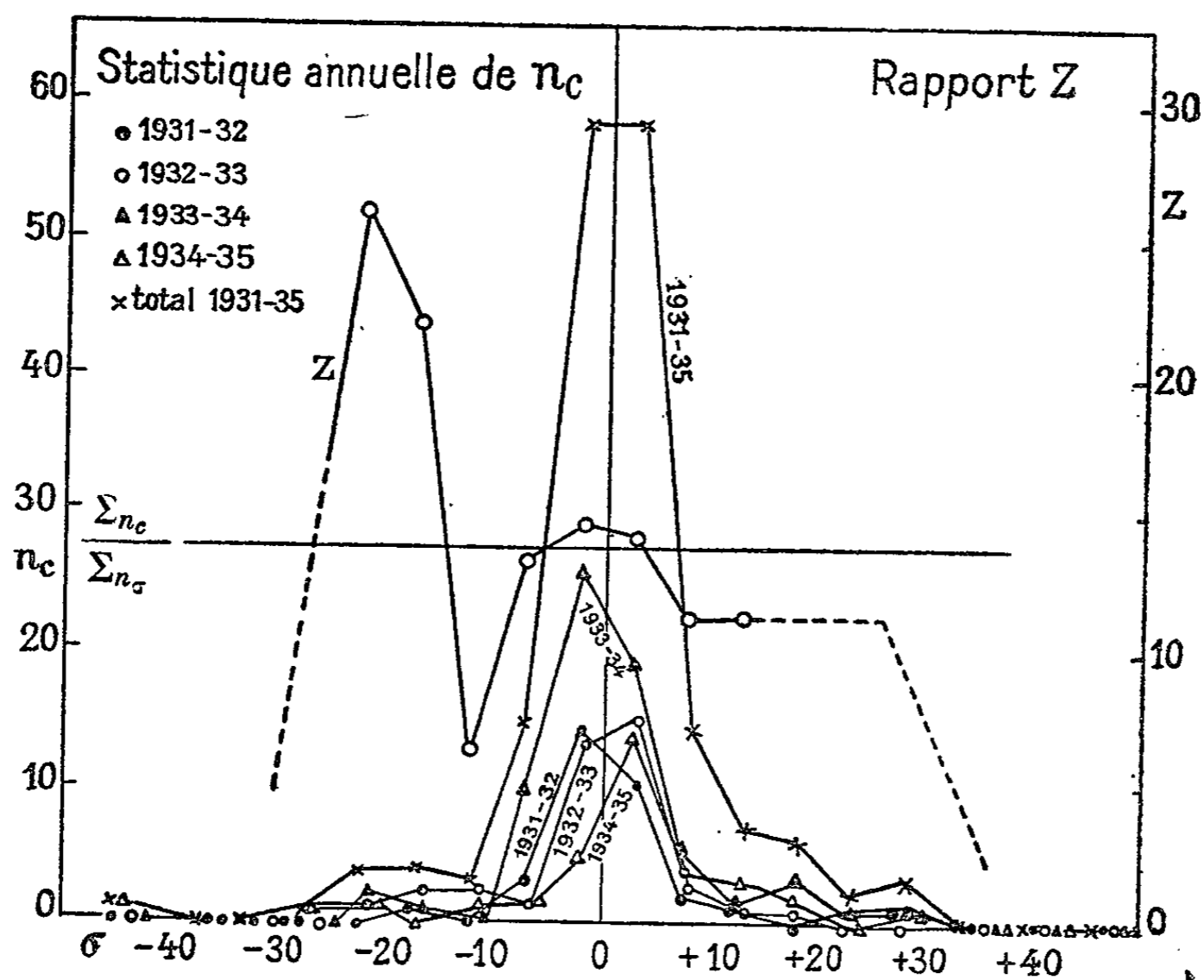


Fig. 31. — Statistique des cancers observés, année par année, en fonction du coefficient de circulation efficace  $\sigma$ , dans l'élevage de Lausanne  $n_c$  (ordonnées de gauche) nombre total brut de cancers ; le maximum du polygone de fréquence est sur  $\sigma = 0$ . Mais dans le rapport  $Z$  (ordonnées de droite) du nombre total de cancers  $n_c$  au nombre  $n_\sigma$  de valeurs présentes du coefficient de circulation efficace, le maximum corrigé est fortement décalé vers les valeurs négatives de  $\sigma$  (VLÈS et de COULON 1936).

Dans les périodes les plus fréquentes, les valeurs négatives de  $\sigma$  sont représentées par des conditions où le terme de conductance atmosphérique  $\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$  est lui-même négatif, et où par conséquent les différences de potentiel  $E$  sont positives ; mais on doit trouver des résultats comparables dans les périodes où  $\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$  est positif, c'est-à-dire où  $\lambda$  est plus petit que  $\lambda_0$ , mais avec des différences de potentiel  $E$  négatives ; effectivement dans l'espace de

4 ans, ces dernières conditions, quoique météorologiquement beaucoup plus rares, se sont trouvées cependant quelquefois représentées, et leurs résultats confirment l'hypothèse : il y a eu également dans les lots au sol pendant ces périodes plus de cancers dans les lots à E négatif (41).

**2. Influence de la différence de potentiel cage-terre. —**

D'autre part l'on a tenté de jouer avec le coefficient de circulation efficace par la variable des différences de potentiel, en donnant à celles-ci des valeurs arbitraires données. Pour cela on a garni les cages de planchers de métaux divers, et d'autre part on a introduit entre le plancher métallique et la prise de terre une différence de potentiel connue, comme une batterie d'accumulateurs, elle-même placée sur dispositif isolé (45, 46, 47, 49). (fig. 30, Pl. VIII).

19 lots de 6 ou 7 cages chacun ont été réalisés avec des fonds de substances diverses (zinc, cuivre, charbon, plomb, etc.), reliés à des différences de potentiel grossièrement échelonnées entre  $-4^v$  et  $+4^v$ . Si l'on examine pour chacun des lots de cages les chiffres moyens de cancers par mois pendant les premières années, il est impossible de ne pas constater que pour une même nature de fonds de cage ce nombre moyen de cancers croît quand la différence de potentiel s'élève (49) (fig. 32).

Cette expérience fort importante indique donc que des conditions optima pour augmenter la cancérisation ont été réalisées dans l'élevage de Lausanne lorsque la chaîne au sol des cages travaillait en parallèle avec le champ terrestre ; ou bien inversement, car nous ne savons pas pour le moment comment choisir entre les deux hypothèses, que les conditions optima pour diminuer la cancérisation ont été en jeu lorsque la chaîne travaillait en opposition avec le champ terrestre. Mais il est indispensable de ne pas perdre de vue que le reste de l'élevage de Lausanne, composé de cages ordinaires dans les conditions banales, sans précautions spéciales pour la mise au sol ou l'isolement, et qui comportait plusieurs milliers de Souris, a présenté pendant les mêmes années extrêmement peu de cancers, beaucoup moins que les chiffres fournis par les meilleurs lots isolés (inférieur à 1 pour 1.000 environ). De sorte que l'hypothèse d'aggravation de la cancérisation par la mise au sol est probablement meilleure que celle de son freinage par isolement.

*Cancers spontanés des Souris au sol (de janvier 1931 à juin 1934) (49).*

E, différences de potentiel entre les cages et le sol ; n, nombres moyens de cancers par mois ; t, nombres de mois pendant lesquels les lots ont été observés. Ces cages étaient placés dans deux locaux différents (A ou B) ; quoiqu'on doive envisager séparément les cages A ou B dans les comparaisons, néanmoins les deux séries sont sensiblement concordantes entre elles. Nous indiquons par (\*) des expériences faites avec 7 cages, dont les nombres ont été, pour la comparaison, ramenés proportionnellement à 6 cages (1).

Zn (-)			Zn (+)			Pb			Cu			C		
E	n	t	E	n	t	E	n	t	E	n	t	E	n	t
V			V			V			V			V		
+ 0,8	0,087*	40 (A)	- 3,5	0,23	35 (A)	- 1,0	0	30 (B)	- 4,0	0,13	23 (A)	- 3,8	0,17	23 (A)
+ 1,0	0,13	30 (B)	- 3,0	0,23	30 (B)	+ 0,3	0,06*	40 (A)	- 0,01	0,27*	40 (A)	- 0,25	0,21*	40 (A)
+ 2,0	0,30	30 (B)	- 2,0	0,27	30 (B)	-	-	-	+ 0,4	0,33	30 (B)	+ 0,30	0,43	30 (B)
+ 2,8	0,37	35 (A)	- 1,5	0,36	30 (B)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	- 1,3	0,34	38 (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) L'existence de 2 branches différentes pour le Zn a été discutée ; il semble que dans la branche négative le Zn doive se comporter comme cation  $Zn^{++}$ , tandis que dans la branche positive, il joue comme oxyde (existence d'un point isopotential).

Il est encore difficile d'analyser le mécanisme profond par lequel, dans cette longue expérience, les conditions électriques ont joué sur l'apparition des cancers spontanés. L'échange ionique avec l'atmosphère, dont le rôle est indéniable par l'intervention du coefficient de circulation efficace, peut en effet intervenir, soit

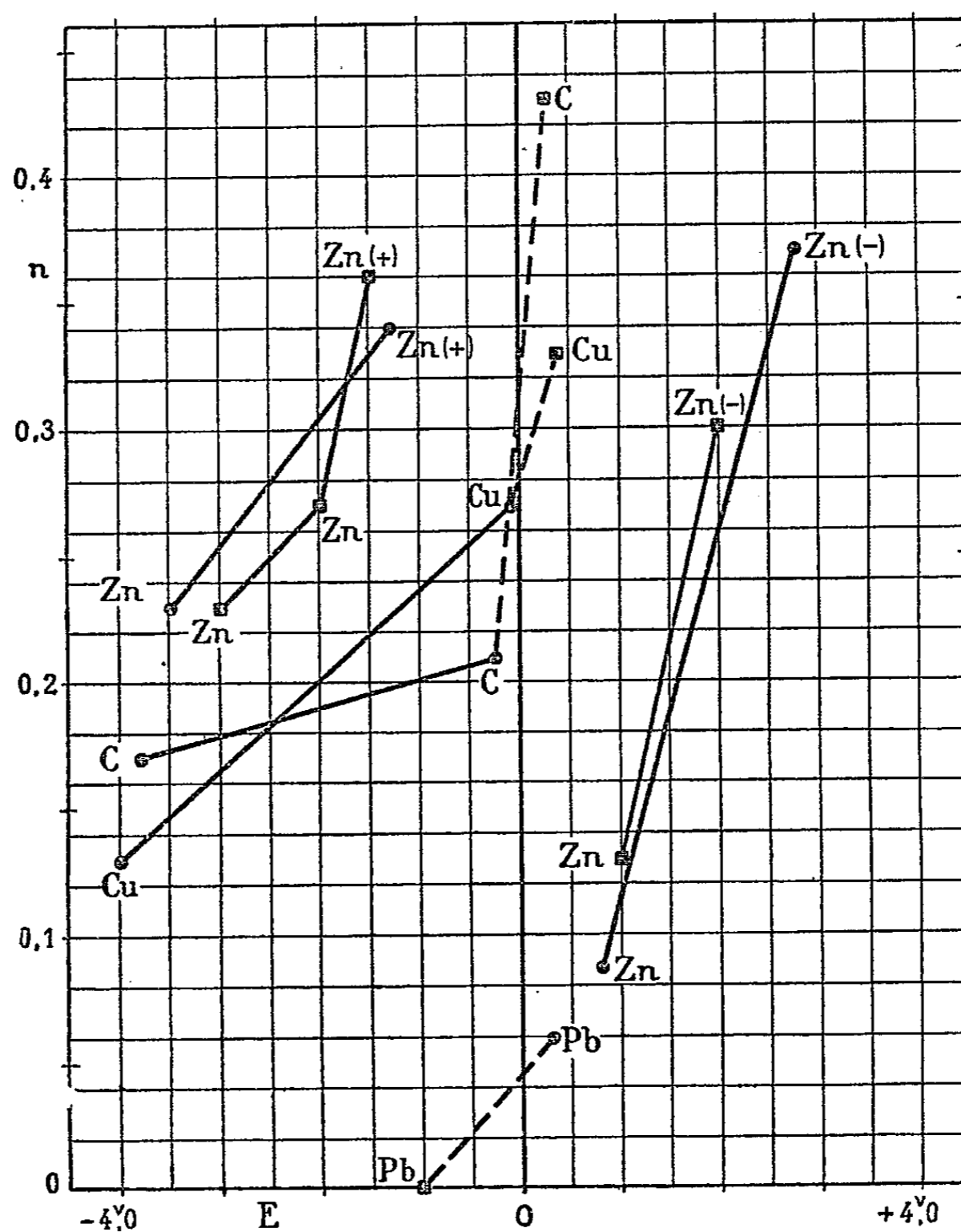


Fig. 32. — Nombre moyen  $n$  de cancers par mois pour des valeurs différentes de la différence de potentiel entre le fond des cages et la terre ; ● cages du local A ; ⊕ cages du local B. La nature du fond des cages est marquée à côté de chaque point (VLÈS et DE COULON 1936).

en créant dans les animaux un état métabolique de susceptibilité organique qui favorise l'apparition des anomalies cellulaires malignes caractéristiques, soit autrement en amplifiant simplement le transport d'un virus inconnu dont la répartition serait effectuée

par l'atmosphère (1). Il y a là toute la théorie même de la genèse du cancer, et sa discussion n'est pas de lieu ici.

**B. — Diverses recherches postérieures sur le cancer spontané et le cancer expérimental dans la connexion au sol**

L'expérience précédente, dont les conséquences cancérologiques théoriques et pratiques peuvent être pleines d'intérêt, a été reprise par toute une série d'auteurs, dans divers pays, et avec des moyens techniques d'amplitude et de précision différentes. Jusqu'à présent, malgré des contradictions du début, il ressort nettement que les mêmes phénomènes ont été retrouvés dans d'autres conditions, et que les processus décrits ne sont pas simplement une particularité de l'élevage de Lausanne.

1) *Expérience négative : Vierssen Trip (1933)*. — Une expérience a été réalisée en Hollande par VIERSSEN TRIP (25) qui a tenté de mettre trois lots de 80 Souris en goudronnage; la première cage était mise au sol, la seconde sur un potentiel de 12 volts, et la troisième isolée. Il n'a obtenu entre les lots aucune différence dans la croissance des tumeurs de goudron. Mais l'expérience semble bien exigüe au point de vue statistique, et les conditions atmosphériques susceptibles de déterminer ou d'annuler le phénomène ne semblent pas avoir été vérifiées.

2) *Expérience négative : Beitzke (1935). Expérience positive : Beitzke (1937)*. — En 1935 Beitzke annonce avoir fait pendant deux ans des expériences d'isolement et de mise au sol, avec 400 Souris dans 10 cages à fond de plaques de zinc, et n'avoir obtenu non plus aucun résultat (une seule tumeur chez une femelle, alors qu'il y en avait deux chez les témoins).

Cependant en 1937 (3a) le même auteur, ayant eu des doutes sur la validité des prises de terre qui avaient servi dans ses expériences antérieures, a le courage d'infirmer ses propres expériences, de le dire, et d'entreprendre une nouvelle série de re-

---

(1) Il faut rappeler ici un problème que nous avons discuté par ailleurs, et qui est celui de la coïncidence des maxima des épidémies de polyomyélite infantile avec les maxima de conductance atmosphérique, phénomène qui a suggéré parmi d'autres hypothèses, celle du transport aérien d'un virus chargé (30).

cherches dans des conditions de prise de terre cette fois plus convenables. Dans un second mémoire, il décrit une nouvelle expérience de 15 mois 1/2 faite avec 450 Souris, dont 85 % étaient des femelles, et obtient cette fois 16 tumeurs, dont 13 avec la mise au sol et 3 au contrôle. Les Souris provenaient d'un élevage universitaire dans lequel, pendant les 4 ans précédents, on n'avait observé sur 1.000 Souris que 18 tumeurs mammaires, soit 0,42 % ; en comparaison, dans les présentes expériences, la mise au sol a fourni 14 % de tumeurs spontanées, soit trente fois plus ; on a une proportion de 4,3/1 entre les cancers des Souris au sol et des Souris isolées.

Ces chiffres sont tout à fait de l'ordre de grandeur des premières années de l'expérience VLÈS-DE COULON à Lausanne. Ces expériences de BEITZKE aboutissent donc à une confirmation qualitative, et presque quantitative, des faits annoncés par VLÈS et DE COULON. On y retrouve aussi ce fait que l'élevage normal a moins de cancers que l'élevage isolé.

**3) *Expérience positive : A. H. Roffo et A. E. Roffo (1938).***

— Une recherche importante a été réalisée et décrite en 1938 par A. H. ROFFO et A. E. ROFFO<sup>(15)</sup>, utilisant les données techniques qu'avait acquises l'un d'eux sur la croissance des Rats isolés et au sol (voir plus haut, p. 44). Les auteurs ont mis en expérience des Rats blancs greffés soit d'une souche d'adéno-carcinome mammaire qui, transmise depuis 1909, donne usuellement 100 % de prise sur ces animaux, soit d'une souche de sarcome fusocellulaire. Ces tumeurs, à développement rapide, atteignent en 45-50 jours les dimensions énormes de 60 à 70 grammes pour des animaux de 150 à 180 grammes ; mais en général l'évolution ne dépasse pas 40 jours. Il y eut dans l'expérience 40 Rats greffés divisés en deux groupes, l'un isolé dans le dispositif utilisé au cours des recherches sur la croissance des Rats, l'autre laissé dans des auges en ciment armé faisant partie du bâtiment, et considérées comme réalisant, sans conducteur métallique, une mise à la terre suffisante.

Au bout de 30 jours, dans le cas de la greffe de sarcome fusocellulaire, les Rats isolés ont présenté des tumeurs (fig. 33) pour lesquelles le rapport pondéral de la tumeur au Rat était en moyenne de 1,3 % (chiffres compris entre 0,6 et 4) ; par contre les Rats té-

moins au sol avaient un même rapport moyen de 7,4 % (chiffres compris entre 0,3 et 30). D'autre part pour les greffes d'adénocarcinome de la mamelle, les résultats ont été moins apparents : les Rats isolés avaient un rapport tumeur/Rat de 9,1 % (chiffre compris entre 1 et 35 ; 2 Rats sans tumeurs) et les Rats témoins au sol 8,6 % (chiffre compris entre 0,6 et 8) : il est donc plus difficile ici de conclure. Mais les auteurs signalent que, dans le cas del'adénocarci-

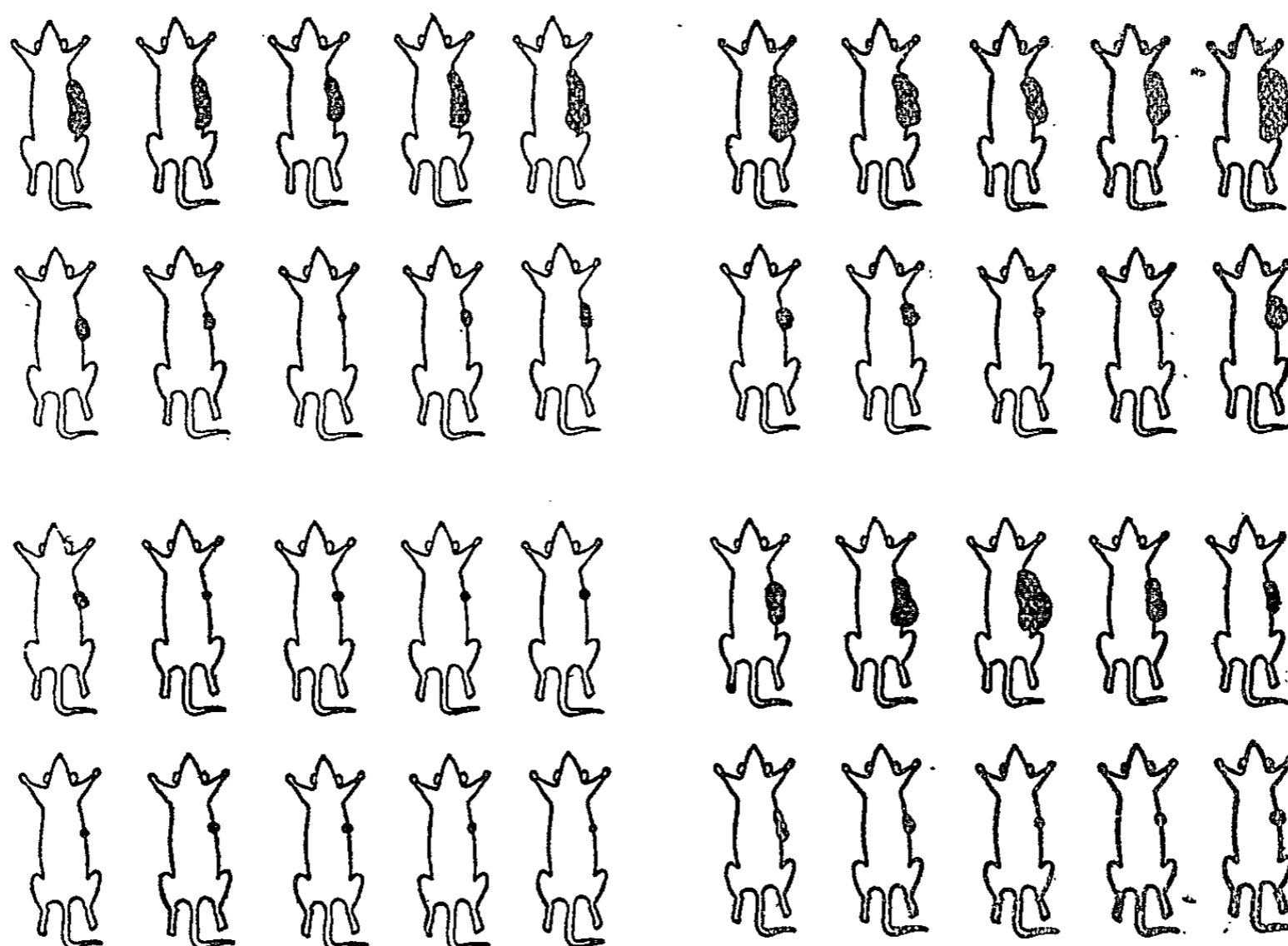


Fig. 33. — Schéma de l'évolution des tumeurs greffées du Rat avec l'isolement ou la mise au sol. *Figure de gauche. En haut* : 10 Rats avec greffes de sarcome fusocellulaire, évolution en 30 jours au sol ; *en bas* : même expérience animaux isolés du sol. *Figure de droite* : même répartition pour les animaux greffés avec l'adénocarcinome (A. H. Roffo et A. E. Roffo 1938).

nome, seulement 80 % des Rats isolés ont pris la tumeur, ce qui est inhabituel avec cette greffe ; alors que les Rats au sol l'ont prise à 100 %. Il semble donc, malgré les petits nombres, qu'il y ait eu entre les deux lots une différence de virulence. Les auteurs publient une série de dessins représentant individuellement chacun des 40 animaux mis en expérience au début et à la fin de celle-ci ; les aspects tumoraux sont surtout frappants pour le sarcome fuso-

cellulaire, moins pour l'adénocarcinome (fig. 33). Il n'y a pas de différences histologiques entre les types des tumeurs isolées et celles au sol (1).

On a donc eu ici des variations de la malignité des tissus néoplasiques suivant que les animaux qui les portent étaient électriquement isolés du sol ou au contraire en connexion avec lui (et suivant le type de tumeur).

4) *Conceptions théoriques de Tchijevsky.* — Dans une théorie que nous développerons dans un chapitre ultérieur, TCHIJEVSKY (19) a, comme cas particulier, essayé de relier les conditions physiques de captation des ions de l'atmosphère par les animaux au sol ou isolés, avec les décalages des points isoélectriques musculaires, réagissant à leur tour sur la réceptivité au cancer (ainsi qu'il résulte des recherches déjà anciennes de VLÈS et DE COULON) (45b). On discutera plus loin la théorie générale de TCHIJEVSKY.

5) *Conclusions.* — On voit donc que la cancérisation, qu'elle soit expérimentale (greffe, goudron), ou qu'elle soit spontanée, se présente comme une sorte de réactif délicat sensible à la mise au sol. Si l'on excepte l'expérience négative faite par VIERSSEN TRIP et qu'il est difficile de juger, des résultats positifs ont été aujourd'hui obtenus dans des contrées très diverses, puisque la Suisse (VLÈS-DE COULON), l'Autriche (BEITZKE), la République Argentine (ROFFO et ROFFO) ont fourni des résultats du même sens. Le problème a un intérêt pratique de laboratoire, qui est l'obtention expérimentale accrue de cancers expérimentaux ou naturels pour les recherches : c'est cette utilisation qu'on avait poursuivie à Lausanne en développant dans l'élevage le nombre de lots mis au sol. Mais il a aussi un intérêt théorique en ce qu'il est un jalon vers une interprétation, peut-être encore lointaine mais possible, des phénomènes de la cancérisation, et il n'est pas impossible non

---

(1) Il n'y a pas eu de mesures correspondant au coefficient de circulation efficace ; les auteurs ont considéré que le remplacement d'une électrode métallique par le ciment armé rendait inopérante l'existence de la force électromotrice de la chaîne au sol ; mais il y a malgré tout entre le Rat et le ciment humide, une différence de potentiel qui joue exactement le même rôle. La conductance atmosphérique n'a pas été mesurée.



plus que des applications cliniques soient un jour à rechercher dans cette direction.

### C. — Autres processus pathologiques

Divers autres phénomènes pathologiques, cette fois du type purement clinique, ont été à l'occasion enregistrés en rapport avec l'isolement ou la mise au sol. Une revue systématique ne peut pas encore en être faite parce qu'ils sont disparates ; nous nous contentons d'en citer quelques-uns.

Il est intéressant au point de vue historique de noter qu'un essai clinique d'influence de l'isolement électrostatique par rapport à la terre, déjà fort ancien, a été réalisé en 1847 par PALLAS <sup>(10)</sup>, comme suite à des idées théoriques évidemment périmées aujourd'hui.

PALLAS, médecin-chef à l'Hôpital militaire d'Oran, avait émis une théorie suivant laquelle un grand nombre de maladies sont causées par « les grands courants électriques existant, soit dans l'atmosphère, soit au centre ou à la surface de la terre » ; en particulier les fièvres paludéennes sont pour l'auteur dues à une cause électrique existant dans les régions marécageuses, qu'il compare à des piles de Volta amorcées par mouillage, « bien plutôt qu'à un miasme qu'on n'a jamais rencontré ». La conséquence de cette théorie est qu'en isolant l'organisme par des supports électrostatiquement non conducteurs, on doit améliorer le malade. PALLAS réalise des lits « antiélectriques » isolés sur pieds de verre ou de résine, y fait passer toutes sortes de malades (dysentéries, choléra sporadique, rhumatismes, méningites, fièvres intermittentes, épilepsie, etc.) et constate partout avec enthousiasme des améliorations qu'il attribue à l'« efficacité antispasmodique » de son procédé. Sous le caractère un peu archaïque des théories et des observations de l'auteur, il est difficile d'extraire le fait irréprochable pouvant représenter une démonstration expérimentale précise ; il n'est d'ailleurs pas impossible, même dans le cas des fièvres paludéennes, que PALLAS ait eu des améliorations secondaires.

Dans l'ensemble des recherches actuelles sur la valeur de l'isolement ou de la mise au sol, les premiers essais paraissent avoir été réalisés sur les nourrissons pathologiques. Dans une série

d'expériences faites à la Clinique infantile de Strasbourg, avec des nourrissons isolés ou mis à la terre, ROHMER, VLÈS, GROSSMANN et SCHNEEGANS (16) ont vu que les conditions de mise au sol ou d'isolement ont paru se répercuter de façon inégale ou différente sur la croissance pondérale des nourrissons porteurs d'affections déterminées (les eczémateux, spasmophiles, hypotrepsiques, paraissant réaliser un type inverse de celui des rachitiques par exemple) ; on a noté aussi des différences dans le comportement pathologique de ces jeunes malades ; il ne serait pas impossible qu'une utilisation clinique pût être instituée dans certains cas (1).

Signalons aussi une observation du Dr SCHORER (Bern) (18) qui dit avoir amélioré par une mise à la terre des malades présentant le « syndrome du foehn ».

---

(1) Deux lits isolés du sol, sur le type des berceaux des nourrissons utilisé dans les expériences antérieures, mais pour adultes, ont été montés dans une clinique à Strasbourg en 1934 ; mais des raisons indépendantes ont empêché la poursuite de l'expérience qui n'a pas été reprise.

---

### CHAPITRE III

#### LES PROCESSUS PHYSICO-CHIMIQUES EN CONNEXION OU NON AVEC LE SOL

Les organismes constituent un réactif sensible et délicat de toutes sortes d'actions expérimentales. Mais ce réactif, parfois trop complexe, est souvent un médiocre instrument d'analyse par la multiplicité même de ses réactions simultanées. Des mécanismes purement physico-chimiques, au moyen desquels on peut sérier ou isoler des variables, peuvent permettre davantage d'orienter l'interprétation au point de vue théorique.

Or une série de processus purement physico-chimiques nous paraissent aujourd'hui sensibles à l'isolement et à la mise au sol.

#### I. — ÉVAPORATION

Le premier, que nous avons mis en évidence en 1930, est relatif à un *phénomène d'évaporation d'eau* (28). Les expériences ont consisté à créer des sortes de *lampes à déperdition*, récipients évaporant régulièrement de l'eau, et pouvant être, soit isolés, soit mis en connexion avec le sol. Des pesées régulières de grande précision permettaient de suivre d'une façon très exacte la marche de l'évaporation. Pour éviter toute cause d'erreur, les expériences étaient croisées, faites au moyen de deux récipients placés à côté l'un de l'autre, dont chacun alternativement était isolé ou à la terre.

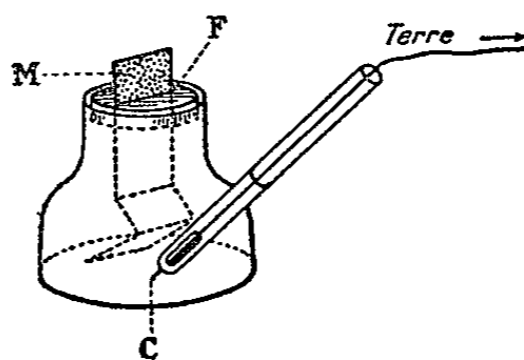


Fig. 34. — Évaporation de l'eau. Schéma de la lampe à déperdition avec connexion à la terre. F, flotteur ; M, mèche en papier buvard ; C, contact métallique dans le liquide (VLÈS 1930).

La figure 34 montre comment sont faites de pareilles lampes à déperdition. Un récipient de col cylindrique et rempli d'eau porte un flotteur en liège à travers lequel passe une mèche de papier buvard. L'intervalle entre le bouchon et le goulot est recouvert d'une couche d'huile de vaseline, pour éviter tout contact direct de l'eau avec l'atmosphère. La surface utile de la mèche dans l'atmosphère est de 4 centimètres carrés ; dans le fond de chaque récipient, une électrode de platine fait le contact métallique avec un fil de terre extérieur. La courbe (fig. 35) montre que dans

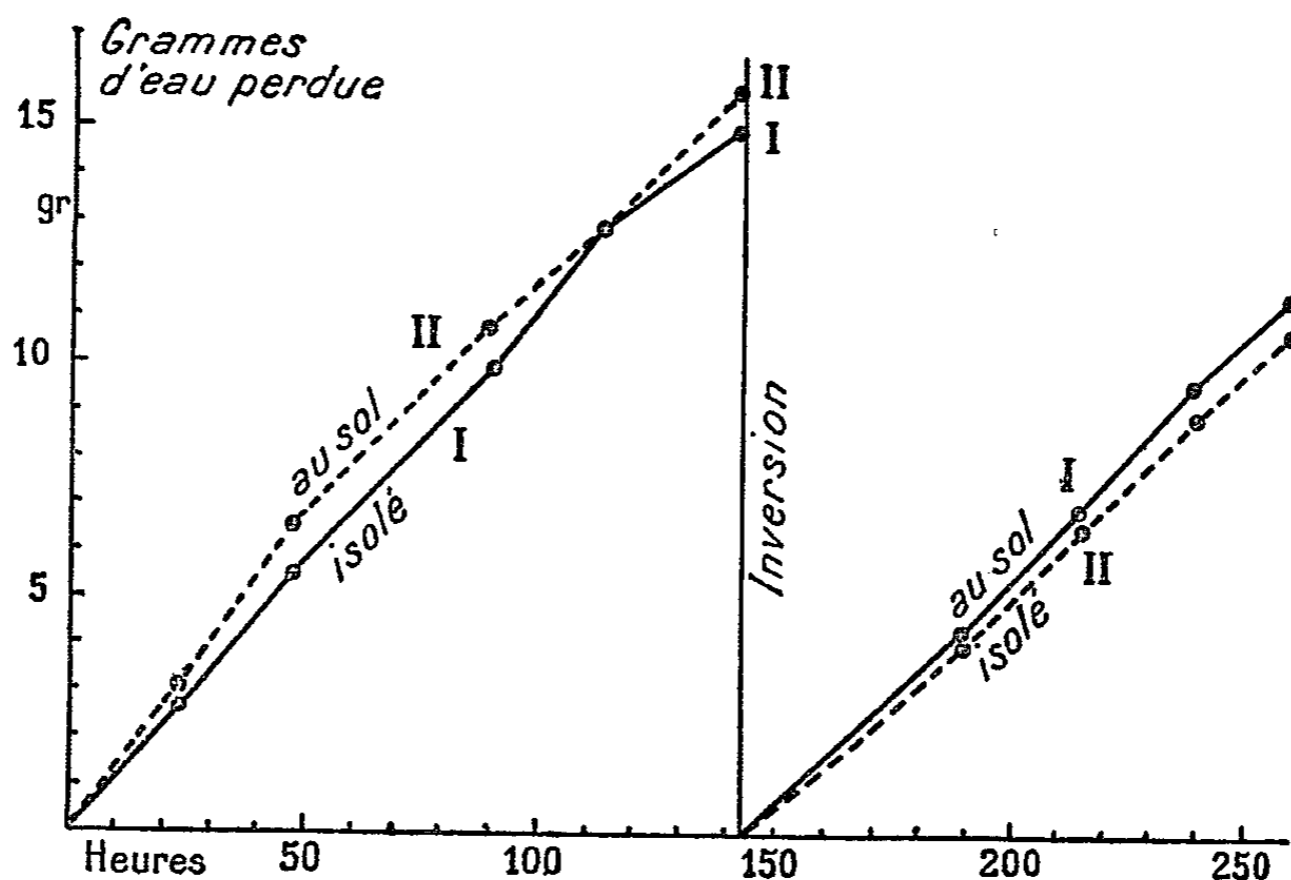


Fig. 35. — Évolution des pertes de poids en eau évaporée par deux lampes à déperdition, l'une au sol et l'autre isolée ; au milieu de l'expérience, on inverse les connexions, et les positions relatives des deux courbes s'inversent.

les périodes où il était au sol chaque récipient a perdu plus d'eau que son voisin isolé ; nous donnons ci-dessous les chiffres d'une expérience, dans laquelle, pendant 120-140 heures, l'écart de poids des deux récipients pouvait atteindre un ordre de 6 à 8 décigrammes, pour une perte de poids de 10 à 15 grammes, soit un écart de plus de 4 %. Ces chiffres sont bien au-dessus de la limite de précision obtenue dans la pesée à la balance.

*Evolution des pertes d'eau*

T	23 h. 30	47 h. 45	89 h.	113 h. 30	142 h.
Lampe isolée I	gr. 2,550	gr. 5,607	gr. 9,940	gr. 12,903	gr. 15,063
Lampe au sol II	3,069	6,478	10,796	12,900	15,744
$\Delta$ (sol-isolé)	0,619	0,871	0,856	- 0,003	0,681
Inversion	23 h. 30 après inversion	48 h.	73 h.	97 h. T = 32°	120 h. T = 29°
I au sol	gr. 2,074	gr. 4,472	gr. 7,120	gr. 9,688	gr. 11,429
II isolée	1,971	4,205	6,639	9,095	10,764
$\Delta$ (isolé-sol)	0,103	0,267	0,481	0,593	0,665

Ainsi donc l'évaporation de l'eau peut dans certaines conditions <sup>(1)</sup> devenir inégale suivant qu'elle se fait en connexion avec la terre ou en état d'isolement.

<sup>(1)</sup> Cette restriction s'impose, car le processus demande discussion. En effet le phénomène est vraisemblablement relié à l'effet connu d'électrisation de l'eau par vaporisation. Or, LOVERA (*Nuovo Cimento*, 1938, 15, 377) a indiqué que la formation d'ions + par l'eau en vaporisation à haute température est soldée par les phénomènes mécaniques de l'agitation de la goutte d'eau surchauffée : sans énergie mécanique, la vaporisation n'est plus ionisante.

Dans les présentes expériences sur les lampes à déperdition, remarquons que l'évaporation de l'eau sur la mèche met en jeu, par l'ascension du liquide dans celle-ci, une énergie capillaire dans un corps poreux, et il n'est pas impossible que là aussi ce phénomène, en apparence secondaire et surajouté à l'évaporation elle-même, joue un rôle dans le phénomène électrique.

## II. — RÉACTION DE PHILIPPSON

Un autre phénomène qui met cette fois en jeu une réaction physico-chimique se passant à l'intérieur d'une solution, a été étudié en 1933 (VLÈS et GEX) <sup>(53)</sup>. Il est relatif à la réaction de PHILIPPSON. On sait que les lames de certains métaux mises en contact avec de l'argent colloïdal provoquent une floculation lente de celui-ci (fig. 36). On a pu observer que si la lame de métal est con-

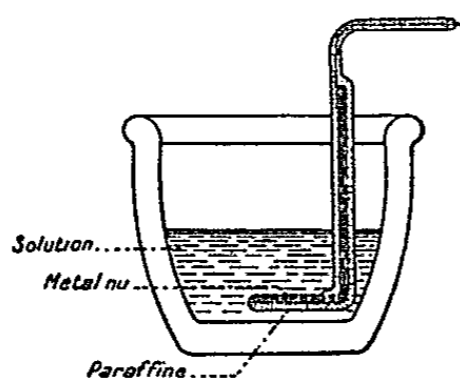


Fig. 36. — Réaction de PHILIPPSON : évolution de l'argent colloïdal au contact d'une électrode métallique ; le récipient.

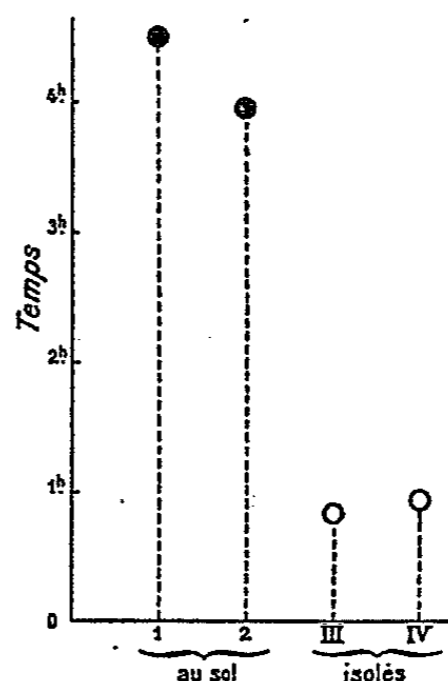


Fig. 37. — Une réaction de PHILIPPSON : virage de deux récipients au sol (à gauche) et de deux isolés (à droite) en fonction du temps. Temps en ordonnées.

(VLÈS et GEX 1935).

nectée ou non avec le sol, la réaction évolue de façon inégale. L'expérience a été faite avec de l'argent colloïdal préparé par la méthode de BREDIG, dans des vases largement ouverts à l'atmosphère et en présence de lames métalliques de natures diverses. La floculation progressive du colloïde est annoncée par une série de virages colorés plus ou moins caractéristiques. Or dans 80 % des cas l'expérience a montré que *le virage des lots isolés précède celui des lots au sol* (fig. 37). Une étude minutieuse des causes d'erreur et des conditions de la réaction a permis de préciser ce phénomène ; tout se passe donc *comme si la mise au sol était susceptible de freiner la réaction de Philippson*, et comme si dans ces condi-

tions une force contre-électromotrice venait s'opposer à la libération normale de cations flocculants par l'électrode métallique. Comme dans les cas précédents, on est conduit à supposer l'intervention d'échanges avec l'atmosphère par la surface du liquide : effectivement, si l'on bouche les récipients avec électrode isolée, la réaction va encore plus vite que dans les récipients ouverts. C'est vraisemblablement l'oxygène de l'air qui freine la réduction par le métal de l'électrode.

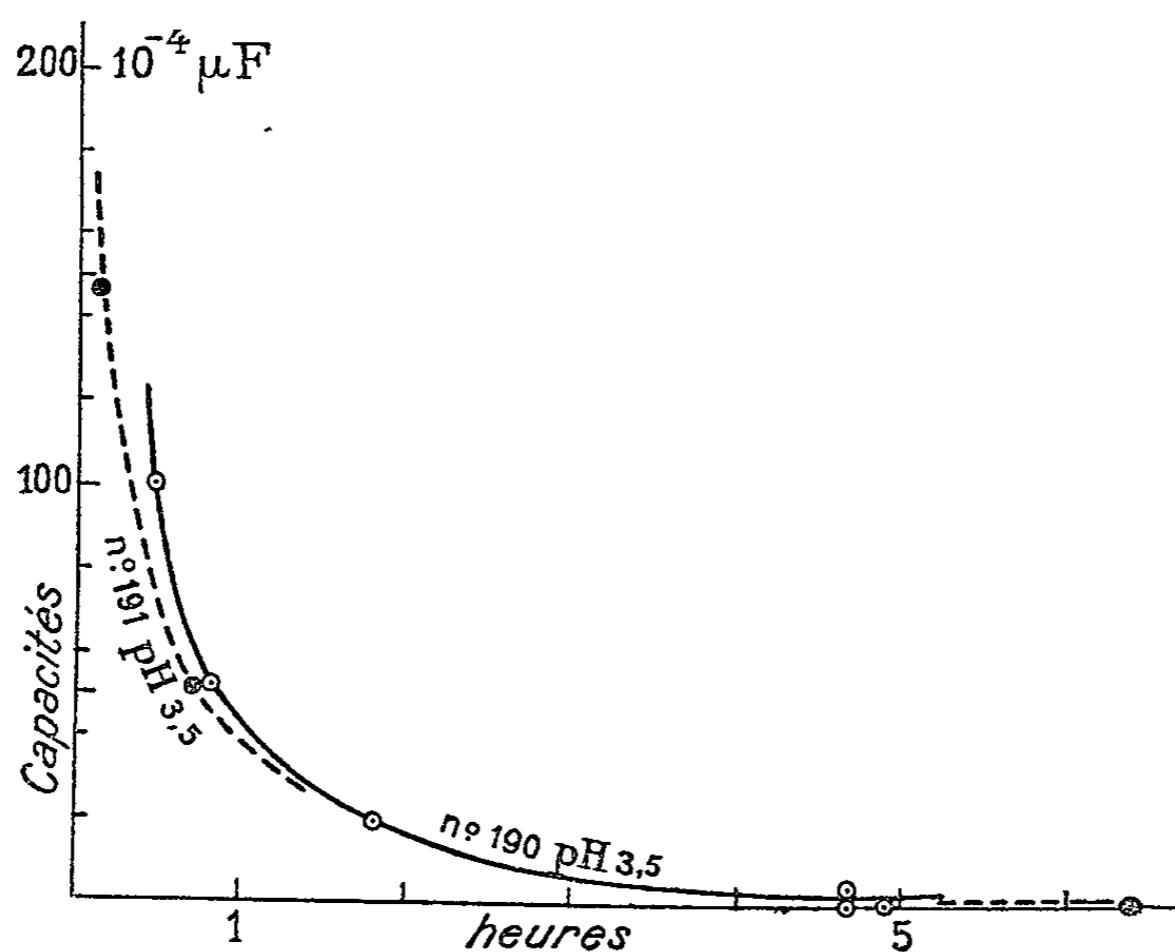


Fig. 38. — Intervention de la capacité sur la mise à la terre. Cinétique du virage de l'argent colloïdal en fonction de la capacité sur le fil de terre. Ordonnées : capacité en  $F$  ; abscisses : heures (VLÈS et GEX 1935).

Il est possible d'autre part d'étalonner la réaction caractéristique, c'est-à-dire de déterminer le nombre de coulombs qui sont indispensables pour la produire : dans le cas présent la force contre-électromotrice mise en jeu dans la connexion au sol a correspondu à un débit assez fort,  $10^{-5}$  coulombs par seconde, qui serait vraisemblablement perceptible au microampèremètre <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Il est difficile de généraliser à d'autres systèmes : l'ordre de grandeur du courant a beaucoup de chances de ne pas être le même, par exemple, dans une simple évaporation ou bien dans l'oxydation d'un produit réducteur aux dépens de l'atmosphère, cas où doit intervenir la vitesse propre d'une réaction chimique. Rappelons que, en contre-partie, le circuit extérieur, c'est-à-dire la

L'étude des diverses conditions physiques de la réaction de PHILIPPSON pendant la mise au sol ou son isolement, a mis en

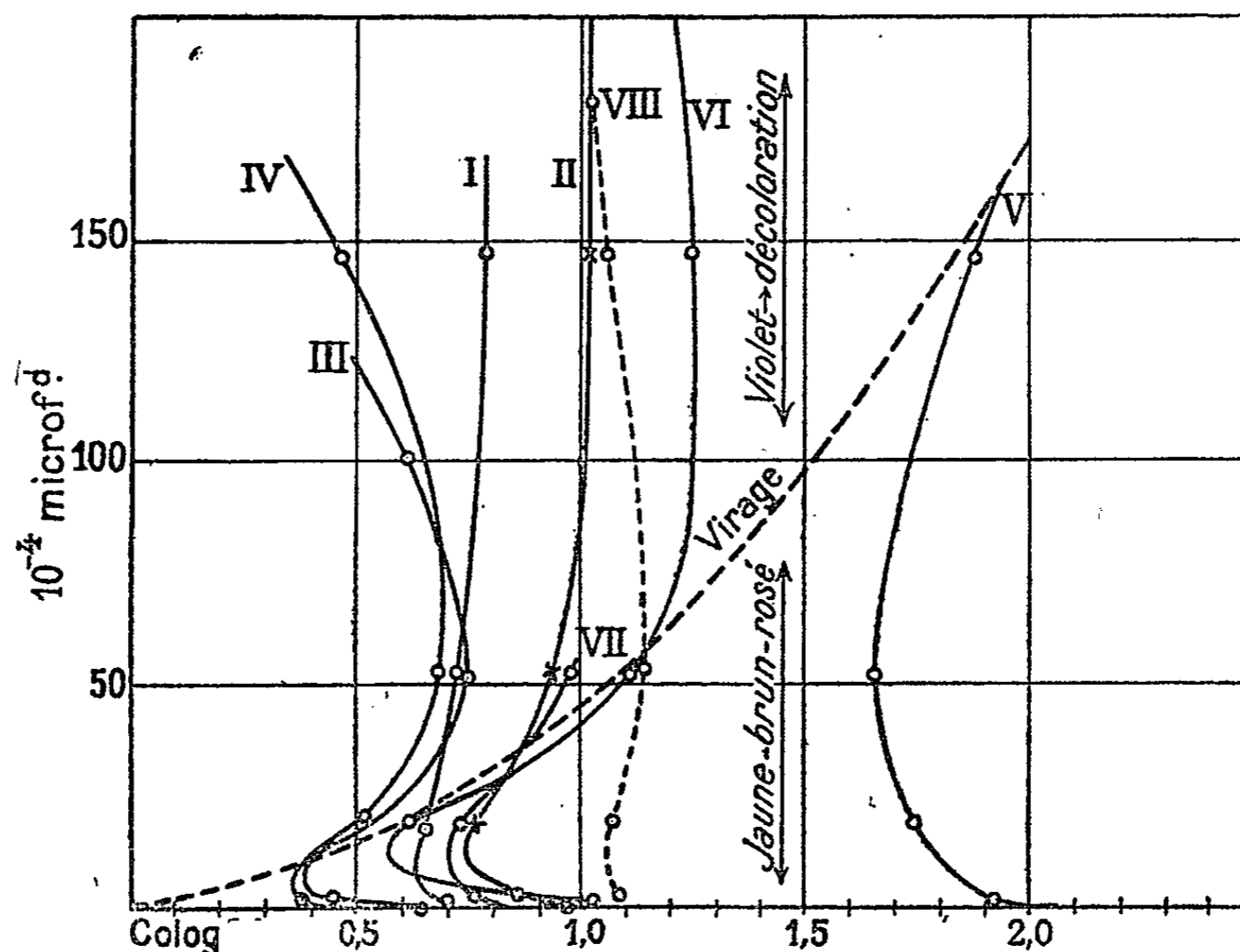


Fig. 39. — Influence de la capacité sur la réaction de PHILIPPSON connectée au sol. *Abscisses* : absorptions photométriques sur  $\lambda 490$ . *Ordonnées* : capacités en  $\mu\text{F}$ . Chaque courbe est relative à une concentration différente d'argent colloïdal. I à VII électrodes de Zn, VIII électrode de Fer (VLÈS et GEX 1935).

évidence un phénomène d'une extrême importance pour la compréhension théorique de ces processus : on s'est aperçu que la

résistivité ohmique de l'atmosphère, est de l'ordre de  $10^8$  megohms/cm/cm<sup>2</sup>, mais il n'est pas évident qu'un effet accélérateur du champ extérieur sur les ions ne vienne pas quelquefois augmenter sur la verticale la conductance de l'air. Dans le cas de l'évaporation, des coulomètres à Argent, placés sur les fils de terre de lampes à déperdition évaporant de l'eau pendant 22 jours, n'ont donné que des valeurs d'intensités négligeables ; si dans ces expériences le débit n'a pas été infiniment petit, peut-être a-t-il eu des inversions susceptibles de faire des compensations. D'autres part TIRELLI a annoncé avoir mis en évidence au galvanomètre un courant dans le fil de terre d'une boîte de Pétri contenant une culture en solution de KNOPP. L'oxydation d'une lame de zinc plongée dans de l'eau salée et reliée à la terre donne à certains moments des déviations galvanométriques correspondant à 1/100 de microampère ; mais le phénomène se bloque rapidement par des effets qui sont sans doute de la polarisation.



vitesse de la réaction varie avec la capacité électrostatique du système, et on peut faire varier cette vitesse en introduisant des condensateurs en série sur les prises de terre (fig. 38-39).

L'intervention de la capacité électrostatique d'un système sur la marche de tels échanges avec l'atmosphère n'est pas inattendue, puisque nous savons par toute une série de données théoriques que la capacité d'un système commande sa déperdition électrique dans l'atmosphère. Mais l'intervention d'une capacité suggère immédiatement d'autres interprétations, qui ne sont plus du type électrostatique, et qui peuvent avoir de l'intérêt pour la compréhension profonde des processus ; nous les discuterons plus loin.

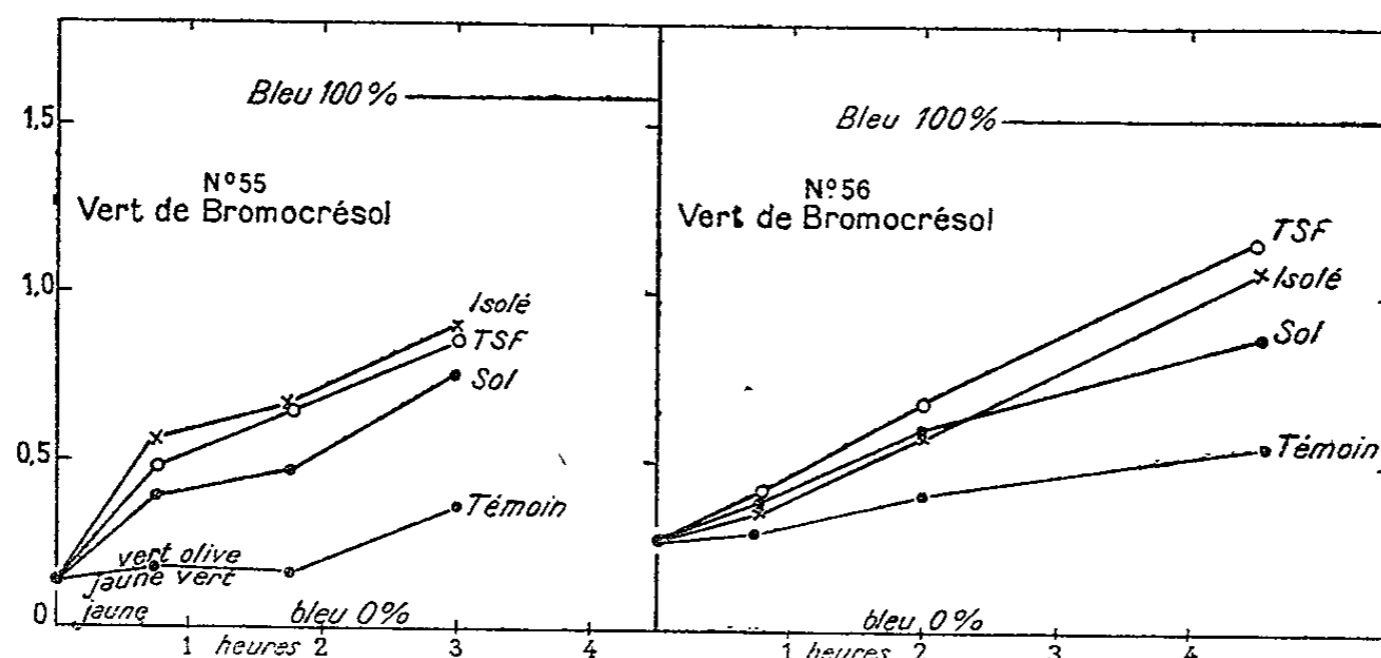


Fig. 40. — Évolution au spectrophotomètre de solutions de vert de bromocrésol en présence d'électrodes de Zn isolées ou au sol. Témoin : solution sans électrode métallique, en flacon. T. S. F. : système intercalé sur une antenne en résonance (se rapproche du système isolé) (VLÈS et GEX 1935).

D'autres réactions que la réaction de PHILIPPSON ont montré des sensibilités plus ou moins accentuées à la mise au sol. Nous citerons par exemple le simple virage d'un indicateur de pH, le vert de bromophénol (fig. 40), ou l'oxygénation à l'air de l'hémoglobine réduite, au contact d'électrodes métalliques (VLÈS et GEX).

D'une façon générale on peut se demander quel est le type d'échanges avec l'atmosphère qui commande ces diverses opérations. Dans le cas de la réaction de PHILIPPSON, il est évident que la faible évaporation pure et simple de l'eau, c'est-à-dire un changement de concentration des sels dissous, est insuffisante à expliquer les phénomènes et qu'il faut faire intervenir un élément atmosphérique jouant par un processus d'oxydo-réduction ; cet

élément ne peut être que l'oxygène <sup>(1)</sup> : nous revenons donc au problème qui s'était montré dans le cas initial des plantes, dont les pots faisaient des échanges gazeux avec l'atmosphère.

### 1) Le rôle électrostatique de la capacité

Un point capital au point de vue de l'édification d'une interprétation des phénomènes est celui que nous avons entrevu en 1930 pour les plantes, et étudié en 1933 <sup>(53)</sup>, de l'intervention de la capacité électrostatique du système dans la vitesse de la réaction de PHILIPPSON. Si nous essayons d'interpréter ce fait, que l'intercalation dans le fil de terre d'un condensateur est capable de modifier le déroulement du processus, en envisageant uniquement le côté « électrostatique » du phénomène, nous pouvons y arriver facilement en songeant que la constante  $K$  de déperdition de la loi de COULOMB est elle-même une fonction de la capacité du déperditeur et de la résistance du conducteur de fuite ; c'est-à-dire que grossièrement, si la résistance est supposée constante, on tend vers une proportionnalité inverse de  $K$  et de  $c$ . En pratique, nous trouvons dans les expériences actuelles des optima de capacité, qui exigeraient, pour que le calcul rendit compte plus étroitement des faits, un remaniement de celui-ci, d'ailleurs sans grandes difficultés probables.

La liaison que nous avons vue plus haut entre la force contre-électromotrice et les phénomènes d'oxydation par l'air permet de comprendre l'intervention de la capacité : si l'oxygène est capté sous forme de petits ions négatifs, l'oxydation est donc liée au flux d'ions, et doit dépendre quantitativement de lui ; l'augmentation de la capacité doit augmenter le nombre d'ions d'oxygène fixés par le système ; on conçoit qu'il puisse y avoir des optima dans la réaction.

---

<sup>(1)</sup> L'intervention de l'oxygène de l'air dans la force électromotrice d'une pile électrolytique est d'ailleurs montrée par l'étude des piles atmosphériques, qui se relie au problème de l'aération différentielle d'EVANS (7a). Nous avons décrit une pile atmosphérique à force électromotrice renversable, dans laquelle deux récipients de solution saline possédant chacun une électrode de zinc et reliés par un tube de KCl saturé, présentent entre leurs électrodes une force électromotrice qui peut atteindre une vingtaine de millivolts, et que l'on peut inverser de signe en un temps relativement court, alternativement, par le simple jeu d'un bouchon passant d'un tube à l'autre (40).

## 2) Les phénomènes de résonance

Mais il y a plus, et l'intervention de la capacité nous met forcément devant une autre hypothèse qui mérite aussi d'être examinée, et qui n'est plus du type « électrostatique ». Le conducteur monopolaire réalisé par le système au sol et son condensateur de pied pourraient être supposés entrant en résonance d'une onde électromagnétique de haute fréquence, à la manière d'une antenne de T. S. F. : éventualité toujours possible étant donnée la multiplicité des émissions publiques journalières, ainsi que l'importance des champs parasites des habitations modernes (37). Cette hypothèse-ci ne nécessiterait évidemment plus le corollaire du débit d'un courant continu dans le fil de terre (à moins que la chaîne ne fonctionnât à la manière d'un redresseur).

Or divers examens expérimentaux ne semblent pas parler en faveur de l'hypothèse précédente (VLÈS et GEX) (53). Le freinage de la réaction de PHILIPPSON au sol paraît persister quand celle-ci évolue en cage de FARADAY en treillis métallique. D'autre part le calcul fait à partir des dimensions géométriques du système (longueur des fils, capacités, etc.), indique comme ordre de grandeur de la longueur d'onde pouvant être efficace, des valeurs réalisables dans l'échelle des ondes de T. S. F., banales : l'essai réciproque, fait en intercalant une réaction de PHILIPPSON sur l'antenne d'un poste de T. S. F. (fig. 40), accordé sur ces mêmes longueurs d'onde, et parlant, ne montre pas le phénomène de freinage qu'aurait produit la simple mise à la terre. Les interprétations électrostatiques et les échanges par déperdition avec l'atmosphère restent donc pour le moment en première approximation, les plus vraisemblables.

### III. — PULVÉRISATION D'UN LIQUIDE

Signalons à titre d'exemple un phénomène complètement différent, où paraît jouer un phénomène électrocapillaire, et qui est relatif à un problème de physico-chimie industrielle que nous avons décrit autrefois (1a). Dans les brûleurs à huile lourde industriels, où ces huiles sont pulvérisées par un jet de vapeur d'eau traversant une buse métallique, apparaissent des phénomènes de

charge électrique de celle-ci, lorsqu'elle est isolée. Le fait de charger ou de connecter la buse au sol (fig. 41), suffit à changer les dimensions des gouttelettes d'huile projetées, qui deviennent plus petites. Ici ce sont vraisemblablement les conditions de la tension super-

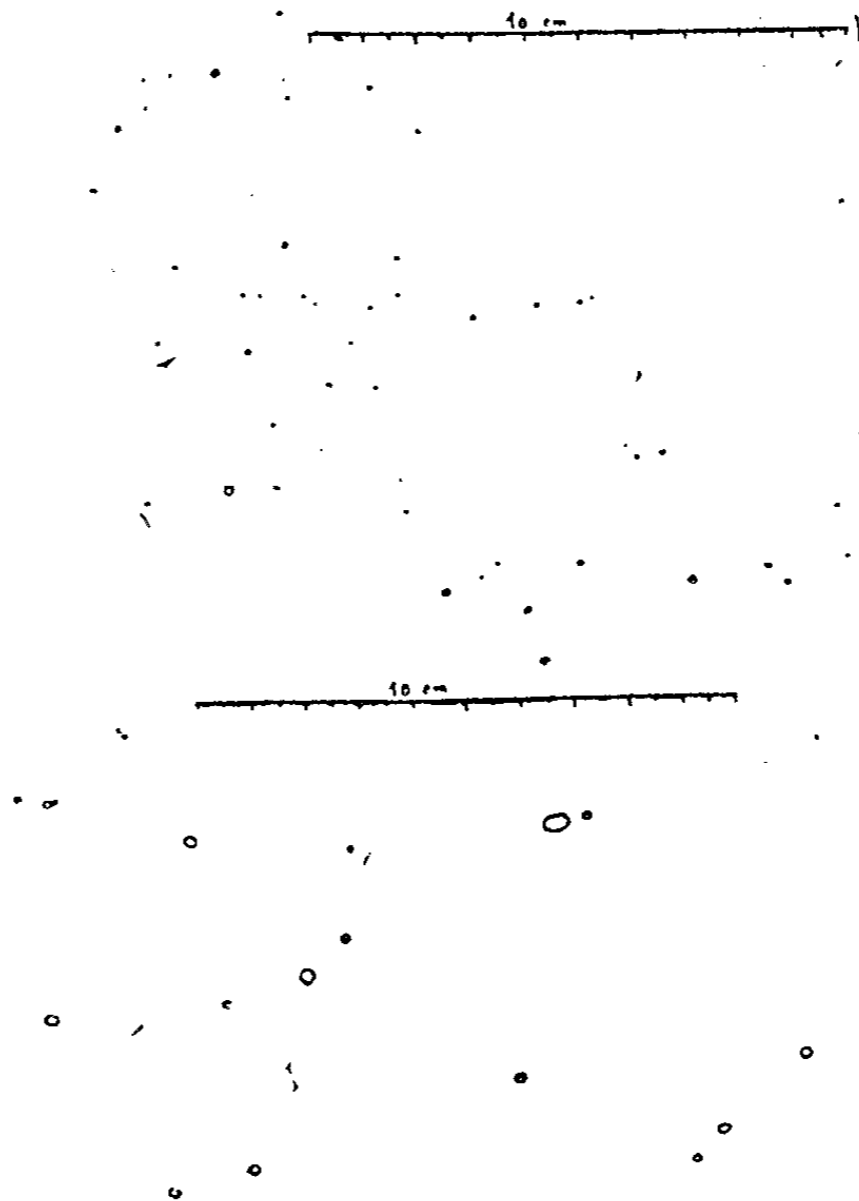


Fig. 41. — Gouttes d'huile (huile de vaseline dans l'éther de pétrole) pulvérisées par un brûleur projetant de la vapeur d'eau à 1 kilogramme sur un papier placé à 50 centimètres, suivant que le brûleur est isolé et chargé à + 220 volts (*en bas* : gouttes grosses et rares) ou mis à la terre (*en haut* petites gouttes, nombreuses) (ANGUENOT, GAULT et VLÈS 1924).

ficielle au moment de la pulvérisation de l'huile qui sont modifiées par les conditions de charge des pièces métalliques isolées voisines.

#### IV. — CONCLUSIONS

Ainsi donc la considération de la connexion avec le sol intervient dans les modifications d'une série de processus physico-chimiques ou chimiques. L'évaporation de l'eau, ou la pulvérisation des gouttelettes d'huile, sont des phénomènes physiques dans les-

quels on conçoit que la modification de l'état électrique de la surface puisse se traduire directement dans un changement de phase ou un changement de forme. D'autre part les réactions physico-chimiques étudiées, dont le substratum est toujours finalement une réaction chimique, nous mettent en présence d'un problème plus considérable dans lequel il faut finalement voir jouer le rôle chimique des constituants actifs de l'atmosphère. Il faut évidemment penser en premier lieu à l'oxygène, intervenant pour modifier les équilibres ou la marche de réactions d'oxydo-réduction. Cette donnée physico-chimique aura sans doute ses applications du côté biologique, où l'élément envisagé assure des fonctions primordiales dans les organismes.

---

## CHAPITRE IV

### L'INTERPRÉTATION BIOLOGIQUE DES ACTIONS DE L'ISOLEMENT ET DE LA MISE AU SOL

#### I. — CONDITIONS ÉLECTRIQUES DE L'ORGANISME DANS LES CONDITIONS NATURELLES

##### 1. — Charge et déperdition

Les organismes aériens isolés dans l'atmosphère ne sont pas des solides inertes : ils prennent le plus souvent spontanément une charge, qui est négative. Déjà **POUILLET** en 1827 <sup>(11)</sup> avait fait pousser des plantules de Blé sur un électroscope et constaté que celui-ci prenait une charge négative. **SAIDMANN** en 1925 <sup>(17)</sup> a indiqué que l'Homme est l'objet d'une déperdition négative continue, accélérée par une action photochimique de la lumière ultraviolette.

Une série d'essais montre qu'une Souris laissée un quart d'heure sur un support isolant (après décharge au balai métallique relié au sol) se présente, à l'électroscope, comme spontanément chargée négativement ; ceci pourrait être lié à la consommation respiratoire de l'oxygène, dont une part existe sous forme de petits ions négatifs. D'autre part, sur la Souris connectée à un électroscope et chargée en + ou en —, on peut préciser les conditions de cette déperdition : pour l'une et l'autre charges, les déperditions ne sont pas symétriques, la déperdition négative se faisant beaucoup plus rapidement (fig. 42). D'autre part la Souris *vivante* chargée négativement se décharge notablement plus vite que la Souris *morte* chargée au même potentiel ; par contre la Souris *vivante* chargée + n'a guère de perte différente de celle de la Souris *morte* chargée identiquement.

Pour interpréter ces faits, il ne faut pas perdre de vue que des

phénomènes de compensation sont possibles et qu'une origine mixte de l'électrisation est vraisemblable : il est probable que l'animal, qui se charge négativement en absorbant des ions — par la respiration, doit pouvoir aussi le faire éventuellement en émettant des ions + par l'évaporation d'eau. Une charge exogène de l'animal retentit donc indépendamment sur les deux phénomènes dont on ne voit que la sommation : une charge positive qui bloque la déperdition générale des charges négatives, accélère celle des ions +, mais renforce l'absorption des ions — ; une charge

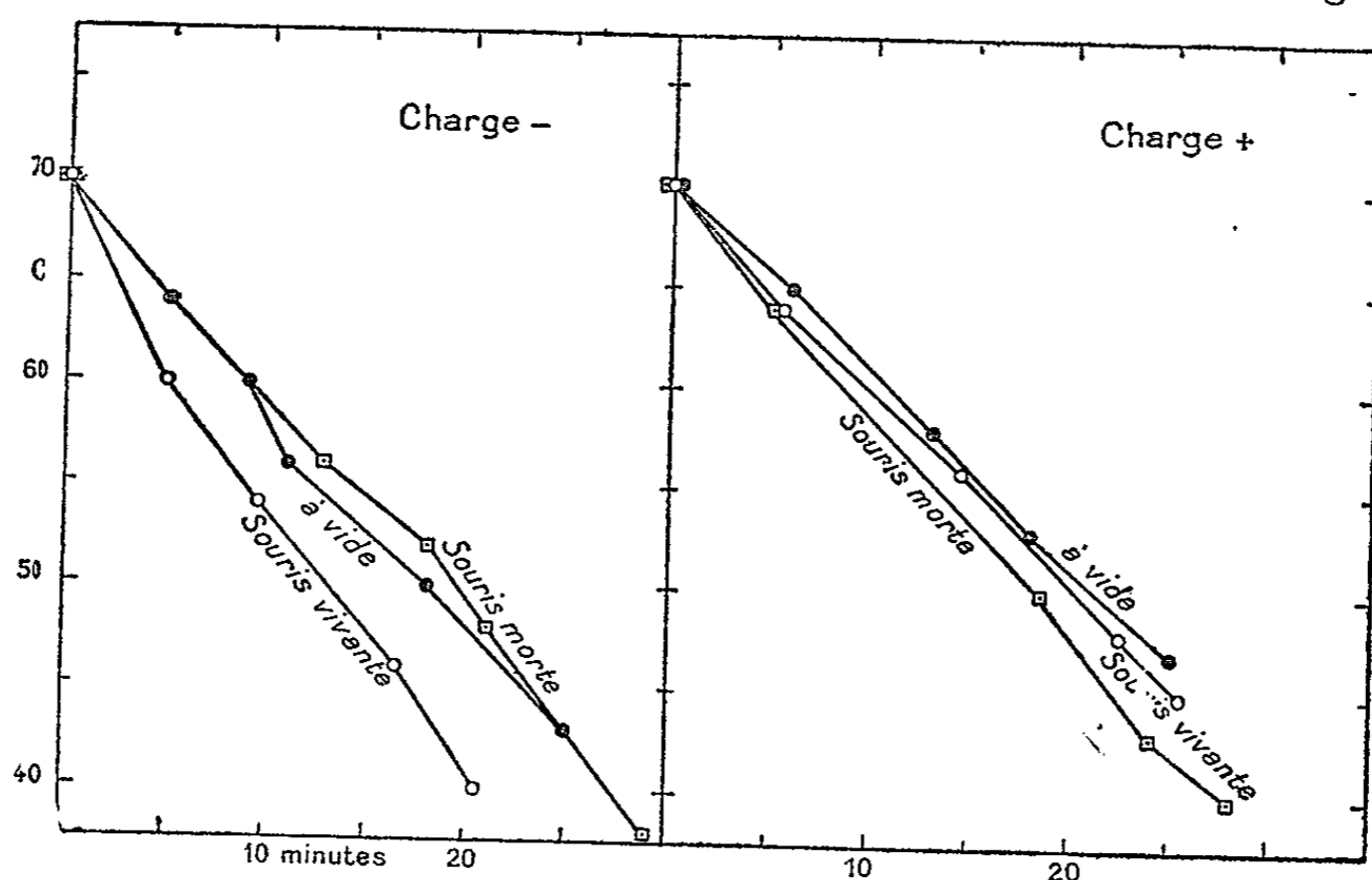


Fig. 42. — Déperdition électrique de la Souris, chargée négativement (à gauche) ou positivement (à droite). ○ Souris vivante ; □ Souris morte ; ● plateau à vide. Ionomètre à compensation : C, capacités pour un potentiel constant. La déperdition + ou — n'est pas symétrique.

négative de l'organisme facilite l'émission des ions négatifs, freine leur captation, ainsi que l'émission d'ions +.

Pour un Vertébré à sang froid comme la Grenouille, les choses se passent différemment, en ce que la déperdition propre de l'animal chargé + ou — est à peu près négligeable ; il y a là, sans doute, un caractère essentiel de discrimination entre poikilothermes et homéothermes : ceux-ci ont acquis, avec la régulation de la température, un régime d'échanges ioniques importants avec l'atmosphère.

Ainsi donc à l'état normal le Mammifère vivant ingère des charges négatives liées à l'oxygène respiratoire, jusqu'à refus, et

élimine l'excès de ces charges négatives par la déperdition générale : *il y a donc en quelque sorte un métabolisme de l'électricité* reliant l'entrée respiratoire de celle-ci à sa sortie cutanée. Ce métabolisme est jalonné par un chemin de phénomènes d'oxydo-réduction, puisque l'apport d'un électron correspond à une réduction, et son enlèvement à une oxydation.

## 2. — Capacité

Les capacités des organismes par rapport à la terre, lorsqu'ils sont posés sur le sol, sont de l'ordre de  $10^{-5} \mu\text{F}$  ; il est évident que ces valeurs dépendent essentiellement des conditions expérimentales ; pour l'Homme en particulier, de la nature des souliers, de l'attitude, etc. Mais l'ordre de grandeur est intéressant à connaître <sup>(32)</sup> :

*Capacité d'organismes par rapport à la terre*

Organisme	Substratum	Capacité en $10^{-5}$ microfarads
Souris	Carton paraffiné sur ciment	4
Lapin	Ciment armé	12
Homme	Semelles crêpe sur ciment	16
»	Semelles cuir sur plancher bois	7,6
Femme	Semelles crêpe sur ciment	10
»	» cuir »	20 (mauvais isolement)
»	» crêpe, sur bois	7
»	» cuir, sur bois	6,4
Œuf de Poule	Conducteur	4-5

## 3. — Isolement.

Le problème des biologistes pose une incertitude technique : un animal (Mammifère, Oiseau, etc.), marchant sur la terre est-il connecté au sol ou isolé ? Même sur un substratum conducteur lié à la terre, un animal n'est pas forcément au sol ; nous avons discuté plus haut l'intervention d'une rigidité du diélectrique qui doit être percé, sous une différence de potentiel souvent inférieure au volt. Le processus se reproduit à chaque pas. Bien entendu la nature du substratum joue un rôle fondamental, et



le fait que c'est un plancher de ciment armé, du sable sec, ou de la terre végétale humide, implique des modalités différentes du problème. Les conditions électrostatiques de l'Oiseau ou de l'Insecte en plein vol, et les répercussions de celles-ci sur la biologie de ces organismes, mériteraient d'être étudiées.

Dans une recherche sommaire sur le « potentiel de percement »  $V_i$  (voir p. 20) au moyen du dispositif qui a été décrit à cet endroit, et où le sujet était une Souris posée sur une plaque d'Aluminium, soit directement, soit à travers une épaisseur de grains de sable sec, on a obtenu, en partant des potentiels bas et en montant progressivement, un potentiel de percement de l'ordre de 0,1V ; mais le diélectrique une fois percé, si l'on redescendait dans l'échelle des potentiels, le seuil ne se retrouvait que beaucoup plus bas, si même il existait : le percement du diélectrique avait des caractères d'irréversibilité.

Si les pattes de la Souris ne sont plus sèches, mais humides, il s'établit au contact du substratum métallique une force électromotrice électrolytique ; celle-ci est capable de charger toute seule le condensateur du circuit, et, si l'on fait une rupture quelconque de ce circuit, on produit dans toutes les conditions un craquement au téléphone. Il en est de même si l'on réalise simplement, sans Souris, un contact mouillé avec une floche de coton imbibée d'eau salée et placée sur le métal. Les conditions sont donc ici complètement différentes des premiers cas.

## II. — L'INTERPRÉTATION DES ACTIONS BIOLOGIQUES DE L'ISOLEMENT ET DE LA MISE AU SOL

Il est difficile pour le moment de faire autre chose qu'une théorie de première approximation sur l'action de la mise au sol ou de l'isolement vis-à-vis des organismes. Il est évident que l'interprétation de ces influences est directement sous la dépendance des conditions physiques qui correspondent aux schémas du phénomène et que nous avons données plus haut. Nous avons vu jouer l'expression du coefficient de circulation efficace, où interviennent deux termes, dont l'un est une différence de potentiel, et l'autre une conductance atmosphérique ; cela conduit à considérer qu'il y a dans le processus en quelque sorte deux degrés, que l'on pourrait appeler, l'un le *bilan intérieur* et l'autre le *bilan extérieur* : le bilan intérieur va mettre en jeu dans l'organisme les modalités du débit des quantités d'électricité fournies par la force électromotrice de la chaîne ; le bilan extérieur va faire intervenir les échanges ioniques compensateurs de cet organisme avec l'atmosphère.

Dans le premier bilan, les conditions physiologiques intérieures

s'entrevoient *a priori* du fait que l'organisme au sol, objet d'une fuite électrique, est, suivant l'expression imagée de FABRE, « soumis à une électrothérapie permanente » ; en réalité il laisse débiter ses propres forces électromotrices, s'il n'y a pas en outre dans la chaîne qui le relie au sol une autre force électromotrice de supplément. Dans l'expérimentation courante, où cette dernière condition est pratiquement réalisée, c'est donc du côté des relations entre les forces électromotrices développées par l'organisme au contact de conducteurs, et le métabolisme général de l'être vivant, qu'il faut chercher une analyse du problème.

### 1) Les potentiels de platine de la peau et le métabolisme de base

Ici, nous avons un jalon de plus qui nous montre la profondeur d'une telle relation. On possède en effet des données sur le po-

$$y = b e^{ax} \quad z = \frac{\log y - \log 0.005}{-0.0396}$$

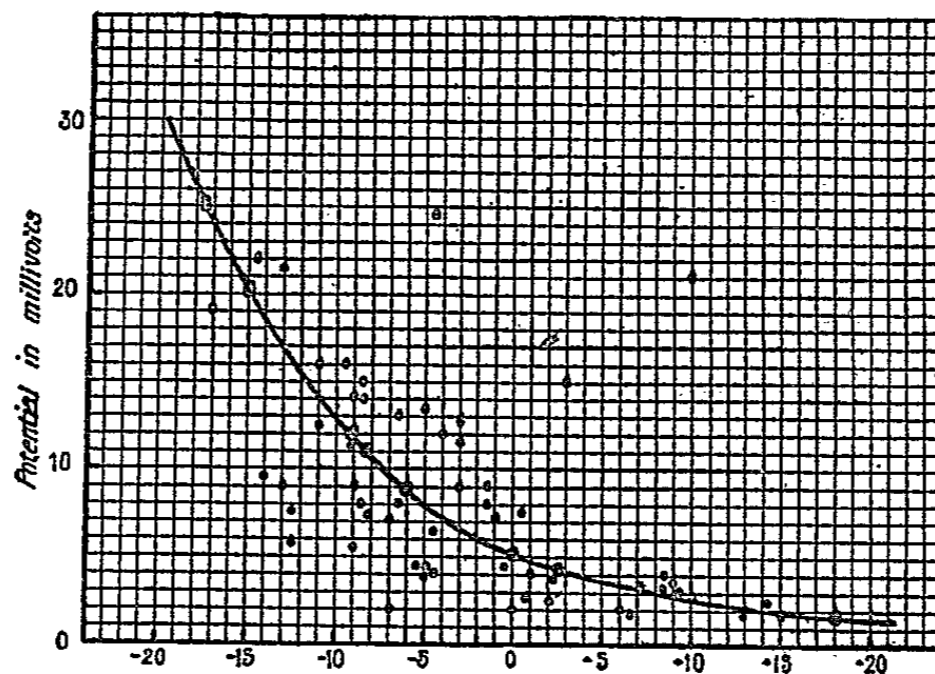


Fig. 43. — Écart du métabolisme basal en fonction du potentiel de la peau (PURDY, JOHNSON et SHEARD, 1931). *Ordonnées* : potentiel en millivolts ; *abscisses* : métabolisme basal (% au-dessus ou au-dessous de la normale) ; *en haut* : équation de la courbe.

tentiel de platine de la peau de l'Homme, c'est-à-dire sur les différences de potentiel apparaissant entre la peau et une électrode de platine, cette différence étant mesurée par une technique potentiométrique quelconque par rapport à un zéro de référence. Sur ce potentiel de platine de la peau, un travail d'ensemble

(VLÈS, GROSSMANN, GEX) (54) a été fait chez l'adulte, pour lequel on a mesuré bi-quotidiennement pendant plusieurs mois les forces électromotrices apparues entre la peau et des électrodes métalliques. Ces forces électromotrices présentent des variations, et leur analyse montre qu'elles contiennent divers éléments, les uns étant du type des différences de potentiel d'oxydo-réduction développées au niveau des sécrétions cutanées, les autres étant par exemple des éléments du « courant de peau » que connaissent bien les électrocardiographistes. Or en 1931 PURDY, JOHNSON et SHEARD (12, 13) ont montré que les *courants de peau de l'Homme sont reliés aux écarts du métabolisme basal* (fig. 43), et ils ont suggéré que l'on pourrait même avantageusement, au point de vue pratique, substituer pour cette caractérisation une méthode électrique à la technique usuelle des bilans gazeux. Les potentiels de platine de la peau incluant la dérivation des courants de peau, contiennent donc un élément qui les relie plus ou moins indirectement au métabolisme de base.

D'autre part certaines des variations du potentiel de platine de la peau de l'Homme ne sont pas absolument indépendantes de la conductance atmosphérique (VLÈS, GROSSMANN, GEX) (54). Les forces électromotrices apparues entre la peau des adultes et des électrodes métalliques ont en effet montré par instant des variations collectives (fig. 44), impliquant la notion qu'il doit y avoir à certains moments des causes extérieures générales capables de les déniveler ensemble ; l'examen ionométrique de la conductance de l'air pendant des mesures a indiqué que des chutes de potentiel collectives se produisaient le plus souvent au proche voisinage des crêtes des grandes oscillations de la conductance atmosphérique (fig. 45). Nous avons donc une relation plus ou moins médiate où nous voyons apparaître que l'ionisation atmosphérique, le métabolisme de base, et la différence de potentiel de l'organisme par rapport à une certaine électrode métallique viennent se connecter entre elles. C'est donc une donnée biologique profonde que nous allons voir surgir du problème, et qu'il faudra expliciter.

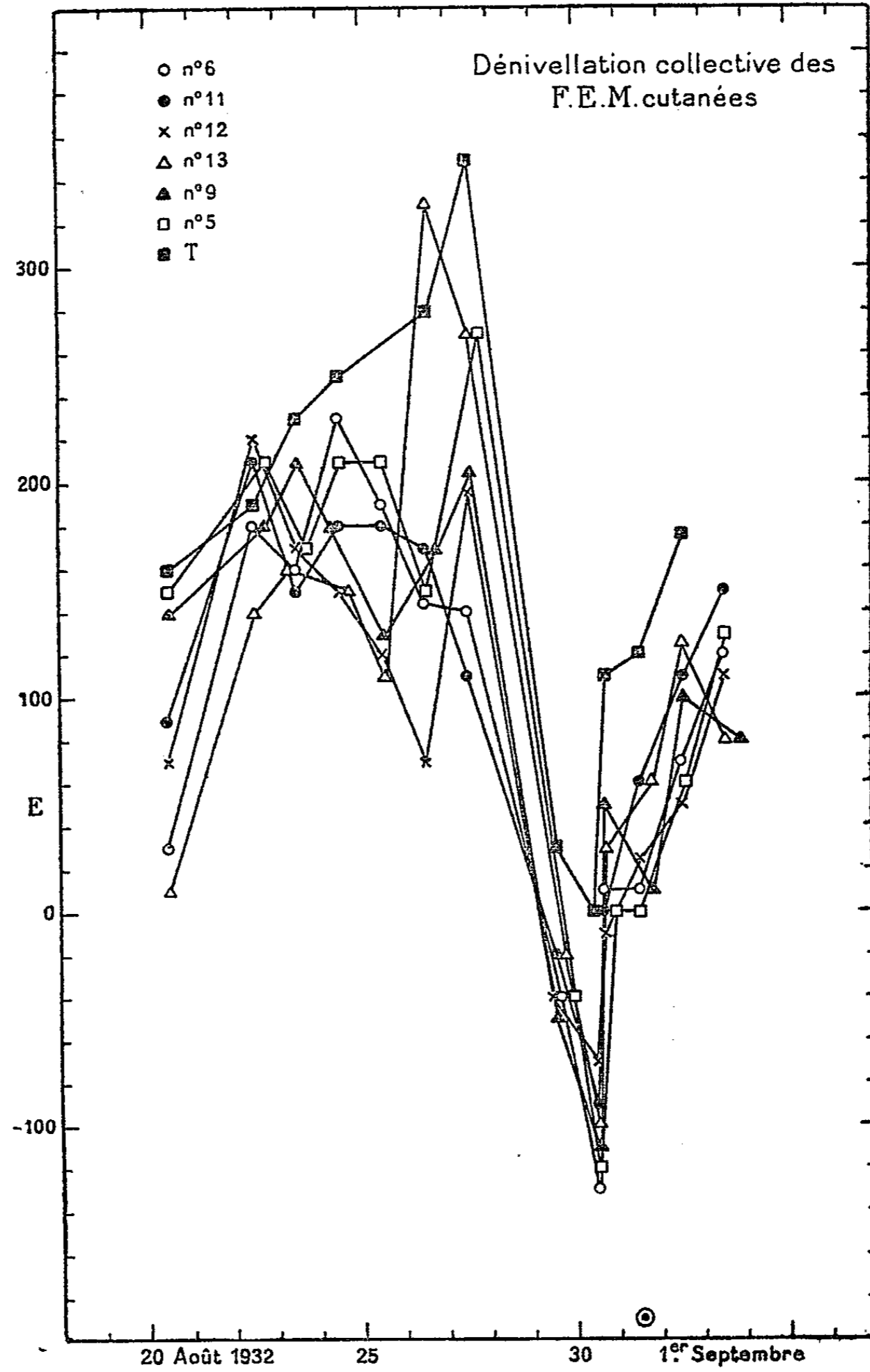


Fig. 44. — Dénivellation collective des forces électromotrices cutanées pour un groupe de six nourrissons et un adulte (T). ⊙ Eclipse solaire du 31-VIII-32 (VLÈS 1932).

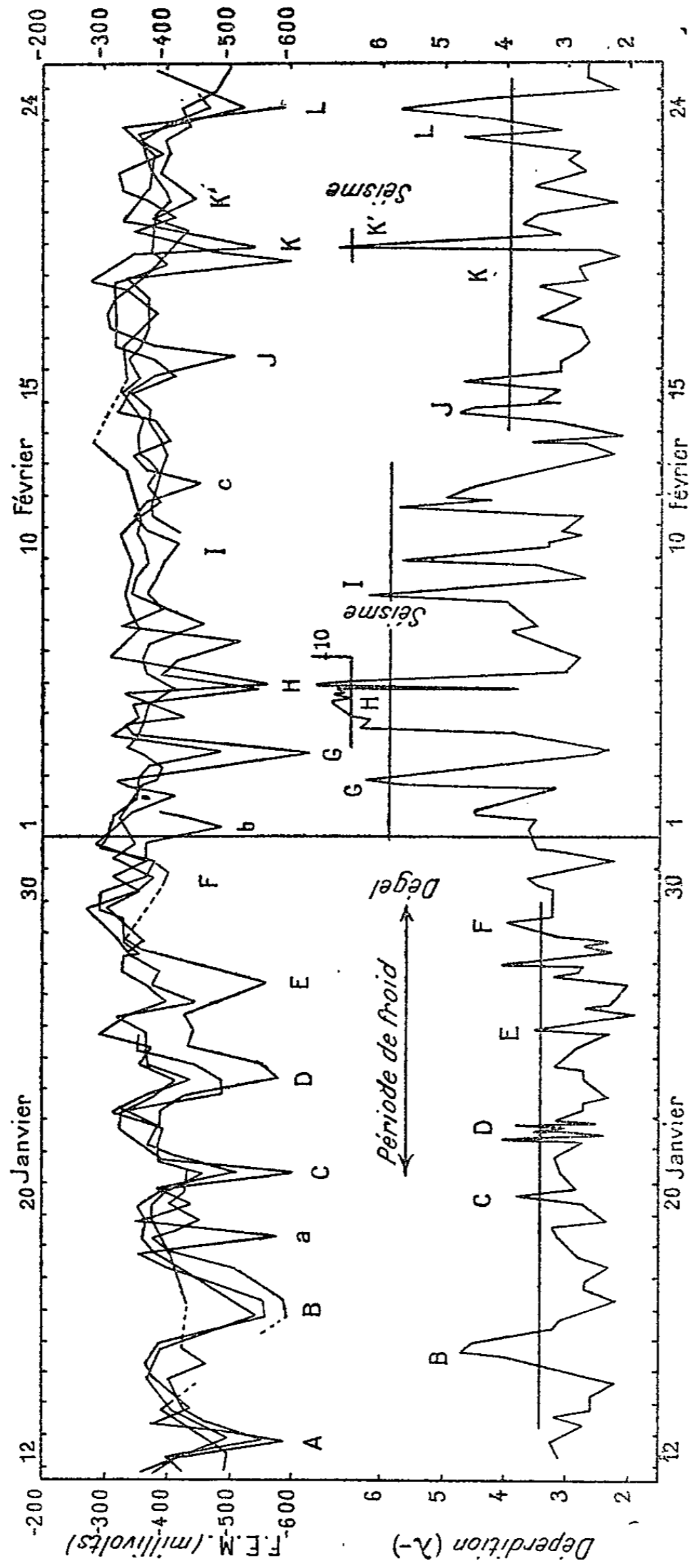


Fig. 45. — Potentiels de platine de quatre sujets (millivolts) mesurés bi-quotidiennement pendant deux mois, et présentant diverses chutes collectives plus ou moins nettes (par exemple A, B, C, D, H, L...). En bas : conductances atmosphériques pendant la même période,  $\lambda \cdot 10^5$ , (unités relatives) (VLÈS, GROSSMANN, GEX 1938).

## 2) L'hydratation et les oxydations

Les processus physico-chimiques étudiés plus haut nous ont mis en évidence une perturbation des phénomènes d'évaporation, et l'on pourrait songer à des modifications de l'hydratation tissulaire. Un point de plus, probablement plus important, nous est apporté par le rôle des phénomènes d'oxydation que nous avons vu jouer dans certains des problèmes biologiques précédents, suivant l'isolement ou la mise au sol ; nous avons vu ce phénomène en particulier pour la terre végétale des pots de plantes ; nous l'avons retrouvé encore amplifié dans les réactions physico-chimiques que nous avons étudiées dans le chapitre précédent : en passant de la mise au sol à l'isolement, on modifie le déroulement d'un certain processus d'oxydation. Le problème prend un jour spécial si l'on se rappelle que (ERIKSON <sup>(7b)</sup>, LAPORTE, <sup>(7d)</sup>, etc.) les petits ions négatifs atmosphériques sont des ions d'oxygène, et que l'organisme en respirant doit se charger négativement. On pourrait supposer en première approximation que l'objet-organisme mis à la terre, et par conséquent devenu négatif dans le champ terrestre par rapport à l'atmosphère voisine, n'attire plus ou attire moins les petits ions négatifs d'oxygène, et que l'on freine ainsi l'oxygénation du système ; tout se passerait en somme comme si on faisait respirer l'organisme dans un milieu gazeux ayant en oxygène une pression partielle déficiente. En réalité, quoique le schéma du phénomène puisse être admis, les choses sont probablement moins simplistes : les gros ions intermédiaires, qui sont les ions influents au point de vue biologique, doivent aussi jouer un rôle, soit en ayant fixé eux-mêmes des ions d'oxygène, soit inversement en apportant un élément réducteur ; le problème est à analyser.

## 3) Influence des ions sur l'organisme

Mais sous cette forme cette part du problème rejoint d'ailleurs directement la seconde partie, celle du bilan extérieur, c'est-à-dire l'étude des échanges ioniques de l'organisme avec l'atmosphère périphérique ; ici nous avons déjà tout un corps de recherches parallèles dans lesquelles les auteurs ont procédé par la voie expéri-

mentale en examinant l'action, sur des organismes, de gaz chargés artificiellement d'ions de natures et de signes déterminés (DESSAUER<sup>(6)</sup>, TCHIJEVSKY<sup>(15)</sup>, MERCIER et JOYET<sup>(9)</sup>, JANITZKY<sup>(7c)</sup>, etc.). Des applications cliniques ont même été envisagées et réalisées. On sait déjà, au point de vue topographique, que l'air artificiellement ionisé fait pénétrer ses ions à des profondeurs plus ou moins grandes dans le système respiratoire, les voies buccales et pharyngo-trachéennes en gardant près de la moitié, et une petite quantité parvenant jusqu'aux poumons<sup>(1)</sup>. Mais au delà le mécanisme physiologique est à discuter<sup>(2)</sup>. Il y aurait lieu d'autre part d'étudier en détails comment se comporte le spectre d'ionisation dans le cas de l'atmosphère naturelle, au point de vue de l'absorbabilité par

(1) PONTIUS, BARDONNET et NICOLAS ont aussi montré (1939) (56), en mesurant l'ionisation résiduelle d'un courant d'air ayant traversé un larynx et une trachée, que les ions arrivent éventuellement jusqu'aux bronches, et que le comportement n'est évidemment pas le même suivant que la trachée est ou non mise à la terre.

(2) TCHIJEVSKY (19), dans une théorie par laquelle il tente d'interpréter nos premiers résultats expérimentaux, considère que l'organisme à la terre étant négatif par rapport à l'atmosphère attire les ions positifs, tandis que l'isolé prendrait « une charge superficielle positive » et attirerait les ions négatifs (ceci est d'ailleurs discutabile, d'après les données usuelles sur la charge que prennent spontanément les organismes). Quoi qu'il en soit les aéroions ayant pénétré dans le poumon et ayant été absorbés, transmettraient leur charge à des éléments du sang circulant, et les colloïdes du plasma auraient leur stabilité diminuée dans un apport d'aéroions positifs, augmentée dans celui d'aéroions négatifs ; on devrait avoir en conséquence des modifications des points isoélectriques tissulaires retentissant à leur tour, suivant les données antérieures de VLÈS et de COULON (45 b), sur la réceptivité à diverses affections (comme par exemple le cancer). Nous avons discuté par ailleurs (38 b) et n'y revenons pas, le côté expérimental du problème, et en particulier les essais où TCHIJEVSKY tente de décaler les points isoélectriques musculaires de Souris soumises à des courants d'air ionisé, essais qui n'emportent pas la conviction. D'une façon générale, pour TCHIJEVSKI, l'influence des ions — sur un organisme est « favorable », celle des ions + « défavorable », et cela suffirait à expliquer les différences par mise au sol dans les divers processus biologiques connus. Mais ceci se heurte au fait que ce sont quelquefois les organismes au sol, captant par conséquent les ions +, qui, dans certaines conditions prévues par le coefficient de circulation efficace, sont avantagés par rapport aux isolés.

En réalité le problème semble moins simple qu'une liaison aussi directe entre l'apport d'une charge extérieure dans un organisme et une modification des points isoélectriques des tissus de celui-ci, parce que ce bilan ne tient pas compte de l'intervention d'une chaîne de processus intermédiaires : le simple appoint d'une charge positive sur un ampholyte protidique, est-il susceptible de provoquer l'oxydation de celui-ci par enlèvement d'un électron ou de modifier les  $pK$  des carboxyles et des fonctions aminées, qui déterminent le point isoélec-

les poumons (1). Il y a là une question qui est en dehors de notre présent problème, et que nous développerons par ailleurs (2).

Pour l'être vivant respirant et perspirant dans l'atmosphère, c'est donc finalement du côté des perturbations du métabolisme général dans ses éléments les plus profonds, les oxydo-réductions tissulaires ou peut-être aussi l'hydratation, qu'il faudra chercher l'interprétation des phénomènes de mise au sol. Mais sans attendre l'élucidation de ces données, il est déjà évident qu'au point de vue pratique, on ne peut plus négliger dans beaucoup d'expériences biologiques de vérifier dans quelles conditions électriques par rapport à la terre se trouvent les organismes examinés : il faut se demander si beaucoup de recherches faites sur le métabolisme des Mammifères par exemple, dans lesquelles on s'est contenté de mettre les animaux en cages sans chercher dans quelles conditions électriques ils étaient, et sans même fixer *a priori* une condition standard, ne mériteraient pas une révision de seconde approximation, — ne fût-ce que pour ne pas laisser un facteur aux mains du Hasard. De même, au point de vue médical, peut-être ne faudrait-il pas non plus négliger, dans une tentative pour le moment empirique, l'aide accessoire que pourraient représenter dans certaines déficiences du métabolisme pathologique, un isolement ou une mise au sol judicieusement conduits. Enfin, au point de vue d'industries biologiques, l'utilisation de données comme celles que TIRELLI a obtenues dans le développement des Vers à soie, pourrait-elle

---

trique ? Il est difficile de faire abstraction, sous la charge, de la nature moléculaire de l'ion lui-même introduit : la charge qu'il possède comme aéroion peut n'avoir rien de commun avec les fonctions chimiques que la molécule est capable de développer quand elle passe en solution.

(1) Au point de vue biologique comme au point de vue physico-chimique, le spectre des ions captés par le système n'est pas indifférent : gros ions et petits ions n'ont pas les mêmes effets, et ce ne sont probablement pas les mêmes qui sont opérants pour les systèmes biologiques ou physico-chimiques. Les ions cliniques de DESSAUER sont des ions intermédiaires ; les petits ions doivent jouer dans les réactions du type chimique, etc.

(2) Diverses données pathologiques ou épidémiologiques seraient à rappeler ici, dont plusieurs se relieraient plus ou moins directement aux mêmes problèmes : ainsi la coïncidence des maxima d'une épidémie de poliomyélite infantile (fig. 46) (1930, Bas-Rhin) avec les maxima de conductance atmosphérique (VLÈS) (31), la localisation des hémoptysies groupées des tuberculeux aux périodes où le rapport  $\frac{\lambda_+}{\lambda}$  s'élève au-dessus d'un certain seuil (CHAIZE) (3c), etc.



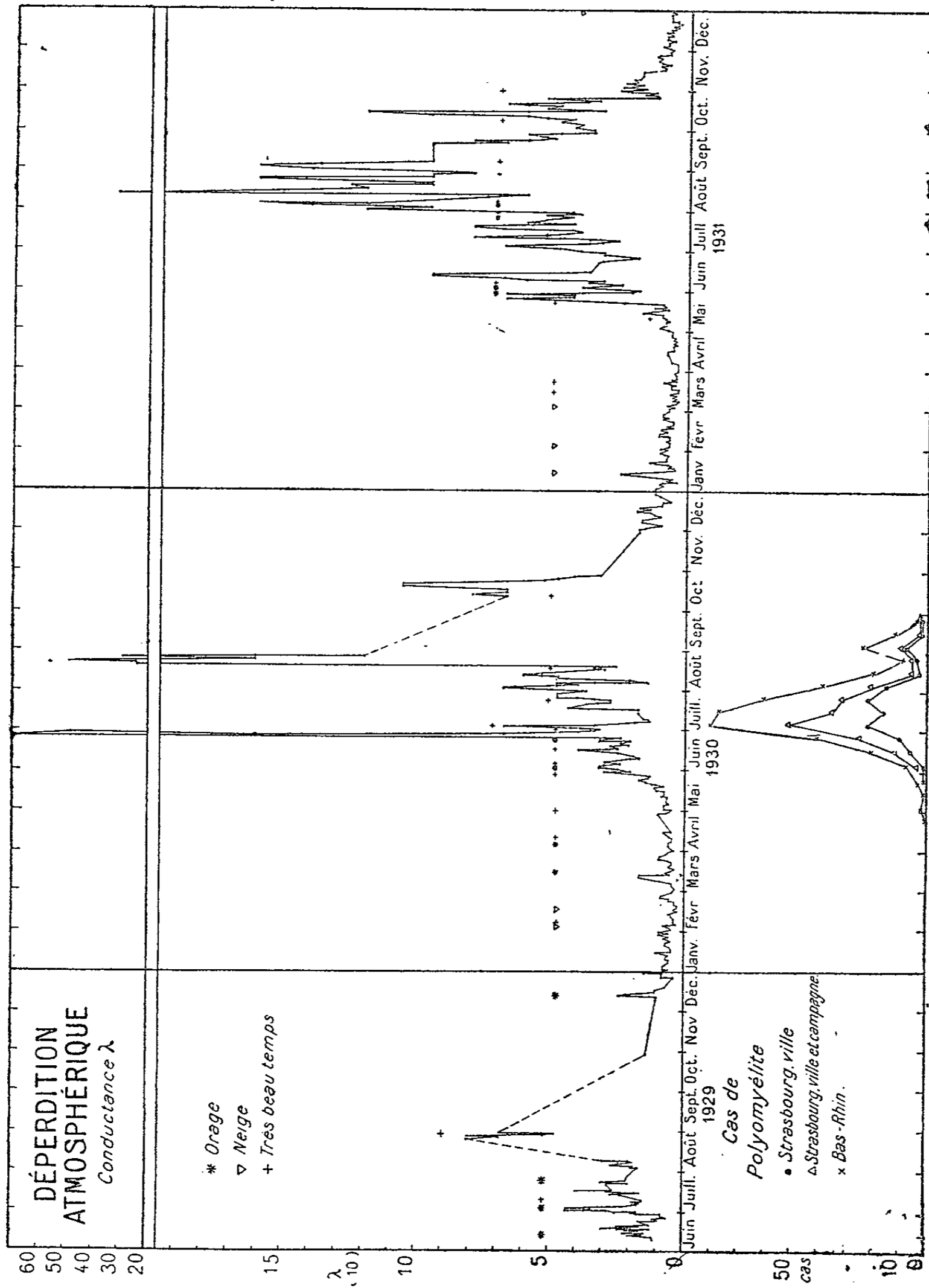


Fig. 46. — Statistiques de l'épidémie de poliomyélite dans le Bas-Rhin en 1930, et des cas isolés de 1931, en rapport avec la conductance atmosphérique  $\lambda$  (Vilès 1932).

conduire à des améliorations de rendement. Dans des domaines très divers, les possibilités d'avenir, pour les applications des phénomènes que nous avons étudiés dans ce petit volume, ne sont pas sans présenter de l'intérêt et de l'importance. Les problèmes se posent, et méritent en tout cas d'être discutés.



## BIBLIOGRAPHIE

(Les mémoires marqués \* ne se rapportent pas directement au problème de la mise au sol).

- 1a. ANGUENOT, GAULT et VLÈS. — Les huiles lourdes de chauffage. *Congrès des Combustibles*, 1923.
- 1b. ARLOING F., THÉVENOT L. et VIALLIER J. — Influence de la connexion électrique avec la terre sur le développement de cultures microbiennes variées et sur diverses fermentations. *C. R. Soc. biol.*, 1939, CXXX, p. 365.
2. BEITZKE H. — Können durch Erdstrahlen Krebse erzeugt werden ? *Wiener Klin. Wochenschr.*, 26 juillet 1935, n° 30, p. 959.
- 3a. BEITZKE H. — Können durch Erdstrahlen Krebse erzeugt werden ? (2<sup>te</sup> Mitteilung). *Wiener Klin. Wochenschr.*, 1937, n° 1.
- 3b. BOUTARIC A. — Influence de l'isolement électrique sur les êtres vivants et les phénomènes physico-chimiques. *La Nature*, 1936, n° 2977, p. 433.
- 3c. CHAIZE. — *Bull. Méd. de Cambo*, 4<sup>e</sup> trimestre 1932.
- \*3d. CHAUVEAU B. — Électricité atmosphérique. Paris, G. Doin, 1922, 3 volumes.
4. COULON A. de et UGO A. — Un facteur influençant le temps d'incubation des œufs de Poule. *C. R. Soc. biol.*, 1933, CXIV, p. 23.
5. COULON A. de et UGO A. — Facteur atmosphérique influençant la croissance des Souris. *C. R. Soc. biol.*, 1923, CXIV, p. 26.
- \*6. DESSAUER F. — Zehn Jahre Forschung auf dem physikalisch-medizinischen Grenzgebiet. G. Thieme, Leipzig, 1931.
- \*7a. EVANS. — *J. Chem. Soc.*, 1927.
- \*7b. ERIKSON. — Nature of the negativ and positif ions in air. *Phys. rev.*, 1922, 20, série 2, p. 117.
- \*7c. JANITZKY A. — Ladungsbilanz bei der Atmung unipolar beladener Luft, in : DESSAUER. Zehn Jahre Forschung auf dem physikalisch-medizinischen Grenzgebiet. G. Thieme, Leipzig, 1931.
- \*7d. LAPORTE M. — Recherches expérimentales sur les mobilités des ions dans les gaz. *Annales de Physique*, 1927, VIII, p. 466.
- 8a. LAPOSTOLLE. — Traité de parafoudre et de paragrêle en corde de paille. Amiens, 1820, pp. 82-85.
- \*8b. MATHIAS E. — Traité d'électricité atmosphérique et tellurgique. Paris, Presses Universitaires, 1924, 580 pages.
- \*8c. MAURIN CH. — Physique du globe. Paris, Collect. A. Colin, 1923.
- \*9. MERCIER P. et JOYET G. — Contribution à l'étude de l'action biologique de l'air ionisé. Première partie : Installation de courants d'air ionisé, portant des charges positives ou négatives, ou des deux signes, avec le

- contrôle des densités ioniques. *Arch. Phys. biol.*, 1936, XIII, n° 3-4, p. 220.
10. PALLAS E. — Influence de l'électricité atmosphérique et terrestre sur l'organisme. Paris. Masson, 1847.
- \*11. POUILLET. — Ueber die Elektrizität der elastischen Flüssigkeiten und eine der Ursachen der atmosphärischen Elektrizität. *Poggendorff Ann. der Physik u. Chemie*, 1827, 417.
- \*12. PURDY, JOHNSON, SHEARD. — *Science*, 1931, 73, 46.
- \*13. PURDY CH. et SHEARD CH. — Factors influencing the correlation between differences of electric potential in the skin of human subjects and basal metabolism. — *The Journ. of exp. med.*, 1931, 789-800, 54.
14. ROFFO A. E. — Variaciones del peso de la rata blanca durante su crecimiento estando electricamente conectada o aislada de la tierra. *Bol. Inst. Medic. exp.*, 1938, XV, n° 47, p. 33.
15. ROFFO A. H. et ROFFO A. E. — Variaciones de la malignidad del tejido neoplasico en las ratas inoculadas, estando aisladas o conectadas electricamente con la tierra. *Bol. Inst. Medic. exp.*, 1938, XV, n° 47, p. 23.
16. ROHMER P., VLÈS F., GROSSMANN A. et SCHNEEGANS E. — Observations sur le comportement de nourrissons malades en état de connexion électrique avec le sol et en état d'isolement. — 8<sup>e</sup> Congrès des Pédiâtres de Langue française, Paris, 9-11 juillet 1934.
- \*17. SAIDMANN J. — L'effet photoélectrique produit par les rayons ultraviolets chez l'homme. *C. R. Ac. Sc.*, 1925, 180, 693.
18. SCHORER. — *Schweiz. Mediz. Woch.*, 2 mai 1931, 18, p. 424.
- \*19. TCHIJEVSKY. — Aéroionisation en médecine. Rapport du laboratoire central pour la recherche scientifique sur l'ionisation. Voronej, 1934 (en russe).
- \*20. TCHIJEVSKY. — Les épidémies et les perturbations électromagnétiques du milieu extérieur. Paris, édit. Hippocrate, 1938, 238 pages.
21. TIRELLI. — Influenza del contatto a terra sulla germinazione del grano e del gelso. *Annali di Botanica*, 1934, XX, fasc. III, 1934.
22. TIRELLI. — *Ann. d. R. Stazione Bacologica sperimentale*, Padova, 1936, vol. 48, 625.
23. TIRELLI. — Action de la connexion électrique avec le sol sur la germination de quelques plantes et sur le développement du ver à soie. *Arch. Phys. biol.*, 1937, XIV, n° 1-2, p. 98.
24. TIRELLI. — Influenza del contatto a terra e dell isolamento de terra sullo sviluppo del *Bombyx mori* L. *Riv. di Biologica*, 1937, vol. 22, fasc. 2 ; e : *Ann. d. R. Stazione Bacologica sperimentale*, Padova, 1937, vol. 49.
25. VIERSSEN TRIP H.-L. van. — Electrostatiche invloeden op Gezwelgroci. *Nederl. Tijdschr. Geneesk.*, 1933, pp. 865-874.
26. VLÈS F. — Sur le comportement d'organismes dans certaines conditions de connexion à la terre. *C. R. Soc. biol.*, 1930, CIV, 892.
27. VLÈS F. — Sur quelques facteurs physico-chimiques intervenant dans la connexion des organismes à la terre. *C. R. Soc. biol.*, 1930, CIV, 894.
28. VLÈS F. — Recherches sur le comportement d'organismes dans certaines conditions de connexion électrique avec le sol ; introduction à l'étude biologique de la déperdition atmosphérique. *Arch. Phys. biol.*, 1930, VIII, n° 3-4, pp. 182-281.
29. VLÈS F. — Documents pour servir à l'étude du rôle des facteurs électriques

- dans l'évolution des embryons d'Oursin. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 1931, n° 586 et *Arch. Phys. biol.*, 1932, IX, n° 3-4, pp. 173-200.
30. VLÈS F. — Sur les propriétés électriques de l'atmosphère au cours de l'épidémie de poliomyélite du Bas-Rhin en 1930. *Bull. Ac. Méc.*, 1932, CVII, n° 7.
- Remarques sur les propriétés électriques de l'atmosphère pendant l'épidémie de poliomyélite du Bas-Rhin en 1930. *Arch. Phys. biol.*, 1933, X, n° 2, pp. 144-147.
31. VLÈS F. — Titres et travaux scientifiques. Paris, Vigot, 1931, p. 192.
32. VLÈS F. — La capacité des organismes par rapport à la terre. *Réunion de Phys. biol. de Strasbourg*, 27 avril 1932, *Arch. Phys. biol.*, 1933, X, n° 2, p. 149.
33. VLÈS F. — Ionomètre pour la mesure de la déperdition atmosphérique. *Réun. Phys. biol. de Strasbourg*, 27 février 1931, *Arch. Phys. biol.*, IX, n° 1, p. 75.
34. VLÈS F. — Recherches sur l'intervention des conditions électriques dans la croissance des enfants. *C. R. Ac. Sc.*, 1933, 196, p. 62.
35. VLÈS F. — Sur les corrélations entre l'évolution des poids des nourrissons et les propriétés électriques manifestées à leur niveau. *C. R. Ac. Sc.*, 1933, 196, p. 216.
36. VLÈS F. — Un nouveau type d'ionomètre. *C. R. Réun. Phys. biol. de Strasbourg*, 1<sup>er</sup> décembre 1933, *Arch. Phys. biol.*, XI, n° 1, p. 73.
- Les données sur l'ionomètre à compensation ; la mesure des hautes résistances. — *C. R. Réun. Phys. biol. de Strasbourg*, 22 juin 1934, *Arch. Phys. biol.*, XI, n° 4, p. 355.
- Nouveau type d'ionomètre et d'ohmmètre pour grandes résistances ; applications à la mesure de la conductivité atmosphérique. *Arch. Phys. biol.*, 1934, XI, n° 4, pp. 293-332.
- Ionomètre à compensation pour la mesure de la conductivité atmosphérique. *Atti del 1<sup>o</sup> Congresso internazionale di Elettro-Radiobiologica*, Venezia, 10-15 settembre 1934, vol. II, pp. 1330-1339.
- \*37. VLÈS F. — Note de laboratoire. — Sur la détection de champs parasites dans les habitations. *Arch. Phys. biol.*, 1934, XI, n° 4, pp. 359-361.
- 38a. VLÈS F. — Revue des données actuelles sur le comportement des organismes électriquement connectés, ou non, au sol. *Atti del 1<sup>o</sup> Congresso internazionale di Elettro-Radiobiologica*, Venezia, 10-15 settembre 1934, vol. II, pp. 1296-1329.
- 38b. VLÈS F. — Les données actuelles sur le comportement des organismes électriquement connectés au sol, ou isolés de celui-ci. *Arch. Electr. Méd.*, 1935, n° 608, pp. 257-280.
39. VLÈS F. — Les indications du poste météorologique de l'Institut de Physique biologique. *C. R. Réun. Phys. biol. de Strasbourg*, 17 mai 1935, *Arch. Phys. biol.*, XII, n° 4, p. 287.
- \*40. VLÈS F. — Notes de laboratoire. — XII. Pile atmosphérique à force électromotrice renversable. *Arch. Phys. biol.*, 1936, XIII, n° 1, pp. 114-119.
41. VLÈS F. et COULON A. de. — Observations sur les différences de réceptivité pour certains cancers, en parallèle avec la connexion des organismes au sol. *Arch. Phys. biol.*, 1930, VIII, n° 3-4, pp. 282-285.

42. VLÈS F. et COULON A. de. — Sur une intervention des conditions électrostatiques dans l'apparition de certains cancers spontanés. *C. R. Ac. Sc.*, 1932, 194, p. 750.
43. VLÈS F. et COULON A. de. — Nouvelles expériences sur le rôle des conditions électrostatiques dans l'apparition de cancers spontanés de la Souris. *C. R. Ac. Sc.*, 1932, 195, p. 586.
44. VLÈS F. et COULON A. de. — Recherches sur les propriétés physico-chimiques des tissus en relation avec l'état normal et pathologique de l'organisme. *14<sup>e</sup> partie* : Observations préliminaires sur les conditions du cancer spontané de la Souris. *Arch. Phys. biol.*, 1932, IX, n° 3-4, pp. 257-266.
- 45a. VLÈS F. et COULON A. de. — *16<sup>e</sup> partie* : Nouvelles recherches sur les cancers liées aux conditions électrostatiques. *Arch. Phys. biol.*, 1933, X, n° 2, pp. 123-129.
- \*45b. VLÈS F. et COULON A. de. — Dix ans de recherches relatives à une physico-chimie du cancer. *Arch. Phys. biol.*, 1933, XI, n° 1, pp. 1-30.
46. VLÈS F. et COULON A. de. — Remarques sur les conditions électriques d'apparition des cancers spontanés des Souris au sol ; influence des différences de potentiel cage-terre. *Volume jubilaire* du Prof. ROFFO. Buenos-Aires, 1935.
47. VLÈS F. et COULON A. de. — Données électriques sur la cancérisation des Souris au sol. *C. R. Réun. Phys. biol. de Strasbourg*, 5 avril 1935, *Arch. Phys. biol.*, XII, n° 4, p. 285.
48. VLÈS F. et COULON A. de. — Étude des divers facteurs physiques et physico-chimiques cancérigènes. *Congrès du Cancer*, Bruxelles, 1936, Rapports, pp. 88-114.
49. VLÈS F. et COULON A. de. — Recherches sur les propriétés physico-chimiques des tissus en relation avec l'état normal ou pathologique de l'organisme. *22<sup>e</sup> partie* : Suite des expériences sur la cancérisation spontanée des Souris au sol et isolées. *Arch. Phys. biol.*, 1936, XIII, n° 2, pp. 150-176.
50. VLÈS F., COULON A. de et UGO A. — Sur les facteurs de l'évolution des cancers de goudron chez la Souris. *C. R. Ac. Sc.*, 1931, 193, p. 893.
51. VLÈS F., COULON A. de et UGO A. — Recherches sur les propriétés physico-chimiques des tissus en relation avec l'état normal et pathologique de l'organisme, *11<sup>e</sup> partie* : Études statistiques sur le cancer de goudron et les facteurs de son évolution. *Arch. Phys. biol.*, 1932, IX, n° 3-4, pp. 209-234.
52. VLÈS F., COULON A. de et UGO A. — Les statistiques de survie dans les cancers de goudron de la Souris après l'enlèvement de la tumeur ; étude du rôle toxique de celle-ci. *C. R. Ac. Sc.*, 1934, 199, p. 245.
53. VLÈS F. et GEX M. — Sur une réaction physico-chimique se modifiant d'après la connexion électrique avec le sol. *C. R. Ac. Sc.*, 1933, 197, p. 777.
- VLÈS F. et GEX M. — Recherches sur les réactions physico-chimiques modifiées par connexion électrique avec le sol. *Arch. Phys. biol.*, 1935, XII, n° 2, p. 74.
- \*54. VLÈS F., GROSSMANN A. et GEX M. — Sur les forces électromotrices développées par l'homme en contact avec un conducteur métallique. *C. R. Ac. Sc.*, 1933, 196, p. 965.

- \*55. CLAY et DEY. — *Physica*, 5, 125, 1938.
  - 56. PONTIUS, BARDONNET, NICOLAS. — Sur les conditions physiques du cheminement des ions dans les voies respiratoires. *Arch. Electr. Méd.*, 47, 644, p. 48, 1939.
  - 57. UGO. — *Arch. phys. biol.*, XV, 2-3, 1939 (sous presse).
  - \*58. SALLES. — Conductibilité de l'atmosphère. *Congrès internat. d'Electricité*, 1932.
  - \*59. WAIT et TORRESON. — Facteurs affectant la conductibilité électrique de l'atmosphère. *Congrès internat. d'Electricité*, XII, p. 159, 1932, Paris.
-

## LISTE DES PLANCHES

- Pl. I. — (Fig. 7) : Ionomètre à compensation.
- Pl. II. — (Fig. 11) : Dispositif de planches isolées du sol pour les expériences.
- Pl. III. — (Fig. 12) : Dispositif de planches d'isolement pour la culture des plantes.
- Pl. IV. — (Fig. 13) : Deux lots de *Lolium*, en terre avec électrodes d'Al, ayant poussé, l'un connecté au sol, l'autre isolé.  
(Fig. 14) : Deux lots de *Lolium* en terre avec électrodes de Pb ; au sol ou isolé.
- Pl. V. — (Fig. 17) : Plantules de *Sinapis alba* en connexion avec le sol ou isolées (Tirelli, 1937).
- Pl. VI. — (Fig. 22 *b*) : Poste ionométrique installé en salle de clinique.
- Pl. VII. — (Fig. 22) : Berceaux isolés pour les nourrissons.
- Pl. VIII. — (Fig. 30) : Dispositif de cages isolées dans l'élevage de Souris de Lausanne (Vlès et de Coulon).



PLANCHE I

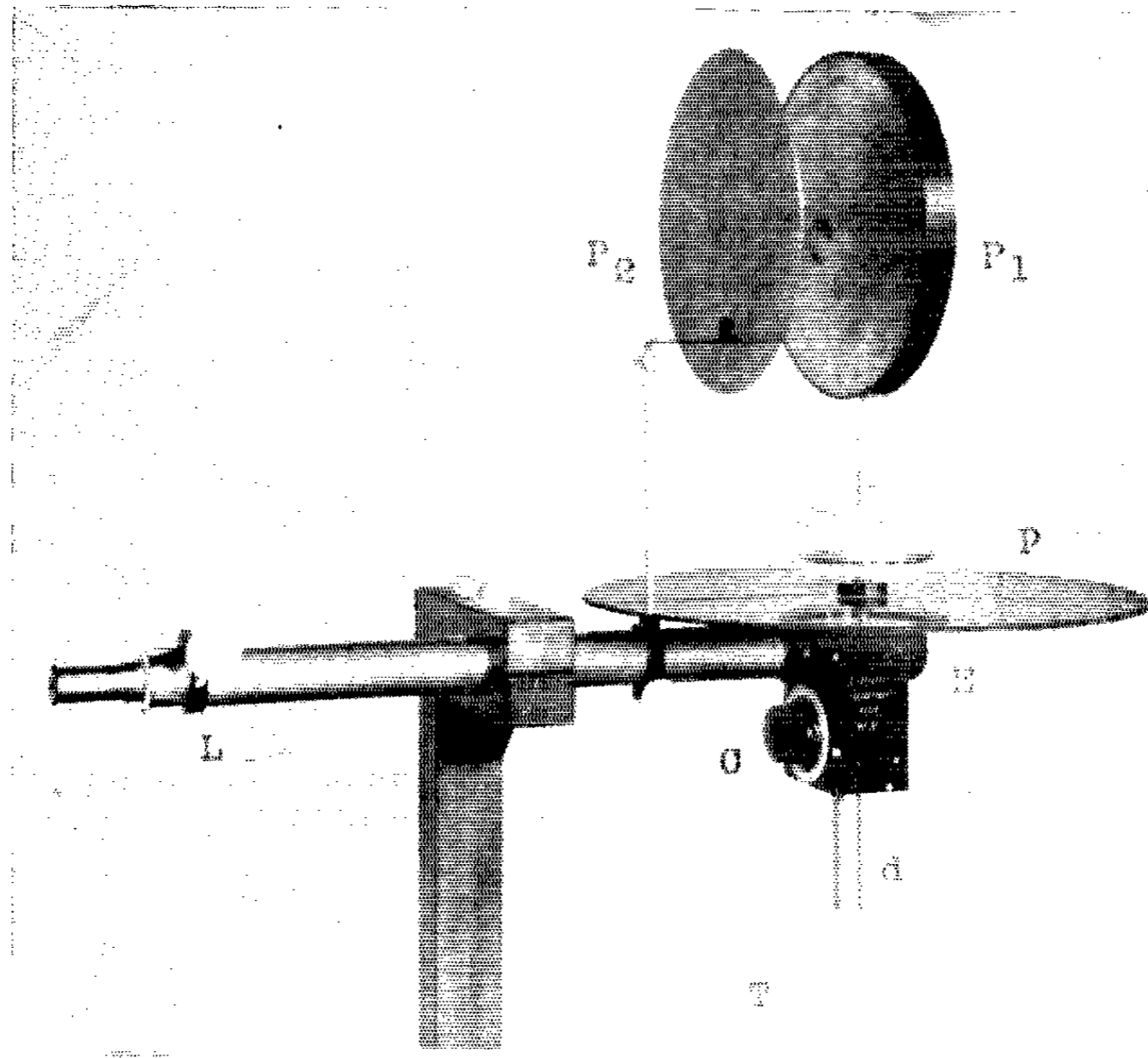


Fig. 7. — Ionomètre à compensation : voir le schéma figure 6.  $P_1$ ,  $P_2$ , plateaux ; E, électroscope ; C, condensateur variable ; T, terre ; L, lunette d'observation de l'électroscope ; d, dessiccateur ; P, plaque d'ébonite (VLÈS 1934).

PLANCHE II

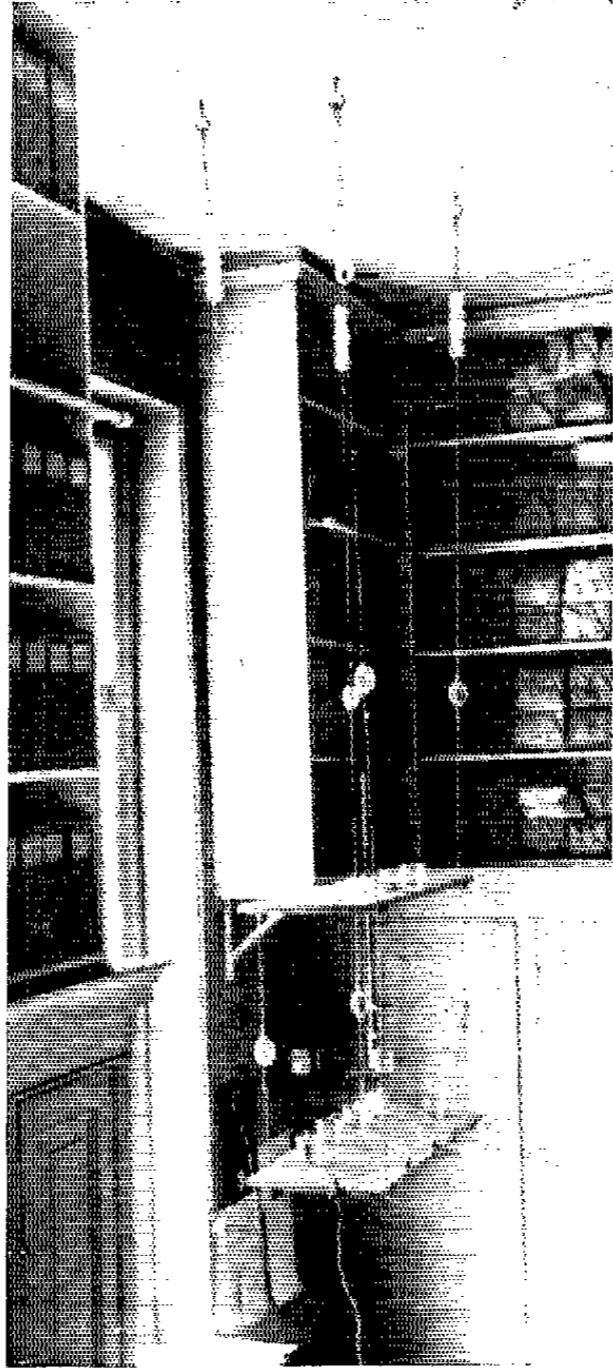


Fig. 11. -- Exemple d'un dispositif de planches isolées du sol pour les expériences (VLÉS et GEX, 1935).

PLANCHE III

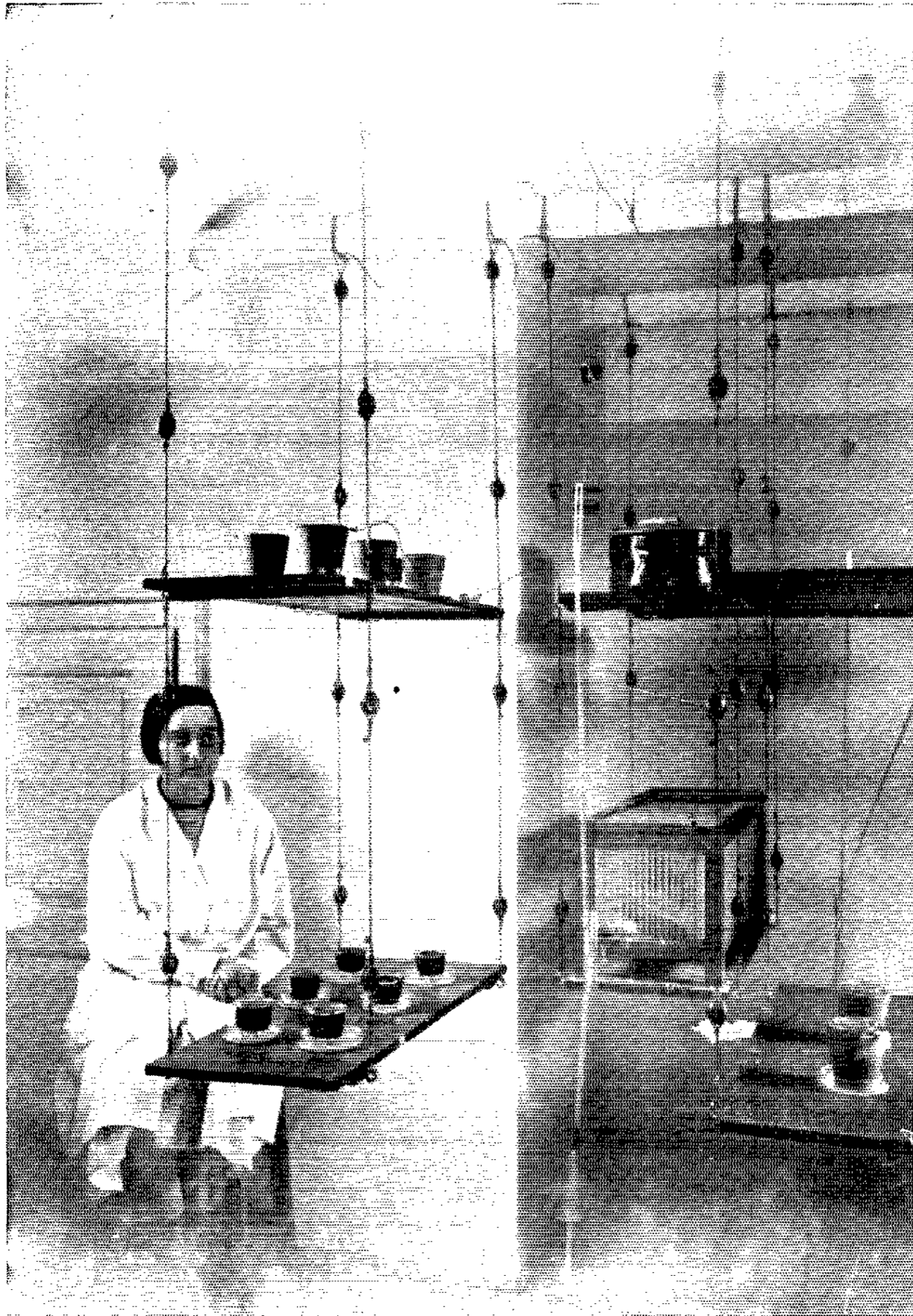


Fig. 12. — Dispositif des planches d'isolement pour la culture des plantes  
(VLÈS 1930).

PLANCHE IV



Fig. 13. — Deux lots de *Lolium* en terre avec électrodes d'Al, ayant poussé l'un connecté au sol (à droite), l'autre isolé (à gauche) (VLÈS 1930).



Fig. 14. — Deux lots de *Lolium* en terre avec électrodes de Pb au sol (à droite) ou isolé (à gauche), et correspondant à un gain de poids de 24 % (VLÈS 1930)

PLANCHE V

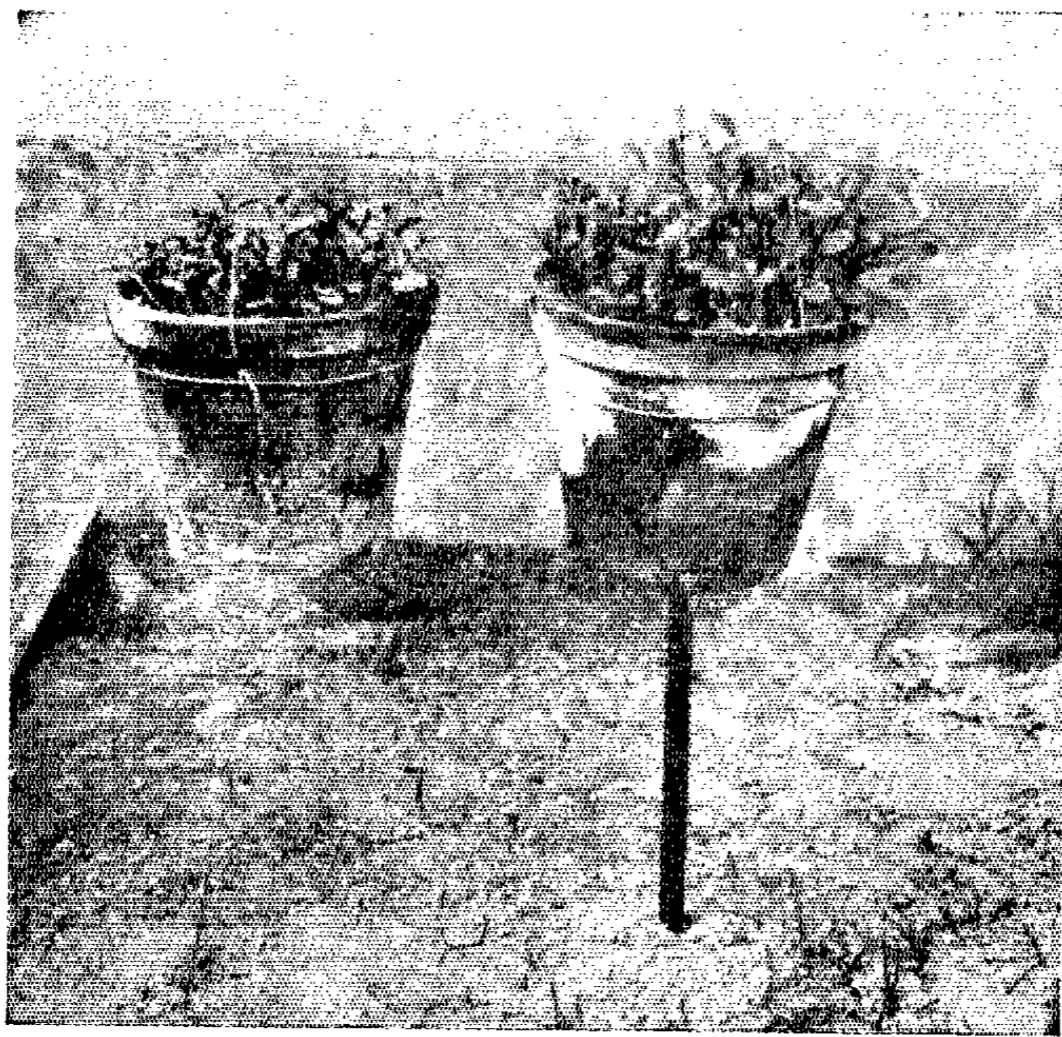


Fig. 17. — Plantules de *Sinapis alba* en connexion avec le sol ou isolées  
(TIRELLI, 1937).

PLANCHE VI

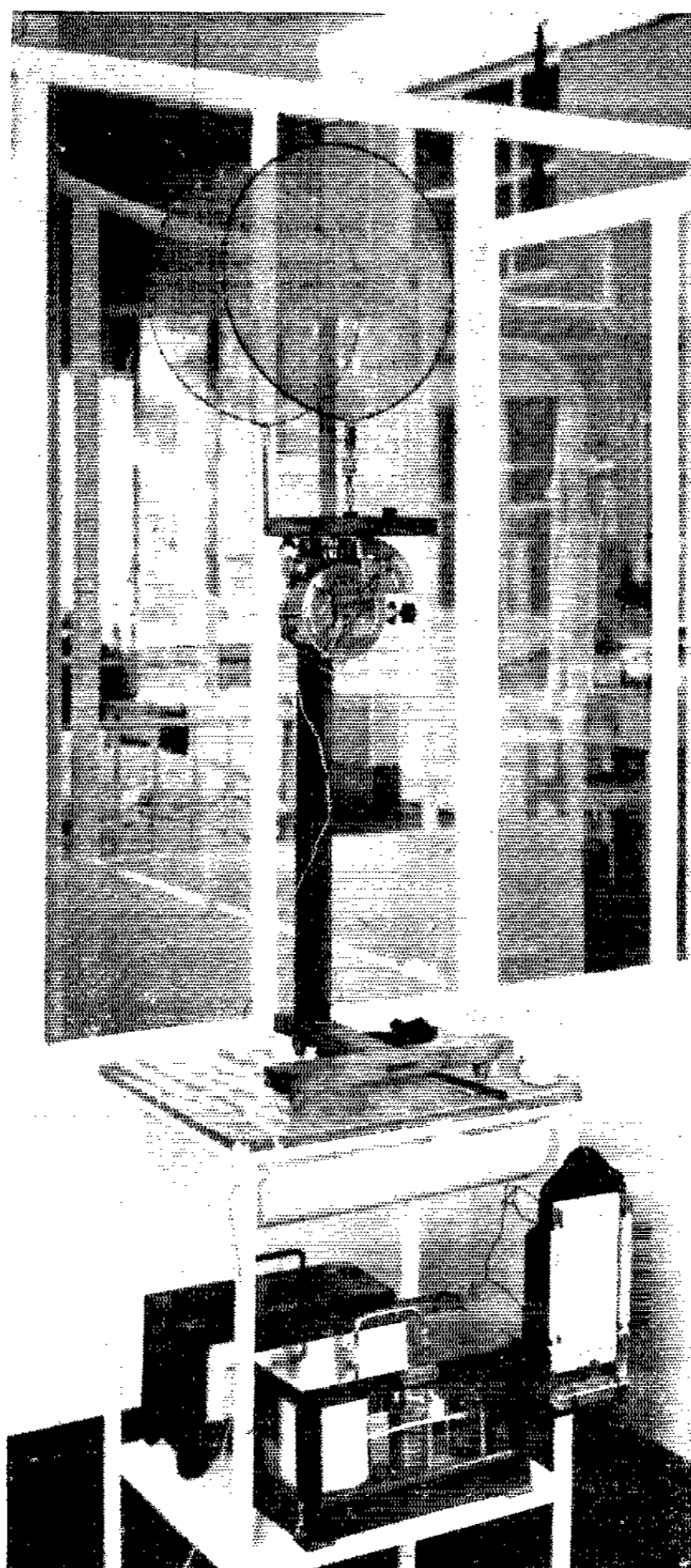


Fig. 22b. — Poste ionométrique installé en salle de clinique ; *en haut* : ionomètre ; *en bas* : baromètre et thermomètre enregistreurs ; psychromètre.



PLANCHE VII

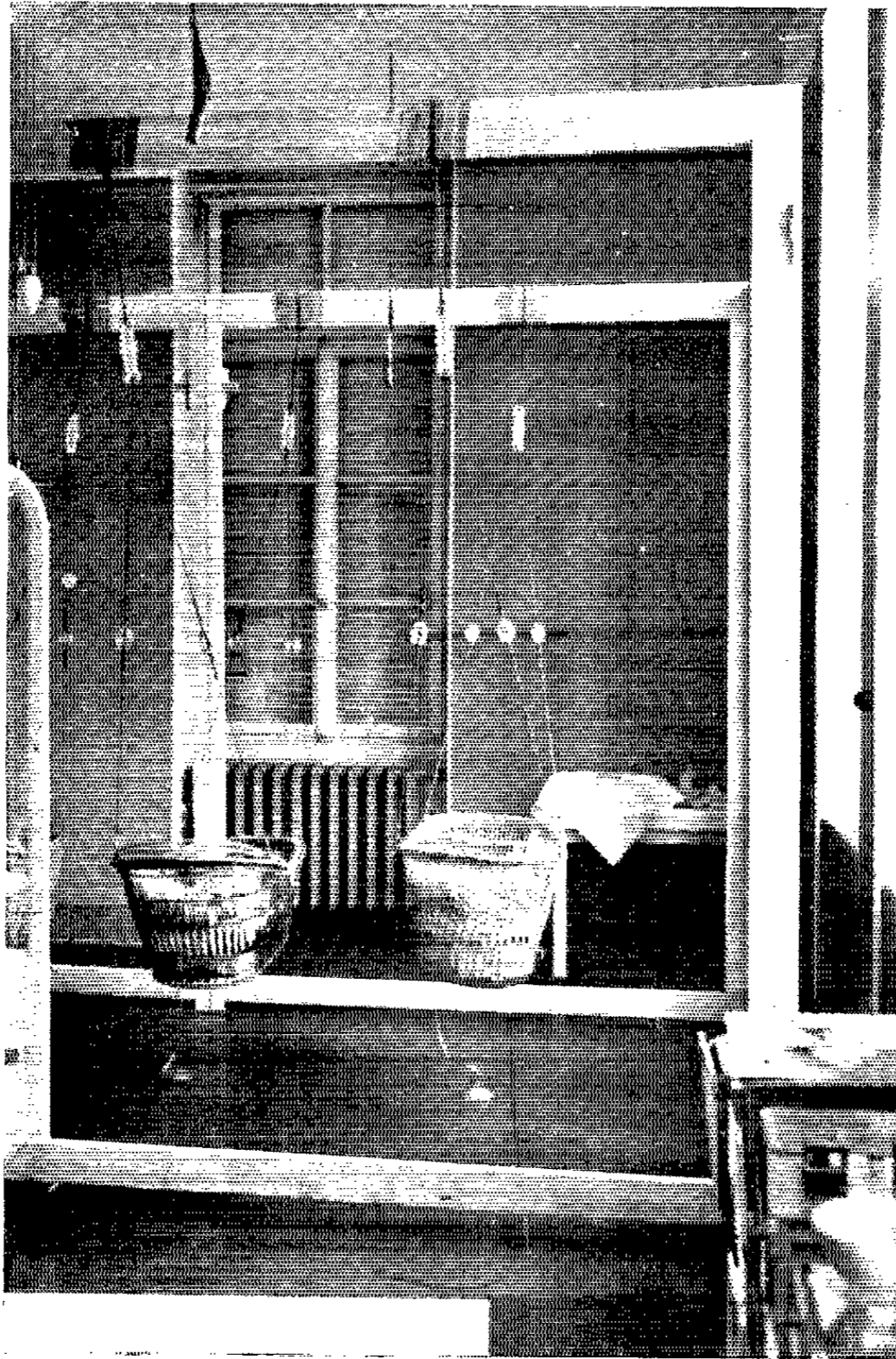


Fig. 22. — Berceaux isolés pour les nourrissons. On voit au-dessous le galon souple de connexion au sol (VLÈS, 1933).

PLANCHE VIII



Fig. 30. — Dispositif des cages isolées dans l'élevage de Souris de Lausanne.  
Le bas de la pile de cages est une boîte renfermant des accumulateurs intercalés sur la prise de terre.

(VLÈS et de COULON 1936).



## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION .....	5
CHAPITRE I. — <i>Le champ électrique terrestre ; les ions atmosphériques ; les problèmes de l'isolement</i> .....	7
I. — Les données sur le champ électrique terrestre et les ions de l'atmosphère.....	7
1. — Le champ électrique atmosphérique.....	7
2. — Ionisation atmosphérique .....	8
3. — Interactions du champ et des ions.....	12
4. — Mesure de la conductivité atmosphérique.....	12
II. — Les conditions physiques du système isolé dans l'atmosphère ou au sol.....	15
1. — Le comportement du système. ....	15
2. — Les conditions techniques de la mise au sol ou de l'isolement .....	18
3. — Évaluation numérique de l'isolement par rapport à la terre.....	20
CHAPITRE II. — <i>Les processus biologiques en connexion ou non avec le sol</i> .....	22
I. — Recherches sur les végétaux.....	23
1. — Expériences sur les Graminées (VLÈS 1928-1930) ....	23
1) Conditions expérimentales .....	23
2) Résultats .....	23
3) Les divers facteurs du processus .....	25
4) Le coefficient de circulation efficace .....	26
5) Les conditions de la terre. ....	27
6) Considérations théoriques .....	28
2. — Expériences sur <i>Morus</i> et <i>Sinapis</i> (TIRELLI 1934) ..	31
3. — Bactéries .....	32
II. — Recherches sur les animaux .....	35
I. — Œufs et développements embryonnaires.....	35
1) Œufs d'Oursin .....	35
2) Œufs de Poule .....	37
3) Œufs de Ver à soie.....	37
II. — La croissance des jeunes Mammifères.....	40
1. Les nourrissons humains .....	40
2. Évolution des souriceaux.....	43
3. Croissance des Rats.....	43

III. — Processus pathologiques .....	48
A. — Le cancer expérimental ; le cancer spontané.....	48
1. — Influence du coefficient de circulation efficace..	50
2. — Influence de la différence de potentiel cage- terre .....	52
B. — Diverses recherches postérieures sur le cancer expé- rimental dans la connexion au sol .....	55
1) <i>Expérience négative</i> : VIERSSEN TRIP (1933).....	55
2) <i>Expérience négative</i> : BEITZKE (1935). <i>Expérience</i> positive : BEITZKE (1937).....	55
3) <i>Expérience positive</i> : A. H. ROFFO et A. E. ROFFO (1938).....	56
4) Conceptions théoriques de TCHIJESVKY .....	58
5) Conclusions .....	58
C. — Autres processus pathologiques .....	59
CHAPITRE III. — <i>Les processus physico-chimiques en connexion ou non</i> <i>avec le sol</i> .....	61
I. — Évaporation.....	61
II. — Réaction de PHILIPPSON.....	64
1) Le rôle électrostatique de la capacité.....	68
2) Les phénomènes de résonance .....	69
III. — Pulvérisation d'un liquide. ....	69
IV. — Conclusions .....	70
CHAPITRE IV. — <i>L'interprétation biologique des actions de l'isolement et</i> <i>de la mise au sol</i> .....	72
I. — Conditions électriques de l'organisme dans les conditions na- turelles.....	72
1. — Charge et déperdition .....	72
2. — Capacités .....	74
3. — Isolement.....	74
II. — L'interprétation des actions biologiques de l'isolement et de la mise au sol.....	75
1) Les potentiels de platine de la peau et le métabolisme de base .....	76
2) L'hydratation et les oxydations.....	80
3) Influence des ions sur l'organisme .....	80
<i>Liste des planches</i> .....	90



## ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

PUBLIÉES SOUS LA DIRECTION DE MM.



**F. ENRIQUES**  
De l'Académie *Dei Lincei*  
Professeur à l'Université de Rome  
**PHILOSOPHIE ET HISTOIRE  
DE LA PENSÉE SCIENTIFIQUE**

**Ch. FABRY**  
Membre de l'Institut  
Professeur à la Faculté des Sciences

**OPTIQUE**

**E. FAURÉ-FREMIET**  
Professeur au Collège de France  
**BIOLOGIE**  
(Embryologie et Histogenèse)

**Ch. FRAIPONT**  
Professeur à la Faculté des Sciences  
de Liège

**PALÉONTOLOGIE  
ET LES GRANDS PROBLÈMES  
DE LA BIOLOGIE GÉNÉRALE**

**Maurice FRECHET**  
Professeur à la Sorbonne  
**ANALYSE GÉNÉRALE**

**M. L. GAY**  
Professeur de Chimie-Physique  
à la Faculté des Sciences de Montpellier  
**THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE**

**J. HADAMARD**  
Membre de l'Institut  
**ANALYSE MATHÉMATIQUE  
ET SES APPLICATIONS**

**Victor HENRI**  
Professeur à l'Université de Liège  
**PHYSIQUE MOLÉCULAIRE**

**A. F. JOFFÉ**  
Directeur de l'Institut Physico-Technique  
de Leningrad  
**PHYSIQUE DES CORPS SOLIDES**

**A. JOUNIAUX**  
Professeur à l'Institut de Chimie de Lille  
**CHIMIE ANALYTIQUE**  
(Chimie-Physique, minérale  
et industrielle)

**N. K. KOLTZOFF**  
Directeur de l'Institut de Biologie  
expérimentale de Moscou  
Membre honoraire R. S. Edinburgh  
**LA GÉNÉTIQUE ET LES PROBLÈMES  
DE L'ÉVOLUTION**

**P. LANGEVIN**  
Membre de l'Institut  
Professeur au Collège de France  
**I. — RELATIVITÉ  
II. — PHYSIQUE GÉNÉRALE**

**Louis LAPICQUE**  
Membre de l'Institut  
Professeur à la Sorbonne  
**PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE  
DU SYSTÈME NERVEUX**

**A. MAGNAN**  
Professeur au Collège de France  
**MORPHOLOGIE  
DYNAMIQUE  
ET MÉCANIQUE DU MOUVEMENT**

**Ch. MARIE**  
Directeur de Laboratoire  
à l'École des Hautes Études  
**ÉLECTROCHIMIE APPLIQUÉE**

**Ch. MAURAIN**  
Membre de l'Institut  
Doyen de la Faculté des Sciences  
Directeur de l'Institut de Physique du Globe  
**PHYSIQUE DU GLOBE**

**André MAYER**  
Professeur au Collège de France  
**PHYSIOLOGIE**

**Henri MINEUR**  
Astronome à l'Observatoire de Paris  
Maître de Recherches  
**ASTRONOMIE STELLAIRE**

**Ch. MUSCELEANU**  
Professeur à la Faculté des Sciences  
de Bucarest  
**PHYSIQUE GÉNÉRALE ET QUANTA**

**M. NICLOUX**  
Professeur à la Faculté de Médecine  
de Strasbourg  
**CHIMIE ANALYTIQUE**  
(Chimie organique et biologique)

**P. PASCAL**  
Correspondant de l'Institut  
Professeur à la Sorbonne et à l'École  
Centrale des Arts et Manufactures

**CHIMIE  
GÉNÉRALE et MINÉRALE**

**Ch. PÉREZ**  
Professeur à la Sorbonne  
**BIOLOGIE ZOOLOGIQUE**

**CATALOGUE SPÉCIAL SUR DEMANDE**



# ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

PUBLIÉES SOUS LA DIRECTION DE MM.



**J. PERRIN**

Membre de l'Institut  
Prix Nobel de Physique  
Professeur à la Faculté des Sciences  
de Paris

**ATOMISTIQUE**

**Marcel PRENANT**

Professeur à la Sorbonne

**I. — BIOLOGIE ÉCOLOGIQUE**

**II. — LEÇONS DE ZOOLOGIE**

**A. REY**

Professeur à la Sorbonne

**HISTOIRE DES SCIENCES**

**Y. ROCARD**

Maître de Recherches

**THÉORIES MÉCANIQUES  
(Hydrodynamique-Acoustique)**

**R. SOUÈGES**

Chef de Travaux  
à la Faculté de Pharmacie

**EMBRYOLOGIE  
ET MORPHOLOGIE VÉGÉTALES**

**TAKAGI**

Professeur à l'Université Impériale de Tokyo

**MATHÉMATIQUES GÉNÉRALES**

**TAMIYA-(HIROSHI)**

Membre du Tokugawa Biologisches  
Institut-Tokyo

**BIOLOGIE (Physiologie cellulaire)**

**A. TCHITCHIBABINE**

Membre de l'Académie des Sciences  
de l'U. R. S. S.

**CHIMIE ORGANIQUE  
(Série hétérocyclique)**

**Georges TEISSIER**

Sous-directeur de la Station  
Biologique de Roscoff

**BIOMÉTRIE  
ET STATISTIQUE BIOLOGIQUE**

**G. URBAIN**

Membre de l'Institut  
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris

**THÉORIES CHIMIQUES**

**Pierre URBAIN**

Maître de Conférences à l'Institut  
d'Hydrologie et de Climatologie de Paris

**GÉOCHIMIE**

**Y. VERLAINE**

Professeur à l'Université de Liège

**PSYCHOLOGIE ANIMALE**

**P. WEISS**

Membre de l'Institut  
Directeur de l'Institut de Physique  
de l'Université de Strasbourg

**MAGNÉTISME**

**R. WURMSER**

Directeur du Laboratoire de Biophysique  
de l'École des Hautes Études

**BIOPHYSIQUE**

## Actualités Scientifiques et Industrielles

Série 1938 (suite) :

824. S. KEMPISZ. Fonctions d'intervalle non additives.....	20 fr.
825. J. BELIN. La logique d'une idée-force. La logique d'une idée-force. La réforme de l'état. L'idée de constitution. Thème initial de la pensée politique des révolutionnaires....	15 fr.
826. J. BELIN. Les rattachements aux principes. Liberté.....	25 fr.
827. J. BELIN. Les rattachements aux principes. Égalité-Souveraineté.....	15 fr.
828. J. BELIN. La pensée des pétitionnaires. La réforme des institutions et l'enchaînement des vocables politiques.....	40 fr.
829. J. BELIN. La conscience populaire et l'appréciation de faits politiques.....	25 fr.
830. J. BELIN. Le rôle de l'interprétation spontanée et de la contingence dans les idées sociales.	10 fr.
831. J. BELIN. Les combinaisons de la pensée sociale.....	10 fr.
832. G. MOUBOT. Protides.....	30 fr.
833. A. LICHTNEROWICZ. Problèmes globaux en mécanique relativiste.....	25 fr.
834. J. PAGOTTE. Le champ pétrographique (Les concepts fondamentaux de la science struc- turale des corps).....	15 fr.
835. ....	
836. P. GÉRARD. Sécrétion rénale (Histophysiologie).....	12 fr.
837. F. GONSETH. Philosophie mathématique.....	25 fr.
838. ....	
839. J. W. CROWTHER. H. DAYY (1778-1829).....	20 fr.



**LISTE COMPLÈTE À LA FIN DU VOLUME**



Imprimé par R. Bussières, à Saint-Amand (Cher), France. — 17-6-1941.