

Que pouvons-nous attendre de l'électroculture?

Autor(en): **Jaccard, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **56 (1925-1929)**

Heft 219

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-271618>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Que pouvons-nous attendre de l'électroculture?

PAR

Paul JACCARD

Y a-t-il rien de plus merveilleux que l'électricité? L'idée que cette bonne à tout faire pourrait, par un mécanisme ignoré, doubler le rendement des cultures, devait forcément hanter l'imagination et stimuler l'activité des chercheurs. L'homme est ainsi fait qu'il attend davantage de ce qu'il ignore que de ce qu'il connaît. Ainsi s'explique l'attrait du mystère. Le meige n'a-t-il pas souvent plus de crédit que le médecin?

Les essais entrepris en vue d'accélérer la croissance des plantes et d'augmenter leur rendement sont fort anciens. Dans le milieu du dix-huitième siècle, l'abbé Nollet, puis l'abbé Bertholon, utilisaient le courant d'une machine à frottement pour électriser une arroseuse isolée dont le contenu aspergeait des salades qui, paraît-il, atteignirent des dimensions extraordinaires.

Ce n'est cependant guère avant la fin du dix-neuvième ou au début du vingtième siècle que les tentatives dans ce domaine se multiplient et cela en particulier depuis les expériences de S. Lemström, professeur de physique à Helsingfors, qui peut, à bon droit, être appelé le père de l'électroculture.

Dans la préface de la brochure ¹ où il relate les résultats de ses essais d'électrisation des plantes, il expose les raisons qui l'ont engagé, lui physicien, à poursuivre des recherches dans ce domaine: Au cours de divers voyages effectués de 1871 à 1884 en Laponie, il fut frappé du bel aspect des cultures de céréales et des forêts de conifères. La longue durée de l'insolation estivale ne lui parut pas une raison suffisante pour

¹ *Elektrokultur*. Erhöhung der Ernte-Erträge aller Kultur-Pflanzen durch elektrische Behandlung. Deutsch. Uebersetzung W. Junk. Berlin 1902.

expliquer la chose. La vigueur relative de la végétation de ces contrées serait, d'après lui, en relation avec l'état électrique de l'air et la fréquence des aurores boréales.

La prospérité particulière des céréales et des conifères s'expliquerait alors, dans une certaine mesure, par la structure spéciale de ces plantes, mieux capables que d'autres d'attirer l'électricité atmosphérique grâce à leur arêtes et à leurs aiguilles fonctionnant comme de petits paratonnerres.

Lemström voit une preuve en faveur de cette explication dans la relation qu'on observerait, selon lui, entre la largeur des anneaux d'accroissement des conifères, le rendement des céréales et le nombre plus ou moins grand des taches du soleil ou celui des aurores boréales. Si pareil parallélisme existait réellement, il serait étrange qu'il n'en soit pas fait mention dans les nombreuses publications des stations forestières de Russie, et des pays scandinaves, pas plus que dans les travaux des stations canadiennes.

On constate, au contraire, en s'avancant vers le nord, que la croissance en épaisseur des arbres diminue de plus en plus jusqu'à ne mesurer qu'une fraction de millimètre. D'ailleurs, grâce au déficit de chaleur et à l'humidité persistante, le sol forestier des contrées septentrionales est le plus souvent acide et peu fertile.

Il est donc, à priori, difficile d'admettre que la diminution d'intensité lumineuse et calorifique, ainsi que le raccourcissement de la période de végétation dans le nord puissent être compensés et au delà par l'influence de l'électricité atmosphérique. Au point de vue purement énergétique, la chose se conçoit mal.

Je ne puis donc, pour ma part, admettre sans autre les considérants sur lesquels le physicien d'Helsingfors base ses recherches d'électroculture. Sans doute, les céréales et les forêts du nord de la Laponie présentent souvent un aspect vigoureux qui surprend lorsqu'on songe à la rigueur du climat de ces contrées; j'en ai été frappé moi-même, en visitant cette région, mais je n'ai pas réussi à obtenir, à l'appui de cette impression subjective, des chiffres positifs permettant de conclure à un rendement des cultures attribuable à quelque facteur physiologique particulier agissant en dehors de ceux que nous connaissons.

Toutefois, bien qu'au point de vue physiologique les ar-

guments développés par Lemström soient assez fragiles, cela ne suffirait pas pour décourager la recherche. N'a-t-on pas cru démontrer, *théoriquement*, que les avions ne devraient pas pouvoir voler! Passons donc à la pratique et voyons les résultats des expériences faites jusqu'ici dans le domaine de l'électroculture.

Les premiers essais ont été effectués en laboratoire au moyen de céréales cultivées en pot; un cadre métallique pourvu de pointes distantes des pots de 10 à 20 cm., déchargeait sur les plantules, puis sur les plantes, le courant continu produit par une machine de Holz, la partie inférieure du pot constituant le pôle négatif était reliée au sol par un fil conducteur. Chaleur, éclairage, arrosage, terreau, étaient semblables chez les sujets électrisés et chez les contrôles ou témoins. Le courant était administré durant cinq heures par jour. Au bout d'une semaine déjà, une différence sensible apparaissait en faveur des pots électrisés, et cela aussi bien chez les plantules *électrisées de bas en haut* (pôle négatif à la partie supérieure du pot) que chez *celles qui recevaient le courant d'en haut*. A la fin de l'expérience, qui dura du commencement de mai à la fin de juin 1885, soit pendant sept semaines environ, les pots électrisés étaient manifestement avantageés: Lemström parle de 40 % d'augmentation sans indiquer s'il s'agit du poids sec ou du poids frais des plantes.

Des essais analogues effectués par divers expérimentateurs *en laboratoire*, où les sujets électrisés et leurs témoins étaient placés dans des conditions de croissance identiques, ont donné, ailleurs également, des résultats généralement positifs semblables à ceux indiqués par Lemström¹.

Les essais entrepris la même année et l'année suivante par ce même savant, en *plein air*, dans de petites parcelles d'un jardin où sujets et témoins étaient dans des conditions comparables, ont fourni aussi des résultats fort intéressants quoique assez inégaux: des radis, des poireaux, des betteraves rouges, des pommes de terre accusèrent à la suite du traitement électrique une augmentation de 40 à 75 %, s'élevant même, pour des raves, à 107 %; par contre, des carottes et des choux présentèrent en regard des témoins une

¹ Voir en particulier L. FARNY et H.-C. SCHELLENBERG in MAX BRESLAUER. Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch Ionisierung der Luft. Bulletin de l'Association suisse des électriciens, Zurich 1913. IV^{me} année, p. 197 à 216.

diminution de rendement de 5 à 6 0/0, voir même dans un cas (choux blancs) de 43 0/0. D'autre part, des fraises électrisées dans une orangerie mûrirent en 26 jours, d'autres en 33 jours, tandis que les témoins n'atteignirent le même état qu'au bout de 54 jours.

Ailleurs, des céréales sélectionnées de *première qualité* furent nettement avantagées, tandis que des céréales de *seconde qualité* souffrirent de l'électrification et eurent un rendement moindre que celui des témoins.

Des essais entrepris par Lemström lui-même en France 1888 (Château La Ferté, en Bourgogne) donnèrent des résultats assez inégaux et moins favorables, ce que l'auteur attribue aux conditions météorologiques de cette année-là et à la difficulté de placer sujets et témoins dans des conditions suffisamment semblables. Les augmentations observées avec le blé et l'orge sont évaluées à 20 0/0 en moyenne, avec les fraises à 40 0/0, avec les haricots et les pois à 36 et 75 0/0! En outre, les plantes électrisées manifestèrent, pendant les quinze premiers jours, une avance très marquée, leur développement atteignant le double de celui des témoins; à la suite d'une période de sécheresse et de forte chaleur, cette avance s'arrêta et finalement, le 7 et le 27 juin, les sujets électrisés étaient en déficit de 15 0/0 par rapport aux témoins. D'autre part, tandis que des carottes et des pois électrisés donnaient, en plein champ, un rendement de 40 à 50 0/0 plus faible que leurs témoins, ces mêmes espèces, cultivées en plates-bandes et régulièrement arrosées, fournissaient une récolte de 75 0/0 (pois) et de 123 0/0 (carottes) supérieure à celle des témoins non électrisés. Lemström attribue ces différences au manque d'eau, soit à la période sèche qui s'était fait sentir en plein champ, ainsi qu'au peu de fertilité du sol, alors que ces conditions défavorables n'entraient pas en jeu dans les plates-bandes du jardin, fumées et arrosées. Il en conclut que le succès du traitement électrique croît avec la fertilité du sol et n'atteint son plein effet que dans des conditions de croissance favorables, ce qui, pour le dire en passant, ne concorde guère avec ses prémisses, accordant à l'électricité atmosphérique le pouvoir de compenser l'infériorité thermique et lumineuse des contrées septentrionales.

Les essais plus récents entrepris par Lemström dès 1898, après une interruption de sept à huit années, n'apportent en

somme rien d'absolument nouveau. Utilisant une machine plus forte, et faisant varier la durée du traitement en opérant soit de nuit seulement, soit de jour, d'une façon tantôt continue, tantôt diversement interrompue, Lemström n'arrive pas à éviter de grandes inégalités dans les résultats obtenus et ne parvient à provoquer à coup sûr ni une augmentation régulière de la récolte, ni une avance constante dans la maturité des plantes électrisées en plein champ. Autrement dit, l'action favorisante du traitement électrique se montre subordonnée dans une trop large mesure aux variations météorologiques de la station, à la fertilité du sol et aux particularités spécifiques des végétaux traités, pour réussir à les dominer et à majorer à coup sûr l'effet habituel des conditions naturelles qui président à leur croissance.

Néanmoins, l'élan était donné; de nombreux chercheurs s'ingénient à répéter les expériences de Lemström en utilisant les progrès de la technique électrique, et en faisant varier de diverses manières la force et la nature du courant électrique, ainsi que la durée et les périodes de son intervention.

C'est en Angleterre que la question de l'électroculture fut reprise avec le plus d'ampleur. Sous l'impulsion de Sir O. Lodge et sous les auspices du ministre de l'agriculture, un grand comité d'études (Electroculture Commitee) est constitué en 1908. Formé de personnalités compétentes: physiciens, physiologistes, économistes, techniciens et administrateurs, il élabore le programme des recherches, série les questions à résoudre et rédige chaque année un rapport détaillé sur les essais poursuivis et sur les résultats obtenus spécialement à la station de recherches agricoles de *Rothamstead*, près de Londres.

En utilisant un courant alternatif industriel, *Newmann* et *Lodge* obtenaient au moyen d'un transformateur de leur invention (combinaison d'un interrupteur et d'un redresseur) un courant de haute tension, ayant le caractère d'un courant continu et pouvant exercer, mais avec plus d'intensité, une action comparable à celle de l'électricité atmosphérique. Dans les premiers essais poursuivis en plein champ, la tension variait entre 30 000 et 100 000 volts. Aux Etats-Unis, *Gloede*, qui en sa qualité d'Américain se devait de surpasser le voltage européen, utilisa des tensions de 250 000 volts, sans pour cela obtenir de meilleurs résultats que les Anglais. Une tension

élevée est nécessaire pour compenser la perte due à l'élévation du réseau conducteur, placé à 4, 5 ou 6 m. au-dessus du sol, afin de ne pas gêner les travaux agricoles.

D'une façon générale, les cultures électrisées dans les stations anglaises avec le système Newmann et Lodge, ont donné un rendement supérieur à celui des contrôles, mais cela dans des proportions très inégales; dans certains cas, relativement peu nombreux il est vrai, les plantes électrisées furent au contraire retardées dans leur développement.

En Allemagne, deux essais en grand entrepris, l'un par le professeur *Gerlach*¹ sur un champ d'essais de 5 hectares appartenant à l'Institut Kaiser Wilhelm, à Bromberg, et un autre effectué par le Professeur *Kühn*, à Halle, en 1911, donnèrent des résultats entièrement négatifs.

D'autre part, les essais entrepris en Norvège, à l'école d'agriculture de Aas, avec le système Lodge-Newmann, furent peu encourageants. Par contre, en particulier sous l'impulsion de Basty, l'électroculture obtient en France de nombreux succès.

Lors du premier Congrès international d'électroculture tenu à Reims en 1912, un exposé général des essais poursuivis jusqu'alors laissa l'impression qu'on n'était pas encore sorti de la période des tâtonnements, mais qu'il était désirable de continuer les recherches. Dans une conférence faite à Zurich en 1913 devant la Société suisse des électriciens, le Dr Breslauer fit part de quelques résultats intéressants obtenus en Allemagne en utilisant un système d'électrisation analogue à celui de Newmann-Lodge; de son côté, le Professeur L. Farny présenta des cultures de céréales en pot dont la croissance avait été notablement accélérée par l'électrisation.

La question de l'électroculture ayant ainsi pris un regain d'actualité, je me décidai à entreprendre moi-même, en collaboration avec M. Farny pour la partie électrotechnique, de nouveaux essais en vue desquels j'avais fait installer sur la terrasse-jardin attenant à mon laboratoire une petite centrale électrique ad-hoc. Je fus d'autant plus encouragé à me lancer dans cette voie que divers articles de la presse quotidienne signalaient, en les enflant démesurément, les résultats favo-

¹ Versuche über Elektrokultur. Illustrierte Landwirtschaftl. Zeitung, Berlin 1910. N° 15

² Voir à ce propos J. LAURENT : Autour du premier congrès international d'électroculture. Reims 1912.

rables obtenus en France et en Angleterre, ce qui suscitait dans le monde agricole des espoirs prématurés.

A partir de 1925, grâce à l'appui de la « Fondation suisse pour l'étude des questions économiques », j'ai pu compléter mon installation et entreprendre de nouveaux essais en serre et dans le jardin de l'école forestière et agricole, à Zurich.

Dans ces expériences, que je continue encore, le courant électrique est distribué au-dessus des cultures sous une tension de 10 000 à 25 000 volts par des fils de fer galvanisés tendus en lignes parallèles de 3 mètres d'écartement et fixées à 3 m. 50 au-dessus du sol. La décharge a lieu dans l'air, à l'extrémité de fils verticaux plus minces qu'on relève en les enroulant au fur et à mesure de l'allongement des plantes, de façon à les maintenir à 30 cm. environ de leur sommet.

Des fils de retour parallèles aux fils aériens et placés dans le sol à 25 cm. de profondeur complètent l'installation. Au moyen d'un électroscope et d'un ampèremètre, on s'assure du passage du courant à partir des électrodes verticales jusqu'au sol à travers les plantes. La densité du courant ne dépasse pas en général une fraction de milliampère par m². Les brûlures qu'on observe sur les feuilles au sommet des tiges trop rapprochées du lieu de la décharge prouvent d'ailleurs la réalité du passage en même temps qu'elles témoignent de l'action nuisible de tensions trop élevées.

Nos plates-bandes de contrôle, situées à une vingtaine de mètres des électrisées, réalisent, au point de vue de la nature du sol et de sa fertilité, comme à celui de l'exposition et de l'arrosage, le maximum d'égalité pratiquement possible avec des surfaces d'essais de quelque étendue (50 m²). On ne saurait à cet égard être trop exigeant; c'est ce dont ne se rendent pas suffisamment compte souvent certains opérateurs peu familiarisés avec la rigueur de l'expérimentation scientifique, ce qui leur permet d'annoncer de confiance des effets merveilleux dus parfois à de toutes autres causes que celle à laquelle ils sont attribués.

Les résultats de mes premiers essais effectués en 1919 ont été encourageants; ils sont résumés dans une note publiée dans

¹ Il s'agit en réalité d'un courant ondulatoire asymétrique, à fréquentes périodes (système Farny), dont seules les ondes positives sont utilisées et qui possède en somme les propriétés d'un courant continu comme celui employé par Newmann et Lodge.

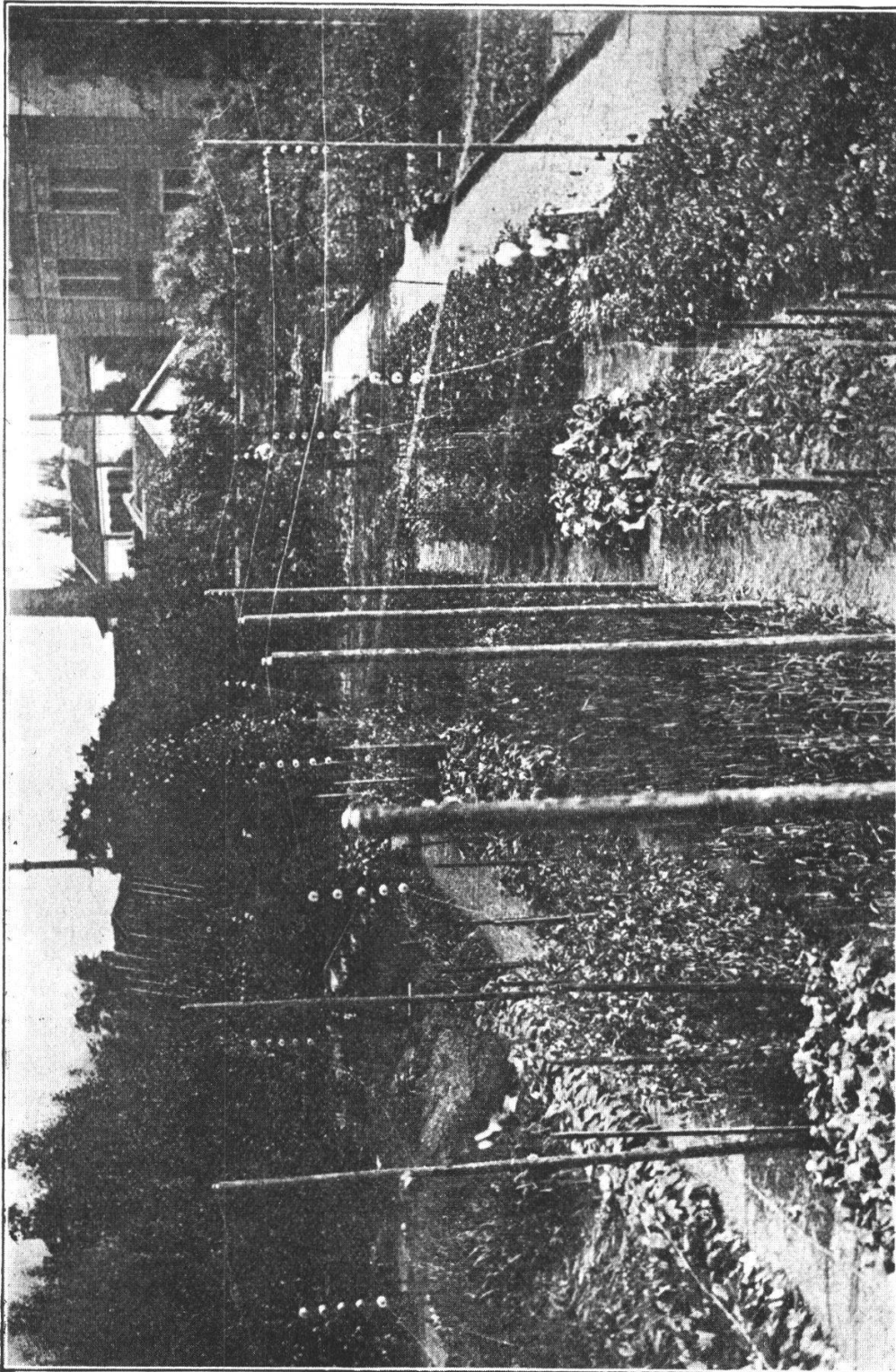


FIG. 1. — Vue générale des plates-bandes électrisées.

les *Actes de la Soc. helvétique des sciences naturelles*¹. Séance annuelle de Lugano en 1919 (Aarau 1920).

Les plantes semées le 30 mai 1919 ont été électrisées *jour et nuit* pendant 12 semaines et demie et montrèrent par rapport aux contrôles:

¹ Paul JACCARD et L. FARNEY. Expériences d'électroculture.

1. Une avance de germination de 2 à 3 jours chez les tomates; 2. Une accélération du développement des plantules chez les tomates, le chanvre et le sarrasin; par contre, chez les pois, les haricots, les arroches, le blé et le lin, on ne remarquait pas de différence; 3. Une hauteur plus grande des tiges électrisées: la différence atteignant 20 cm. pour le chanvre et 8 cm. pour le sarrasin après 6 semaines de traitement; 4. Une avance de la maturité, se traduisant par un poids sec air plus élevé.

Sans exception, la perte d'eau subie en 5 jours par les plantes électrisées à partir de leur poids frais (jour de la récolte) fut *moindre* en ‰ que celle observée chez les témoins. La différence atteignait de 5 à 10 ‰.

Les plantes électrisées semblent donc moins aqueuses que les témoins.

Lors de la session annuelle de la Soc. helv. des sc. nat., à Lucerne en 1924, je résumais comme suit les résultats obtenus en 1923 et 1924 avec des plantes électrisées durant 4 à 6 heures par jour, sauf les jours de pluie et les dimanches, au moyen d'un courant de 25 à 30 000 volts. Le traitement avait lieu en général de 8 à 10 h. et de 16 à 20 h. Du 15 au 31 mai, le courant fut en outre administré le soir de 20 à 22 h. Les plates-bandes furent arrosées périodiquement avec une solution diluée d'engrais chimique complet (P. K. N.).

L'influence du traitement s'est traduite: 1. Par une action nettement défavorable pour l'orge, le sarrasin, les betteraves, et, dans une moindre mesure, pour l'arroche; 2. Par une très légère avance pour le chanvre; 3. Par une avance de maturité chez les tomates; au 28 août, les plantes électrisées avaient fourni 12 ‰ de fruits mûrs de plus que les témoins; cette avance se maintint jusqu'à fin octobre avec une nouvelle augmentation de 25 ‰ pour les fruits mûrs.

En 1925, les essais sont continués et complétés. Le courant est administré avec quelques interruptions à raison de 4 h. par jour du 23 avril au 22 juillet; au total pendant 296 heures. Les conditions météorologiques furent en général favorables. Les résultats obtenus sont les suivants:

¹ P. JACCARD et L. FARNY. Expériences d'électroculture. Verhandlungen. d. schweiz. nat. Gesells. Aarau 1924, p. 173-174.

Pour les tomates, *avance très nette de maturité* entre le 1^{er} et le 19 août. Le poids des fruits récoltés à cette date est 10 % plus élevé pour les plantes électrisées que pour les témoins; du 19 au 26 août, l'avance se perd et, pour finir, les témoins l'emportent de 100 gr. sur les plantes électrisées.

Pour l'orge, *avance de maturité de 10 jours*, les plantes électrisées atteignent leur complète maturité le 10 août, les témoins le 20 août seulement, et augmentation de poids de 18 % (poids évalué 8 jours après la récolte).

Pour le blé, pas de différence quant à la maturité, mais augmentation du poids frais (mesuré deux jours après la récolte) de 47 % en faveur des plantes électrisées.

L'augmentation la plus forte concerne les pois « téléphone »; paille et gousses pesaient ensemble, le 10 août, soit un mois après la récolte, 4430 gr. contre 2650 gr., montrant ainsi une différence de 67 % en faveur des plantes électrisées (63 % pour la paille et 70 % pour les gousses). Avec les pommes de terre, l'effet a été négatif sans qu'on puisse attribuer sûrement le déficit observé (10 à 15 %) à l'influence de l'électrisation.

En 1926, continuation des essais. Même disposition générale qu'en 1925. Début de l'électrisation, 12 avril, à raison de 4 h. par jour avec quelques courtes périodes d'interruption, entre autres 4 jours en mai et 15 jours en juin. Fin du traitement, 12 juillet. Durée totale, 222 h.

Quatre espèces seulement ont été plantées: pois précoces, pois Victoria, orge et blé sélectionnés.

L'augmentation du poids sec de la récolte est le suivant pour les plantes électrisées (G = grains ou gousses, G + P = paille + graines ensemble):

Pois précoces: G + P 60 %; G 35 %.

Pois Victoria: G + P 85 %; G 100 %.

Orge: G + P 25 %; G 4½ %. — Blé: G + P 77 %, G. 56 %.

Comme on le voit, les résultats obtenus sont, quant au poids sec, tous positifs, bien qu'inégalement favorables; mais, contrairement à l'année précédente, je n'ai pas observé d'avance marquée dans la maturité. Faut-il l'attribuer aux conditions météorologiques qui, en mai et juin 1926, ont été nettement défavorables? L'augmentation de rendement, de 60 et de 85 %

pour les pois (paille et gousses) confirme celle observée en 1925: la différence notée quant au rendement des gousses entre les pois printaniers et les pois Victoria est en partie le fait des moineaux, qui sont un fléau pour ce genre d'expériences. Il suffit parfois d'une maille rompue dans le filet de protection recouvrant les cultures pour permettre à ces prédateurs une invasion qui trouble les résultats de patientes recherches, et les rend incertaines ou inutilisables.

L'augmentation totale de 77 % pour le blé est plus forte que je ne l'escomptais d'après l'aspect des cultures. A plus d'une reprise, Lemström, ainsi que les expérimentateurs anglais, ont signalé ce fait que des différences sensibles révélées par la balance ne se remarquent souvent pas à l'œil; cela s'explique sans doute parce qu'elles résultent surtout de l'inégale teneur en eau des témoins et des plantes électrisées, ce que nos premiers essais de 1919 déjà ont mis en évidence.

En résumé, mes essais poursuivis de 1919 à 1926 témoignent d'une influence le plus souvent favorable de l'électrification sur la croissance, mais cette influence n'est ni égale, ni constante: elle peut être défavorable. Les différences observées d'une année à l'autre, et suivant les espèces végétales envisagées, paraissent dépendre dans une large mesure des conditions météorologiques capables de faire varier d'une manière considérable la force du courant et son action effective, tout en changeant en outre l'état de réceptivité des plantes soumises au traitement électrique.

Lors même qu'on opère avec une espèce végétale donnée, les avantages observés: avance de la germination et du développement des plantules, avance de la maturité, augmentation du poids de la récolte, ne sont pas constants d'une année à l'autre.

Sans doute, l'étendue restreinte de mes cultures ne permet pas de tirer des conclusions définitives et générales des résultats obtenus; ceux-ci sont d'ailleurs trop peu nombreux pour permettre de calculer utilement « l'écart moyen » rentrant dans les limites de la variation accidentelle; néanmoins, la répétition et la fréquence des résultats positifs enregistrés permettent de conclure sûrement que *l'électrification artificielle des cultures est capable d'augmenter leur rendement.*

Reste à établir maintenant quelles conditions le traitement électrique doit réaliser pour provoquer *d'une façon certaine*

une accélération de la croissance ou de la maturité et pour donner un résultat pratiquement rémunérateur.

C'est la question que le comité anglais pour l'électroculture s'applique à résoudre en coordonnant les efforts de nombreux collaborateurs¹. Appuyé officiellement par le ministère de l'agriculture, et doté de crédits importants, il est en outre soutenu dans cette entreprise de longue haleine par cette persévérance dont l'Anglais fait preuve dans tous les domaines, ainsi que par son esprit positif grâce auquel il évite ces deux écueils également fâcheux: l'emballement et le découragement.

Résumons brièvement les résultats les plus marquants obtenus par le comité sus-nommé en nous servant des rapports publiés chaque année depuis 1918 à aujourd'hui². Le premier de ces rapports, daté d'avril 1919, conclut à l'influence favorable de l'électrification et à l'opportunité qu'il y a d'entreprendre des expériences nouvelles à ce sujet.

Les résultats obtenus jusqu'en 1923 ont été assez peu décisifs. Les cultures en gros pots où témoins et sujets traités se trouvaient dans des conditions identiques, chaque pot recevant un nombre et un poids de grains déterminés ainsi qu'un arrosage régulier, ont été 4 fois sur 5 avantagées par l'électrification; les essais en plein champ, par contre, furent moins concluants et donnèrent, suivant les plantes et suivant les années, un rendement très différent. Cependant, tandis que les augmentations variaient de 5 à 120⁰/₀, les déficits observés ne dépassèrent guère 5 à 10⁰/₀. Ces inégalités ou ces succès sont attribués par les expérimentateurs anglais aux conditions météorologiques défavorables, humidité ou sécheresse excessives, qui varient d'une année à l'autre et qui, suivant les plantes, la nature du sol, sa fertilité et son exposition, interviennent à des phases différentes du développement des divers végétaux traités.

¹ Voir en particulier *Elektro-Culture Work in 1922 and 1923* The Journal of the Ministry of Agriculture, Vol. XXX, p. 321 à 326. Juli 1923, London.

V.-H. BLACKMANN. « Field experiments in electro-culture ». The Journal of agricultural science, Vol. XIV, 1924.

On trouve en outre dans les Bulletins des renseignements agricoles de Rome, de 1911 à 1926, de courtes notices sur les résultats obtenus dans divers pays, en particulier en Angleterre, en France et aux Etats-Unis.

² Electro-culture Committee, Interim Report, Ministry of Agriculture and Fisheries London.

Estimant que l'électroculture ne saurait avoir d'intérêt pratique tant qu'on ne pourra pas compter sur une augmentation régulière de la récolte d'au moins 30 à 40 %, le comité anglais décide en 1923, tout en poursuivant les recherches en plein champ, de multiplier les expériences de laboratoire afin de déterminer autant que possible la période d'application et la durée du traitement électrique les plus favorables, ainsi que la nature et la force du courant qu'il convient d'utiliser. Il espérait arriver sur ces divers points à une solution pratique en 1925. Cet espoir, disons-le d'emblée, ne s'est pas réalisé. Lors de ma visite à Londres et à Rothamsted, en juillet 1925, j'ai pu constater que les essais d'électroculture en plein champ poursuivis jusqu'alors avaient été presque tous interrompus, les expérimentateurs estimant indispensable de multiplier de préférence les recherches de laboratoire.

Cependant, un premier résultat pratique était acquis. Les expériences de 1924, confirmant des observations précédentes, montrèrent que l'électrisation durant le premier ou le second mois du développement est plus efficace que pendant le troisième mois, et même que pendant toute la durée de la croissance; toutefois, un traitement appliqué pendant deux semaines seulement paraît n'avoir pas d'influence appréciable. *C'est l'électrisation pendant le second mois seulement, à raison de 6 heures par jour, qui a généralement produit le meilleur effet.* Cette constatation, très importante au point de vue économique, éclaire dans une certaine mesure ce fait non moins important, à savoir que l'électrisation augmente le *rendement en grains* notablement plus que celui en paille ou en organes purement végétatifs. Or c'est précisément dans le second mois du développement que, chez les céréales tout au moins, s'ébauchent les organes floraux et que se prépare la formation des graines.

Une étude attentive a permis d'établir que chez le blé et l'orge *les fleurs fertiles, ainsi que les épis, sont en plus grand nombre chez les plantes électrisées que chez les témoins, tandis que les fleurs stériles ou mal conformées sont moins fréquentes.*

Un autre résultat très important concerne la force du courant capable d'exercer une action utile. Tandis qu'au début, seuls les courants de haute tension étaient administrés, les

essais plus récents prouvent que des voltages de 500 à 1000 volts et même plus faibles agissent également.

Quant à la charge ou à la densité du courant, elle comporte une marge de variation assez considérable, mais doit être relativement très faible. L'optimum paraît être de $0,3 \times 10^{-6}$ ampères *par plante*, ce qui correspond à moins d'un *milliampère par hectare*. Un courant cent fois plus fort, par exemple, exerce presque toujours une action nuisible.

Une autre question étudiée récemment concerne l'influence des courants atmosphériques ordinaires sur la croissance. Des pots placés dans une cage formée d'un treillis métallique isolé et constamment maintenu à un potentiel zéro permettant de soustraire les cultures à l'action de ces courants, accusèrent un rendement de 4 à 5 % inférieur à ceux placés dans les conditions ordinaires. Comme le treillis métallique utilisé arrêtait en même temps les effluves électriques provenant des installations voisines et *transportés par le vent*¹, il n'est même pas certain que la faible différence observée soit réellement due aux courants atmosphériques ordinaires.

On s'est demandé si le climat spécial de l'Angleterre et de la Scandinavie convenait mieux à l'électroculture que celui du continent. Or, les expériences faites en 1920 et 1921 à Bellevue près Paris, sous les auspices du Ministère de l'Agriculture, Direction des recherches scientifiques et industrielles, ont également donné, comme les miennes d'ailleurs faites à Zurich, des résultats le plus souvent favorables, quoique très inégaux. L'augmentation obtenue par rapport aux témoins a été, pour un poids total de 25 kg., de 10 % pour des choux de Milan, de 48 % pour des haricots noirs, de 10 % pour un second lot de la même plante, tandis qu'un troisième lot accusait un rendement de 1 à 2 % inférieur à celui des témoins. La même inégalité s'est manifestée chez des choux dans certains lots.

De deux lots de pommes de terre, l'un fournit en poids 10 % du moins que les témoins, l'autre 22 % de plus.

En 1921, les résultats furent plus encourageants:

Des laitues accusèrent une augmentation de rendement de 47 à 60 %, des choux de 25 % et des pommes de terre 38 et

¹ Des mesures précises ont montré que cette influence est beaucoup plus sensible du côté où souffle le vent que du côté opposé.

70⁰/₀; le tabac fut particulièrement avantaé par le traitement électrique.

Le dispositif utilisé pour l'électrisation se rapprochait beaucoup de celui que j'ai employé moi-même: transformateur de 3 kw. alimenté par un courant alternatif de 110 volts, et fournissant un courant secondaire de 30 à 35 000 volts relié à un redresseur et à un régulateur de capacité. Le courant positif employé pour l'électrisation avait une fréquence de 53 périodes et était administré pendant 4 heures par jour, de 6 à 8 et de 18 à 20 heures.

En vue d'étudier l'influence de l'humidité de l'air sur l'action excitatrice du courant électrique, nous avons, M. Farny et moi, essayé de nous servir comme conducteur d'une pulvérisation d'eau fournie par une conduite isolée surmontant les cultures et chargée de la même manière que le réseau de fils métalliques utilisé habituellement. Les contrôles étaient également arrosés par une pulvérisation d'eau semblable, mais non électrisée. Les résultats obtenus jusqu'ici n'ont pas montré de différence attribuable à l'humidité de l'air électrisé. Etant donné l'influence de la pluie, ainsi que de la diminution de lumière qui généralement l'accompagne, sur l'ionisation de l'air, il serait cependant intéressant de poursuivre les essais dans cette direction par un été sec et ensoleillé.

* * *

Pendant que se poursuivaient dans divers pays des essais d'électroculture basés sur l'emploi de courants de haute tension, les partisans de l'utilisation de l'électricité atmosphérique ou tellurique ne restaient pas inactifs.

Tandis que dans le premier de ces systèmes, le courant produit par un générateur-transformateur approprié est conduit *au-dessus des plantes* en vue de créer autour d'elles une atmosphère ionisée capable de stimuler les fonctions végétales, dans le second, on s'efforce de capter, au moyen d'antennes métalliques, les décharges électriques naturelles ou de provoquer, par des dispositifs particuliers, la formation de courants électriques qu'on dirige *dans le sol*, c'est-à-dire *au-dessous* des plantes. Un système intermédiaire consiste à enterrer dans les parcelles à traiter des plaques de zinc et des plaques de cuivre formant une sorte de pile et à les relier entre elles soit par des fils aériens, soit par des fils placés dans le sol

au voisinage des racines des plantes que l'on désire électriser. C'est ainsi que *Spechnew* et *Pilsoudsky* en Russie, *Basty* en France, annoncent, par l'emploi de ces « courants dynamiques » créés artificiellement et transmis au moyen de leur dynamo-capteur, des résultats intéressants, mais qui demanderaient à être vérifiés. *J. Laurent*, qui les relate dans son opuscule déjà cité, « Autour du premier congrès international d'agriculture », ne cache pas son scepticisme à ce propos, et fait remarquer le peu de rigueur qui préside souvent à ces expériences, conduites par des ingénieurs ou des agronomes parfois insuffisamment exigeants quant au contrôle des résultats enregistrés.

Les insuccès de nombreux essais entrepris avec l'électro-capteur de *Basty*, ou du moins leurs résultats incertains et souvent contradictoires, n'ont pas découragé les chercheurs, chacun ayant l'espoir d'être plus habile ou plus heureux que ses devanciers. Tel est le cas d'un inventeur fameux dont j'ai le prospectus sous les yeux et qui, au moyen d'antennes métalliques reliées aux cultures par le moyen d'un fil métallique orienté dans le sens du méridien magnétique, prétend vivifier les cultures, doubler leur rendement, détruire les champignons et les insectes nuisibles, tout en favorisant les bons microbes du sol, rendant ainsi superflu « l'apport de ces engrais coûteux qui grèvent si lourdement l'agriculture » (!). Comment ne pas croire à pareille merveille lorsqu'on apprend que l'auteur dort dans un lit relié à un système électro-magnéto-capteur orienté de telle sorte que le courant terro-céleste entre par les pieds et ressort par la tête, ce qui assure à l'heureux dormeur santé, vigueur physique et lucidité d'esprit... commercial.

Quittant la période des essais, l'électroculture entre prématurément dans le monde des affaires: des sociétés anonymes, pourvues de brevets pour un électro-capteur ressemblant quant à son principe à ceux de *Basty*, se créent tant en Suisse qu'en Allemagne, en France et en Belgique, prônant l'application de l'électricité atmosphérique aux cultures.

Les essais que, pour mon instruction personnelle, j'ai entrepris avec quatre de ces appareils dans le jardin de mon Institut n'ont réalisé en rien, comme je pouvais m'y attendre, les promesses du prospectus qui les accompagnait.

Des essais analogues, poursuivis ailleurs en Suisse, entre

autres à la station de Wädenswil par le Dr K. Meier¹, dans le canton de Fribourg par M. Schwaller, de même ceux du Professeur Körnicke² à l'École supérieure d'agriculture de Bonn-Poppelsdorf, ont donné des résultats négatifs.

Dans certains cas, il est vrai, l'emploi d'électro-capteurs paraît avoir eu d'heureux effets: à Mendoza, on aurait obtenu en 1911 et 1912 des augmentations de rendement de 47 0/0 et de 87 0/0 avec du maïs. On opérait avec des paratonnerres et des paragrêles reliés à des clôtures en fils de fer barbelé captant l'électricité atmosphérique, qu'on conduisait dans le sol, sous les cultures, à 10 cm. de profondeur.

A la station italienne de Rovigo, dirigée par M. Munerati, les parcelles électrisées avec le système Paulin donnèrent une très légère augmentation de la récolte³.

Toutefois, le fait que ces essais relativement peu coûteux ne se sont pas multipliés montre suffisamment l'incertitude de leurs résultats et l'insuffisance de leur rendement économique. Nous les laisserons donc de côté dans le dernier point qui nous reste à traiter, à savoir: *L'action physiologique des décharges électriques artificielles sur la croissance et le développement des plantes*. Bien qu'il soit encore prématuré de parler d'une théorie de l'électroculture, les observations faites jusqu'ici permettent cependant de fixer déjà quelques points importants. Il semble assez bien établi tout d'abord que cette action intéresse davantage les organes aériens de la plante que les racines et le sol dans lequel elles s'alimentent.

Les analyses effectuées par les expérimentateurs anglais ne décèlent pas d'augmentation sensible de la quantité des matières organiques dans le sol des parcelles électrisées, ni de la proportion d'azote ou du nombre des bactéries nitrifiantes.

Ce n'est donc pas, semble-t-il, à l'accroissement de la nitrification naturelle du sol qu'il faille attribuer l'action favorable de l'électrisation. D'autre part, le courant qui traverse le sol, ayant en moyenne moins d'un milliardième d'ampère par cm², ne saurait constituer une source d'énergie capable d'agir chimiquement ni sur le sol, ni sur le degré de disso-

¹ KURT MEIER. Versuche mit dem « Elektro-Terro-Apparat » Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz. 1926.

² M. KÖRNICKE UND LIPPERHEIDE. Neuere Elektrokulturversuche Deutsch. Landw. Presse. Berlin 1926. N° 36, p. 429.

³ Revue internationale des renseignements agricoles, Rome.

ciation des sels nutritifs qu'il renferme, ni même apparemment sur les propriétés osmotiques ou sur la perméabilité des poils radicaux. Mais, si son action sur le sol semble insignifiante au point de vue énergétique, son influence sur les organes aériens est incontestable. Sachant que la décharge électrique ionise l'air qui entoure les plantes, il importe de voir dans quelle mesure cette ionisation artificielle est capable d'intensifier soit la respiration, soit l'assimilation chlorophyllienne, soit encore la transpiration; en un mot, les échanges gazeux qui sont à la base de la vie de la plante et les synthèses organiques dont les feuilles vertes sont le siège.

La manière dont l'air ionisé agit sur les jeunes pousses en voie de développement en favorisant directement ou indirectement la formation des organes floraux et la production des graines, nous échappe encore complètement. Cependant, le fait que, non seulement les organes reproducteurs *sexués*, mais aussi dans bien des cas les racines renflées et les tubercules, sont avantagés par l'électrisation, semble indiquer que l'influence favorable de ce traitement doit être davantage en relation avec *l'accumulation des réserves de substances organiques dans les organes reproducteurs* qu'avec le caractère sexuel des organes proprement génératifs.

Une étude de M^{lle} M. *Henrici*¹ sur le rôle de la conductibilité de l'air dans la photosynthèse, nous donne d'intéressantes indications sur l'influence qu'exerce l'air ionisé sur la respiration et sur l'assimilation chlorophyllienne. Ayant remarqué chez les plantes alpines que l'assimilation était influencée d'une manière spéciale dans la période précédant les orages, cet auteur constata tout d'abord, à la suite d'expériences appropriées, que l'air fortement ionisé augmente l'énergie assimilatrice des plantes de la zone alpine, tandis qu'avec des plantes de plaine, c'est l'inverse qu'on observe. De nouvelles expériences lui montrèrent que cette différence de réaction dépendait *non de l'altitude*, mais de *l'intensité lumineuse*: dans l'air fortement ionisé, l'assimilation des plantes de plaine est accrue avec une lumière faible, tandis qu'elle est ralentie lorsqu'on opère à une forte lumière.

Inversément, les plantes alpines assimilent moins dans l'air

¹ Influence de la conductibilité de l'air sur la photosynthèse. Archives des sc. physiques et naturelles, vol. 3, p. 276, Genève 1921.

ionisé lorsqu'elles sont très fortement éclairées et davantage lorsqu'elles sont exposées à une lumière faible.

De ces observations, résumées ici très brièvement, on peut conclure tout au moins: 1. Que l'ionisation de l'air exerce une influence sur la photosynthèse; 2. Que cette influence varie avec l'intensité de l'éclairage. Le même auteur nous montre en outre qu'elle varie aussi avec la pression partielle de CO² et que, vis-à-vis des facteurs énumérés ci-dessus, les diverses espèces végétales d'une même station réagissent très inégalement et qu'elles possèdent à cet égard une véritable *spécificité*.

Par contre, nous ne savons pas si le courant électrique traversant la plante agit sur les électrolytes qu'elle renferme ou sur les phénomènes qui accompagnent ou règlent leur circulation.

Ces quelques remarques suffisent pour nous permettre de comprendre, en partie du moins, les inégalités constatées dans le comportement des plantes électrisées artificiellement; en particulier les différences observées d'une année à l'autre suivant le caractère météorologique des diverses saisons.

Les variations de l'humidité de l'air, celles de la température et de la luminosité en rapport avec la nébulosité, de même l'action des vents sur la transpiration, sont autant de facteurs capables de modifier plus ou moins profondément le sens et la grandeur de la réaction des plantes par rapport à l'air ionisé par la décharge électrique¹.

Un fait nouveau signalé par M. Blackmann et ses collaborateurs mérite une attention particulière. Dans leurs essais récents avec diverses céréales, avec l'orge en particulier, ces expérimentateurs ont observé chez les plantes électrisées une *accélération de croissance* aussi forte et parfois même plus forte avec le courant alternatif qu'avec le courant continu². Ceci est d'autant plus curieux que la plupart des auteurs qui se sont occupés de cette question sont d'un avis contraire et prétendent que seul le courant continu se montre capable d'aug-

¹ Ce phénomène se complique du fait que la plante verte elle-même peut être capable d'ioniser l'air qui l'environne. Voir A. URSPRUNG UND A. GOCKEL. Ueber Ionisierung der Luft durch Pflanzen. Berichte der deuts. bot. Gesellsch. Bd. 36, p. 184, 1918.

² BLACKMANN UND LEGG. Pot Culture experiments with an electric discharge. Journal of agricultural science, Cambridge 1924. Vol. XIV, p. 284.

menter la croissance et le rendement des cultures. Les expérimentateurs français dont il est question plus haut (Expériences de Bellevue) concluent, pour leur part, « à la nécessité de renoncer dans l'électroculture aux courants alternatifs pour n'employer que des courants redressés.

Si vraiment le courant alternatif agit comme accélérateur de la croissance, on ne s'explique pas qu'au voisinage des conduites de haute tension, lesquelles à l'heure actuelle sillonnent tous les pays d'Europe et traversent des forêts en passant à peu de distance de la cime des arbres, on ne signale aucune influence de ces courants sur la végétation avoisinante.

Ceci paraît d'autant moins explicable qu'il semble n'y avoir ni sens, ni signe préférentiel quant au courant d'électrification. Blackmann note, en effet, confirmant sur ce point une observation de Lemström, qu'en envoyant dans le réseau conducteur surmontant les cultures une charge négative, on obtient un effet tout aussi favorable sur la croissance et le poids sec de la récolte qu'avec une charge positive.

Ce qu'il importe de relever pour donner à l'électroculture sa véritable signification, c'est qu'au point de vue énergétique l'effet produit par l'électrification artificielle est hors de proportion avec la quantité d'énergie utilisée par les plantes. Le courant qui traverse chaque plante est en effet, comme nous l'avons déjà vu, extrêmement faible et ne dépasse souvent guère quelques centmilliardièmes d'ampère; un courant mesurant quelques centmillionièmes d'ampère par plante de céréale provoque presque toujours un ralentissement, parfois même une sérieuse entrave de la croissance. Il semble donc bien qu'on doive comparer l'excitation provoquée par l'électrification à une sorte d'action catalytique *agissant comme stimulant sur la végétation*. Ce point de vue s'accorde assez bien avec cette autre particularité, c'est que l'accélération de la croissance est généralement plus grande *après l'arrêt du courant* que pendant l'électrification; cet effet ultérieur est en outre plus marqué lorsque l'électrification est de courte durée (une heure seulement) qu'après un traitement de trois heures consécutives.

Envisageant un cas concret (augmentation du poids sec pour 30 plantes de maïs électrisées pendant 118 heures avec un courant de 3 dixmilliardièmes d'ampère), Blackmann évalue l'équivalent calorifique d'un pareil traitement à 15 calories,

tandis que l'augmentation de poids sec obtenue correspond à 9000 calories.

Un autre calcul établit que l'énergie fournie à la plante par la décharge électrique représente deux dixièmes pour cent seulement de l'énergie lumineuse absorbée par la plante et ne saurait expliquer une augmentation de 20 à 30 % de son poids sec.

Le même expérimentateur a d'ailleurs montré que l'accroissement du poids sec n'est proportionnel ni à la durée d'application, ni à la tension du courant utilisé; son action est souvent même plus favorable lorsqu'on diminue l'une et l'autre. En tout cas, le fait que l'électrisation pendant le premier ou le second mois de la croissance exerce une influence pour le moins tout aussi favorable qu'un traitement plus prolongé, est maintenant dûment établi.

En résumé, nous pouvons conclure de nos expériences, comme de celles des Anglais, que l'électrisation artificielle détermine 90 fois sur 100 une augmentation du poids sec des plantes, spécialement des graines, mais cela dans une mesure variable suivant les espèces végétales traitées, suivant les conditions météorologiques et suivant la durée, la période d'application et la force du courant utilisé. Telle est la base légitimant ce mode de traitement. Reste à en déterminer la valeur économique.

* * *

Malgré le grand intérêt physiologique de l'électroculture et les perspectives qu'elle ouvre à l'agriculture, nous estimons cependant prudent de mettre en garde les cultivateurs contre des espoirs prématurés, étant donné surtout la difficulté pratique qu'on éprouve à réaliser en plein champ, c'est-à-dire dans des conditions météorologiques que nous ne pouvons dominer, le réglage du courant le plus propre à accélérer la croissance des plantes et leur rendement.

Néanmoins, étant donné la faible consommation d'énergie électrique nécessaire pour accélérer la croissance et la production fruitière, on peut s'attendre à voir, dans un avenir prochain, l'électroculture pratiquement et économiquement réalisée, du moins pour certaines catégories de cultures, telles que primeurs, culture maraîchère ou céréales sélectionnées. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que, contrairement aux affirmations de certains prospectus commerciaux, l'électrifica-

tion n'apporte aux plantes ni substances nutritives, ni source d'énergie appréciable; elle agit comme « activateur » en facilitant la transformation et la meilleure utilisation des ressources de l'air et du sol. Ces ressources sont, avant tout, *les substances nutritives du sol, complétées par des engrais appropriés*, lesquels sont indispensables pour obtenir un rendement majoré par l'électrisation.

L'expérience montre en effet, d'une façon irréfutable, qu'un traitement électrique a fort peu d'effet sur des cultures en sol pauvre ou insuffisamment labouré.

Une seconde condition de succès non moins importante que la première, consiste dans la *qualité des graines*. L'électrisation ne saurait faire sortir de belles plantes de graines médiocres; elle est par contre capable d'amplifier et de mettre en valeur des *possibilités* de production qui, sans elle, n'atteindraient pas leur plein développement.

Loin donc de se substituer aux procédés de culture actuellement en honneur et auxquels plus que jamais le cultivateur doit accorder confiance, l'électroculture, une fois mise au point, ne fera que les rendre plus nécessaires pour déployer son plein effet.

*Laboratoire de physiologie végétale de
l'Ecole polytechnique fédérale.*

Zurich, janvier 1927.
