

résistance à la rupture d'une paille soumise à la pression horizontale et verticale.

Certaines déterminations de laboratoire, néanmoins, pourraient, peut-être, nous fixer sur la force de résistance d'un chaume; l'anatomie des tiges de Graminées nous apprend, en effet, que les faisceaux **libéro-ligneux**, conducteurs de la sève brute et élaborée, sont entourés de gaines fibreuses, formées de cellules de soutien à parois fortement lignifiées; plus il y aura de ces faisceaux, plus grande sera la résistance de la tige à la rupture.

Nous possédons donc dans l'examen comparatif de coupes microscopiques faites dans les tiges primaires, à 2-3 niveaux toujours les mêmes, chez quelques touffes choisies dans les diverses lignées en sélection, un moyen de déterminer le **nombre** et l'importance des masses de soutien. Des essais de ce genre, commencés vers 1917, au laboratoire de la Station de **Gembloux**, avaient montré qu'il y a des différences bien établies, sous ce rapport, entre diverses variétés de froment, différences pouvant être en corrélation avec une plus ou moins grande résistance de ces sortes à la verse. Malheureusement, à la suite de circonstances indépendantes de leur volonté, les expérimentateurs n'ont pu continuer les essais.

En tout cas, cette étude microscopique comparative d'un vaste matériel prélevé dans les parcelles d'un jardin d'amélioration, étude qui malheureusement n'est pas de la compétence de n'importe quel sélectionneur, mériterait d'être reprise, dans les conditions voulues de continuité, au laboratoire d'une Station de sélection.

Une autre méthode peut déterminer, dans certaines limites d'exactitude, la force de résistance des chaumes : il s'agit de la pesée d'une certaine longueur (0.35 m. à 0.50 m. par exemple) de paille prélevée à une des extrémités du chaume, de préférence à la base.

Cette méthode repose sur le principe suivant : la force de résistance est en rapport corrélatif direct avec le nombre et l'importance des îlots de **soutien** de la tige; or, ces masses de soutien étant formées de cellules à parois lignifiées, sont plus lourdes que les autres tissus constitutifs de l'organe; le poids d'une même longueur de chaume devra donc être d'autant plus élevé que ces amas servant de soutènement sont plus nombreux et que la force de résistance de la tige à la courbure et à la rupture est plus grande.

Cette détermination, tout sélectionneur intelligent est en mesure de la faire : elle n'exige qu'un certain nombre de pesées patientes au moyen d'un appareil bien réglé.

Cependant, et l'examen anatomique des tiges, et la détermination du poids d'une certaine longueur de chaume ne peuvent être que des adjuvants, l'unique moyen facile, péremptoire celui-là, d'étudier comparativement les lignées au point de vue de leur plus ou moins grande résistance à la verse, restera toujours *l'observation en plein champ*.

Nous savons que l'étude comparative des descendance se continue au moins pendant 6-7 ans avant que telle ou telle sorte méritoire ne soit répandue dans la culture : parcelles d'échantillons pour le choix de plantes-mères, élites de première et de seconde année, essais comparatifs, petites et grandes **multipli-**

cations, essais régionaux sont autant d'étapes avant la diffusion d'une nouveauté améliorée.

Pendant ce laps de temps, le technicien aura des occasions répétées pour étudier ses sortes au point de vue spécial qui nous occupe ici : peu d'années se présenteront au cours desquelles il n'aura pas à enregistrer, durant les mois précédant la récolte, de longues périodes de pluie ou des orages locaux accompagnés de soudaines et fortes averses et de coups de vents violents.

Observer, à l'occasion de ces conditions défavorables, quelles sont, parmi ses multiples parcelles, celles dont les chaumes auront résisté à l'action simultanée du vent et de la pluie et celles qui, au contraire, auront subi, à un degré plus ou moins intense, l'action nocive de ces agents atmosphériques en montrant une verse plus ou moins prononcée, ce ne sera qu'un jeu pour le sélectionneur attentif, et ce sera là un **criterium** autrement probant que toutes les déterminations faites au laboratoire.

Encore faudra-t-il cependant qu'on discute, à ce point de vue spécial, les observations faites : le peu de résistance de telle ou telle lignée vis-à-vis de la verse ne sera établie d'une façon décisive que dans le cas où la totalité des touffes de la parcelle en cause sera plus ou moins inclinée vers la terre, alors que d'autres parcelles voisines sont restées indemnes de tout fléchissement.

Pour une parcelle déterminée, c'est surtout la généralisation de tel ou tel degré de verse qui importe; il arrive, en effet, fréquemment, qu'on observe, à l'intérieur d'une même parcelle, des traînées ou des îlots épars où les plantes sont versées alors que d'autres parties du même ensemble sont restées droites. Ce phénomène indique, presque toujours, l'action d'un coup de vent violent, agissant en tourbillon, action à laquelle aucune sorte, si résistante que soit sa paille, ne résiste. Souvent même la partie ainsi versée affecte deux lignées voisines, dont la plus grande partie des touffes est restée indemne. Dans ces cas spéciaux, on ne saurait tirer de conclusions certaines au sujet de la force de résistance des lignées ainsi atteintes.

Colonne 16. — *Résistance aux rouilles* (0-5).

(Voir les détails dans la deuxième partie de ce manuel, au chap. *Amélioration du Froment*.)

Colonne 17. — *Résistance à la carie* (0-5).

A déterminer d'après le nombre d'épis cariés.

(Voir aussi : *l'Amélioration du Froment*.)

Colonne 18. — *Résistance au piétin*, d'après le degré d'attaque **éventuelle**.

Colonne 19. — *Caractéristiques de la paille*.

Couleur. Longueur moyenne (déterminée, au moyen d'un double-mètre, sur une petite botte de chaumes prélevés, sans choisir, dans la récolte).

Colonne 20. — *Caractéristiques de l'épi*.

Forme, couleur, présence ou absence de barbes, densité des étages, etc.

(Voir *l'Amélioration du Froment*.)

Colonne 21. — *Caractéristiques du grain.*

Forme, grandeur, couleur, composition, etc.

(Voir *l'Amélioration du Froment.*)

On pourrait, éventuellement, ajouter à ces déterminations, celle *du poids de 1000 graines*. Tout comme le poids de l'hectolitre, le poids de 1000 graines est **une** donnée caractérisant bien la lignée. Il est en corrélation inverse avec celui de l'hectolitre et il me semble superflu de faire, à la fois, les deux déterminations. Nous avons fait choix de celle du poids du quart de litre, qui, d'après nous, est, mieux que le poids de 1000 graines, en connexion avec le rendement.

Quoi qu'il en soit, voici, pour le poids de 1000 graines, quelques données qu'on pourrait suivre :

Choisir, au hasard (ce qui est souvent bien difficile), dans un lot, 500 graines, les peser à la balance de **Korant** et multiplier le poids obtenu par 2. Ce comptage, s'il est effectué par des ouvriers, doit être surveillé de très près : ils compteront deux fois 250 graines, pèseront chaque lot partiel et, si les deux pesées ne concordent pas, recommenceront l'opération.

Aussi est-il préférable d'utiliser un appareil très ingénieux construit par la firme **Korant**, de Berlin (1), effectuant automatiquement, exactement et

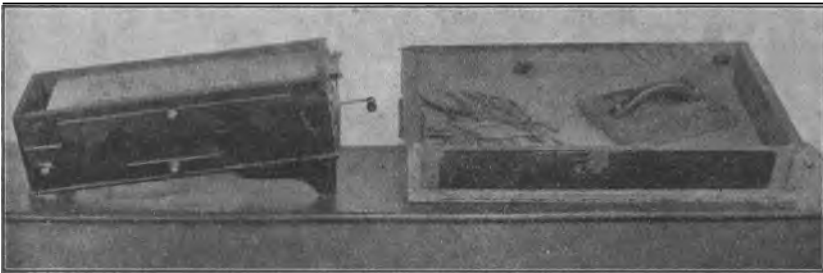


Fig. 40. — Compteur automatique de 500 graines et **égreneur** à frottement.

rapidement ce comptage. Ce compteur automatique de 500 graines (Fig. 40) se compose d'une caisse rectangulaire en bois, dont la paroi supérieure, un peu inclinée, est constituée par une pièce métallique percée de 500 ouvertures ovales; une planche glissière, poussée à fond, ferme ces ouvertures. On dépose une poignée de graines au sommet de la déclivité et, au moyen d'un petit secoueur à manivelle, on imprime, à la pièce métallique, une série de secousses : les graines descendent lentement le long du **plan incliné** et pendant ce trajet

(1) On aura peut-être remarqué que la plupart des appareils spéciaux utilisés dans les laboratoires d'amélioration sont de construction allemande : cela provient du fait que depuis plus de vingt ans chaque Etat de ce pays compte plusieurs stations de sélection officielle ou privée; assurés qu'ils sont d'un débit suffisant, les constructeurs spécialistes s'efforcent de fabriquer des appareils de plus en plus perfectionnés pour les analyses et les autres travaux de l'amélioration.

les 500 cavités, fermées en dessous par la glissière, reçoivent chacune une graine, les semences en trop étant recueillies au bas de leur course dans un récipient spécial. Il suffit en ce moment de tirer à soi la glissière pour faire tomber les 500 graines, à travers les ouvertures ainsi dégagées, dans un petit tiroir situé à la partie médiane et inférieure de l'appareil. On n'a plus qu'à effectuer la pesée au moyen de la balance de **Korant**.

Cette opération prend tout au plus 2-3 minutes et a l'avantage d'être parfaitement exacte; on peut, en effet, s'assurer d'un rapide coup d'œil que chaque ouverture contient sa graine et n'en contient qu'une; dans le cas contraire, le nombre exact sera facilement et rapidement reconstitué.

Dans un appareil plus simplifié, les secousses sont imprimées directement à la main.

Des pièces métalliques de rechange, avec des ouvertures adaptées aux semences des diverses céréales, sont ajoutées aux appareils.

Ces derniers sont très pratiques; malheureusement, dans le cas où l'échantillon est plus ou moins anormal, soit qu'il renferme un excès de petites graines, soit que le grain ait été recroquevillé par échaudage ou par une récolte anticipée ou encore qu'un assez grand pourcentage de semences aient été brisées par un égrenage trop violent, l'utilisation de ce compteur automatique devient moins économique. Il faudrait examiner si, dans ces cas spéciaux, plutôt rares il est vrai, il ne serait pas préférable d'avoir recours au comptage de 2 lots de 250 graines pesés séparément.

D. — Analyse de la récolte des parcelles d'élites II.

Les données sur lesquelles portera cette analyse seront les mêmes que celles exposées ci-dessus pour les élites I.

E. — Analyse de la récolte des essais comparatifs, des petites et grandes multiplications.

Voir le tableau, p. 105.

La succession des opérations sera la suivante : Battage, détermination du poids de la paille, **tararage**, pesée du grain **tararé**, détermination du poids du quart de litre, triage, pesées du grain de semence, du grain pour la meunerie, du rebut.

Rendement pratique. — Cette notion a été introduite en 1926, dans l'analyse des récoltes de nos essais comparatifs et multiplications, d'après les indications de M. Journée, Directeur de notre Station.

C'est un fait connu que les rendements de petites parcelles de 1-2-5-10 ares, quand on les transforme en rendements par hectare, sont toujours exagérés. Il est hors de doute que ces rendements en excès proviennent, en grande partie, de l'influence de la bordure. M. Journée propose de chiffrer cette influence de la façon suivante :

Se basant sur le rendement total de la parcelle, on détermine le rendement d'une bordure de 1 m. de large, courant tout autour de la parcelle et on le diminue de 10 %. Soit une parcelle de 40 m. X 5 m. ou 200 m², accusant un rendement total de 50 kilos de grains; la bordure aura une surface de 40 + 40 + 4 + 4 = 88 m' et son rendement sera de 50 × 88 — 22 kg., qui, diminués de 10 %, soit de 2,2 kg., deviennent 19,8 kg. Le rendement « pratique » de la parcelle sera de 50 — 22 = 28 + 19,8 = 47,8 kg., au lieu de 50 kg.

Cette méthode semble intéressante; des essais répétés, en divers endroits, devraient établir définitivement la valeur moyenne exacte de la quantité dont devra être diminué le rendement de la bordure, les 10 % indiqués ci-dessus, quoique fondés sur certaines observations, constituant encore une donnée quelque peu arbitraire.

FROMENT — RÉCOLTE DE 1926 — Analyse de la récolte des Essais comparatifs et des multiplications (*Station d'Amélioration de Gembloux*).

L E F	POIDS DU				%	de grain de semence dans le grain tararé	p. ds de 1 hectol tre	Rendement en grain tararé à l'Ha.	Rendement pratique par Ha	OBSERVATIONS
	Superficie par el	grain tararé	GRAIN TRIÉ							
			grain de semence	grain non-semence						
				pr la meunerie						

Pour que le tableau d'analyse ci-dessus constitue une fiche très complète nous renseignant sur la valeur respective des lignées, on pourrait y porter également les résultats des observations qui ont été faites concernant la résistance à l'hiver, à la verse, aux maladies et tous autres renseignements semblant intéressants au point de vue cultural.

EGREPAGE et BATTAGE.

Elites I et II. — Nous avons vu que l'égrenage des plantes-mères se faisait à la main; la trop grande quantité d'épis rend ici cette méthode inapplicable. Des constructeurs étrangers fabriquent pour le battage des petites quantités d'épis, des batteuses miniatures à aspect extérieur de tarare, dont la pièce principale est constituée par un tambour hérissé de petites pointes coniques.

A **Svalöf**, on utilise une méthode très peu compliquée pour effectuer cet égrenage, méthode qui dispense d'enlever les épis : on introduit les extrémités à épis dans un sac qu'on referme bien autour d'elles; le tout est disposé sur un bloc en bois et battu à l'aide d'une petite massue : le produit de ce battage est versé dans un léger van, nettoyé et le grain est pesé.

A **Gembloux**, avant 1926, nous effectuions l'égrenage des épis des élites au moyen d'un appareil simple et assez ingénieux (Fig. 40). La partie principale de cet « **égreneur** » était une planche épaisse, de 1.00 m. X 0.60 m. X 0.03 m., recouverte sur une de ses faces d'un fin treillis à très petites mailles (0.01) de façon à créer ainsi une surface rugueuse de frottement; le tout était entouré d'un rebord de 0.10 m., à planchette de devant amovible. Les épis coupés étaient jetés dans l'**égreneur** et frottés à l'aide d'une planchette également recouverte du même treillis et munie d'une poignée. Pour recueillir les balles, les morceaux de rachis et les graines, on rassemblait le tout dans un des coins de l'appareil, on relevait la planche de devant et l'on faisait tomber la masse dans un van.

A la Station de **Gottingue** (Hanovre), où j'avais vu fonctionner cet appareil en 1913, on y avait adapté une installation spéciale pour recueillir, rapidement et sans perte, les produits de l'égrenage; à cette fin, la paroi de devant, basculant autour d'une charnière, s'abaissait et, soulevant la partie arrière de l'**égreneur**, on en faisait glisser le contenu dans une trémie et on recueillait les graines dans un récipient placé en-dessous de celle-ci.

Depuis 1926, nous utilisons, pour l'égrenage des élites, une petite batteuse, d'une forme tout à fait spéciale, construite par M. Martinet à **Lausanne** (Suisse) et qui nous donne toute satisfaction (Fig. 41). Elle est constituée par

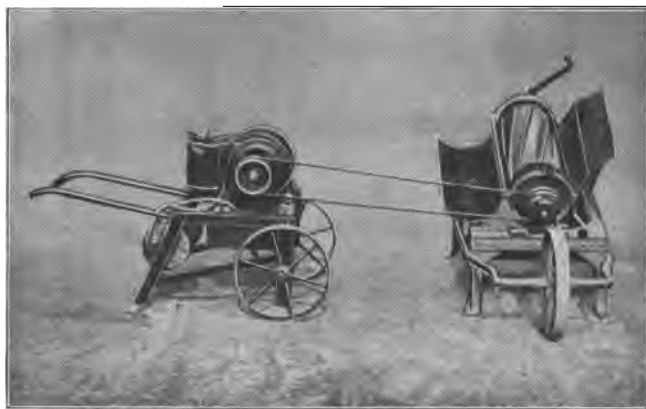


Fig. 41. — Batteuse Martinet, mue par un groupe électrique Law. (Photo *Alabouvette*.)

un tambour cylindrique creux, horizontal, un peu incliné, et muni de lames métalliques faisant office de batteur, des lames identiques, fixées à la partie inférieure de l'enveloppe métallique du tambour, servant de contre-batteur.

Une rainure apportée dans cette enveloppe amène, entre les lames, les épis d'une petite gerbe tenue à la main et qui, après quelques instants, est retirée égrenée à fond. Un grand avantage de la batteuse Martinet est son *auto-nettoyage*, avantage précieux, quand on pense qu'après égrenage de chaque lignée, il est d'absolue nécessité de débarrasser une batteuse de la dernière graine qui aurait pu se loger dans un recoin quelconque; ce nettoyage est assuré à la fois par la très grande vitesse de rotation du tambour creux et par le violent courant d'air expulsé par les ouvertures dont sont munies les parois fermant les deux extrémités du cylindre. Les graines battues, avec les balles et les débris de rachis, se rassemblent dans un récipient placé sous la batteuse. Celle-ci étant montée sur brouette métallique se déplace très facilement. Elle peut être mise en action par manivelle ou par moteur.

Essais comparatifs et multiplications. — Le battage se fait le mieux au moyen d'une batteuse à broches, munie de secoueurs, et dont les parois intérieures bien lisses et l'absence de coins et de recoins permettent un nettoyage rapide et total. La batteuse que nous utilisons a été construite par la firme **Tixhon-Smal**, à Alleur (Liège).

Des batteuses de modèle réduit, mais de même construction que les grandes batteuses employées dans les exploitations rurales, nettoient et préparent peut-être mieux la semence que les batteuses à broches; elles rendent, en outre, inutile l'usage du tarare. Leur emploi est cependant à déconseiller ici, la complication de leur mécanisme interne rendant très difficile le nettoyage complet après le battage de chaque lignée; le seul moyen, et encore est-il plus ou moins imparfait, est de faire tourner la machine à vide pendant un temps suffisamment long, avant de procéder au battage d'une nouvelle souche.

NETTOYAGE DU GRAIN.

Le grain provenant de l'égrenage des Elites I-II pourrait être débarrassé des débris de rachis, des balles et de la poussière par un *vannage* au moyen de vans légers en bois ou en métal; conseillons plutôt l'emploi d'un *tarare-miniature* (tel celui que construit, entre autres, la firme **Roeber** à **Wutha** (Thuringe).

La semence provenant du battage des essais comparatifs et des multiplications, si elle n'a pas été nettoyée par la batteuse elle-même, sera passée au tarare ordinaire.

TRIAGE.

La semence provenant de chaque plante-mère est triée à la main. Il en est de même de la récolte de chaque Elite I, dans laquelle on fait choix du nombre de graines nécessaires au semis de l'Elite II, soit, à notre Station, 2 X 900 graines, (chaque parcelle comprenant 15 lignes de 60 plantes et étant répétée à un autre emplacement de la sole).

Quant à la graine des élites II destinée aux parcelles des essais comparatifs, elle peut être triée soit au moyen de tamis, soit, plus rapidement, au moyen d'un cribleur ou, mieux encore, d'un trieur-miniature, un petit Marot, par exemple,

(Station d'Amélioration de Gembloux)

N ^o D'ORDRE Z	DATE D'ENTRÉE DE L'ÉCHANTILLON	NOM DE LA VARIÉTÉ	ORIGINE	NATURE DE L'ÉCHAN- TILLON
15	sept. 1920	Diekhuis	Soc. des Producteurs de Semences de la Groningue (Hollande).	Graines
298	janv. 1926	Marquis <i>Minn.</i> n ^o 1239	Station d'Amélioration de St-Paul (Minnesota — E.-U.).	Graines
336	mars 1926	Ideal de Dankov	Alex. Janasz , à Dankov (Pologne).	Graines
408	août 1927	Shirosaya	Institut d'Amélioration des Plantes de l'Université de Kyoto (Japon).	Graines

ou encore, en utilisant une nettoyeuse-trieuse miniature « Idéal » de **Roeber** (Wutha-Thuringe).

CONSERVATION DES SEMENCES.

Les petits quantités de graines provenant des plantes-mères et des élites I peuvent aisément être conservées, en attendant les semis, dans des sachets en toile ou en papier fort. Dans certaines stations, on utilise des assiettes en carton, rondes ou rectangulaires (à angles arrondis), identiques à celles que l'on emploie dans les expositions de produits horticoles. Ces assiettes ont l'avantage d'être très légères et d'un maniement très facile, mais elles sont assez encombrantes, à moins d'être empilées, ce qui nuit beaucoup à leur stabilité.

La semence fournie par les élites II, les essais comparatifs et les multiplications est manipulée dans des sacs de diverses grandeurs, en fil de papier ou en jute.

DESSICCATION.

Pour dessécher rapidement des quantités de graines, quelque peu importantes, qui auraient pris de l'humidité avant ou après le battage ou le triage, on peut, très utilement, étendre la semence sur aire, en tas peu élevés, en un emplacement très aéré, et activer l'évaporation de l'humidité soit par de nombreux pelletages, soit, mieux encore, par un puissant ventilateur électrique, transportable. Pour la dessiccation rapide de très grandes quantités de semences, on peut préconiser le touraillage, opération qui, bien conduite, n'affecte que peu la faculté germinative. D'autres installations de dessiccation, très importantes, font partie de l'outillage des grosses maisons de production de semences ou des minoteries.

A la Station d'Amélioration de la « Cornell University » (Etat de New-York), j'ai vu utiliser pour la dessiccation du grain plus ou moins humide de vastes étuves, réparties en trois étages, chauffées par circulation d'eau chaude et pou-

Extrait du registre des **Echantillons**

DESCRIPTION SOMMAIRE	NUMÉROS GÉNÉA- LOGIQUES DES PLANTES-MÈRES CHOISIES DANS L'ÉCHANTILLON	DATE DE PLANTATION · DES PLANTES-MÈRES	OBSERVATIONS
Grain roux — mélange de graines vitreuses et fari- neuses.	227 à 236	octobre 1921	
Petit grain, vitreux, brun foncé, court.	1715 à 1732	mars 1927	
Beau grain blanc, assez petit.	1821 à 1836	octobre 1927	
Petit grain très vitreux, roux très foncé.			

want contenir, chacune, un grand nombre de caisses à fond treillissé, sur lequel une toile retenait la semence. (Voir fig. 33, p. 85.)

4. — Registres et livres divers utilisés à une station d'amélioration.

1° *Registre des échantillons et livre généalogique.* — Ce livre, fondamental pour l'amélioration, contiendra les indications nécessaires sur l'origine et la nature des divers échantillons de plantes ou de graines, qui fourniront les futures plantes-mères, points de départ de l'amélioration, ou les géniteurs en vue des hybridations; on y inscrira, de façon très soignée, les numéros généalogiques des lignées qui, éventuellement, auront été choisies dans ces échantillons.

Le modèle ci-dessus pourrait être utilisé.

2° *Registres des analyses.* — Pour chaque plante en amélioration, on tiendra un registre dans lequel seront consignés, d'année en année, les résultats des analyses des diverses descendance; on y ajoutera tout changement éventuel apporté aux méthodes et toute autre constatation intéressante; on y indiquera, de même, quelles sont, annuellement, les lignée éliminées et celles qui sont gardées en amélioration.

3° *Livre des champs.* — Voir pages 74-76.

4° *Fiches descriptives des lignées.* — Actuellement, toute documentation, dans une maison commerciale bien tenue, se fait sur fiches; la rapidité avec laquelle l'on consulte un tel répertoire, la facilité avec laquelle on peut adapter à l'amélioration cette nouvelle méthode de travail doivent la faire adopter par les sélectionneurs.

Diverses modalités d'application sont possibles : au technicien à choisir ; mais, quelque soit la méthode qui aura sa préférence, il faudra qu'elle lui permette, à n'importe quelle période de son amélioration, de voir, pour chacune de

ses lignées, la façon dont elle s'est comportée, d'année en année, à partir du moment où elle a débuté comme plante-mère; il faudra qu'elle lui montre, pour chaque lignée, les caractéristiques de celle-ci et leur fixité, ses qualités et défauts, et cela, non seulement pour les essais sur place, mais aussi pour tous les essais régionaux. Une fiche individuelle annuelle, complète, mentionnant les résultats des observations durant la végétation et des analyses après récolte, s'impose, par conséquent, pour chaque lignée intéressante, qu'elle soit le résultat d'une sélection généalogique ou d'une hybridation.

5° *Divers carnets et livres de manutention.* — Livres de magasin : entrées (poids après **tararage** et après triage) et sorties (répartition) des semences, carnet des expéditions, éventuellement carnet des sacs en circulation, etc.

CHAPITRE III

L'AMÉLIORATION APRES HYBRIDATION

L'amélioration individuelle, telle que nous venons de l'esquisser, est une méthode relativement facile et accessible à tout cultivateur progressiste, intelligent et consciencieux ; par elle, il pourra, en trois ou quatre années, isoler, dans une population quelconque, variété introduite ou mieux encore, sorte locale, les lignées les plus méritoires, qui, après multiplication et essais comparatifs, lui fourniront une semence de choix pour ses besoins personnels et pour la vente.

Malheureusement le nombre de petites espèces, et, dans celles-ci, le nombre de lignées n'est pas illimité : de plus, ne répondant pas toutes à un perfectionnement, elles ne sont pas toutes pratiquement utilisables dans l'économie agricole. Ceci est surtout vrai pour les variétés étrangères déjà soumises, dans leur pays d'origine, à une amélioration prolongée.

Que devra faire le producteur sélectionneur arrêté devant cette impossibilité de continuer l'amélioration et qui, quoique ayant déjà obtenu par la méthode généalogique des résultats très appréciables, désirerait néanmoins pousser plus loin encore le perfectionnement de ses sortes ? Il devra avoir recours à la *création, par des croisements artificiels raisonnés, de nouvelles sortes améliorées.*

§ I. — **LÉ MENDÉLISME : BASÉ SCIENTIFIQUE DE L'AMÉLIORATION PAR CROISEMENT.**

Naudin venait d'établir deux lois importantes de l'hérédité après hybridation : celle de l'uniformité de la première génération hybride et celle du retour partiel des générations ultérieures vers les types parentaux.

En 1865, Mendel ayant soumis à une dénombrement rigoureux les nombreuses descendance issues de ses célèbres croisements entre races de Pois, énonça les lois qu'en son honneur on a appelées les « lois mendéliennes de l'hérédité après croisement », lois qui, redécouvertes en 1900 par **Correns**, **Tschermak** et de Vries, furent définitivement admises comme bases du « mendélisme », cette nouvelle discipline des sciences biologiques qui, depuis cette date mémorable, est l'objet des recherches exclusives d'une foule de savants du monde entier.

L'exposé de ces lois paraîtra un peu aride et de compréhension quelque peu difficile à maints lecteurs de ce manuel, il est cependant absolument nécessaire; je m'efforcerai toutefois d'être le plus clair et le plus bref possible. Dans ces développements, j'utiliserai comme exemple certaines plantes agricoles et une fleur qui m'a servi de sujet d'expérience dans des recherches personnelles : *Campanula Medium*, la Campanule ordinaire des jardins.

1. — Croisements monohybrides.

Chez le froment, nous rencontrons des formes à grain rouge et d'autres à grain blanc ; on pourrait, en principe, trouver des lignées pures qui ne se distingueraient que par ce seul caractère : la coloration de l'enveloppe de la graine, coloration due, chez certaines lignées, à la présence d'un seul facteur (1), alors que son absence (ou la présence d'un facteur opposé) détermine, au contraire, chez d'autres descendance, la non coloration de la semence.

Prenons deux plantes de **froment** identiques, à cette différence près que l'une appartient à une lignée pure, constante, à grain rouge, alors que l'autre a été choisie dans une lignée fixée, comme on dit, à grain blanc. Enlevons aux épis de cette seconde touffe les étamines ou organes mâles, en un mot, opérons chez elle une castration, puis fécondons-la au moyen d'un pinceau chargé de pollen prélevé sur la plante à grain rouge.

PREMIÈRE GÉNÉRATION HYBRIDE OU **F₁** (2). — Prélevons les graines prove-

(1) Les différences fondamentales existant entre deux lignées pures et transmissibles par hérédité sont déterminées, d'après la théorie mendélienne, par des *unités héréditaires* appelées « gènes » ou « facteurs ». Nous n'envisagerons pas ici la question de savoir à quoi répond en réalité, ce terme de « facteur ». Comme l'établit très bien Baur, dans son excellent traité de génétique expérimentale — un des meilleurs qui soit —, dire que tel ou tel caractère repose sur la présence de tel ou tel facteur, ce n'est ici qu'une façon de parler, d'exprimer en peu de mots et facilement les différences existant entre les deux races, en faisant abstraction de la possibilité de l'existence ou de l'absence, chez les individus envisagés, de quelque chose de matériel, de concret. Actuellement cependant la *théorie chromosomique de l'hérédité*, qui fait des chromosomes (éléments figurés de tout noyau cellulaire) seuls ou en liaison avec le protoplasme, les déterminants ou porteurs de l'hérédité est admise par l'énorme majorité des biologistes.

(2) Dans le monde des génétistes, on s'est mis d'accord sur quelques symboles facilitant la représentation écrite des phénomènes mendéliens : c'est ainsi qu'une hybridation s'exprime par le signe X; généralement on met à gauche de ce signe le nom de la plante castrée qui servira de plante maternelle et à droite, celui de la plante paternelle qui fournit le pollen. Cette génération parentale est désignée par P1, la première génération hybride résultant du croisement est la **F1** (première génération « filiale »), la seconde génération et les suivantes étant les F2, F3, etc.

nant de cette « hybridation » ou croisement, semons-les sur une petite parcelle; que constaterons-nous au moment de la floraison de ces plantes hybrides ? Que tous les individus, sans aucune exception, porteront des épis à grain rouge.

C'est là une des premières lois mendéliennes, déjà reconnue par Naudin : *l'uniformité de la première génération hybride*; toutes les plantes d'une telle génération issue du croisement entre deux « géniteurs » génétiquement purs c'est-à-dire stables, fixés, sont identiques entre elles.

Nous voyons, en outre, que toutes les graines sont du type coloré : il y a donc « *dominance* », comme on dit, du caractère « coloration de la graine » sur le caractère « absence de couleur » qui, lui, est dit « *récessif* » vis-à-vis du premier.

DEUXIÈME GÉNÉRATION FILIALE OU F_2 . — Si, écartant tout danger de nouvelles fécondations croisées, nous **autofécondons** artificiellement ces plantes de la F_1 , c'est-à-dire si nous déposons sur les pistils ou éléments femelles de chaque fleur du pollen prélevé sur cette fleur, ou bien — comme dans le cas présent, il s'agit d'une plante à autofécondation — si nous laissons simplement les individus de la première génération hybride **s'autoféconder** naturellement et que nous semons les graines issues de ces autofécondations, elles vont donner naissance à tout un ensemble de plantes qui ne seront plus du tout uniformes comme à la F_1 . Dénombrons tous ces individus de la F_2 et nous constaterons que 75 % ou les 3/4 ont des graines rouges c'est-à-dire du type dominant et que 25 % ou 1/4 sont du type récessif, c'est-à-dire portent des épis à graines blanches ; il y a eu, à la F_2 , *ségrégation* ou *disjonction* en plantes à grains rouges et à grains blancs, dans la proportion de 3 : 1 ; c'est *la formule de la disjonction mendélienne dans le cas d'un mono-hybride à dominance d'un caractère sur l'autre*.

Comment le mendélisme explique-t-il cette disjonction typique ? Nous savons que toute graine est le résultat de la fusion entre une cellule sexuelle ou gamète mâle — provenant du grain de pollen — et une cellule sexuelle ou gamète femelle — provenant de l'ovule.

C'est ainsi que la plante parentale à graines colorées provient de l'union de deux cellules sexuelles, l'une mâle, l'autre femelle, transmettant toutes deux le caractère « coloration de la graine », tandis que la plante parentale à grain blanc provient d'une graine issue de la fusion de deux cellules sexuelles transmettant le caractère « non-coloration » du grain.

Pour plus de facilité, représentons ces divers faits par les symboles actuellement employés par tous les mendéliens :

Soit R, le facteur qui détermine dans chaque grain de pollen et dans chaque ovule la tendance à la formation de graines rouges et r le facteur déterminant l'absence de coloration chez la graine; la plante à grain rouge aura la formule génétique RR puisqu'elle provient de la fusion de deux cellules sexuelles renfermant toutes deux R; le géniteur à grain blanc sera rr.

Le croisement (P1) donnant naissance à l'hybride de première génération sera donc : RR X rr et la première génération hybride elle-même (F1) sera Rr.

Ces individus seront à grains rouges parce que R (grain rouge) est *dominant*

vis-à-vis de r (grain blanc). Cet hybride, issu de la fusion d'un gamète mâle R avec un gamète femelle r formera à son tour deux espèces de cellules sexuelles — R et r — et cela dans la proportion fixe, stable de 50 % de gamètes R et 50 % de gamètes r .

C'est ce fait de la formation, chez l'hybride de première génération, d'un nombre identique de gamètes mâles et de gamètes femelles qui fournit l'explication de toutes les disjonctions mendéliennes. C'est ainsi que dans le cas présent, l'hybride de première génération (F_1), Rr , forme donc, en nombre égal, quatre espèces de gamètes : des gamètes mâles R , des gamètes femelles R , des gamètes mâles r et des gamètes femelles r .

Fécondons chaque plante de cette génération par son propre pollen, en un mot, autofécondons-les ou bien, ce qui revient au même, laissons-les se féconder librement entre elles, bien entendu à l'abri de toute fécondation éventuelle par les plantes de la même espèce mais étrangères au croisement : il y aura quatre possibilités de rencontres entre les quatre sortes de gamètes :

1° Un gamète mâle (grain de pollen) R peut rencontrer un gamète femelle (ovule) R : leur fusion donnera une plante RR .

2° Un gamète mâle R peut rencontrer un gamète femelle r : leur union donnera naissance à un individu Rr .

3° Un grain de pollen r rencontrant un ovule R donnera une graine qui se développera en une plante rR .

4° Enfin, un grain de pollen r peut rencontrer un ovule r et former un individu rr .

Or, RR = plante à grain rouge, de race stable ou, pour employer le terme en usage en génétique, *homozygote* (1) ; les plantes de formule RR ne donneront ultérieurement que des générations pures, à grain rouge.

Rr et rR = plantes hybrides ou *hétérozygotes* (1) à épis à graines colorées à cause de la dominance de R sur r ; extérieurement, toutes les plantes ayant cette formule génétique donneront des semences colorées, tout comme les individus RR , mais, autofécondées, elles formeront une génération suivante composée, à nouveau, de plantes RR , Rr , rR et rr .

rr = plantes portant des épis à graines blanches, *homozygotes*, de race pure, constante.

D'autre part, puisque l'hybride de première génération Rr aura fourni autant de gamètes mâles et femelles R que de grains de pollen et d'ovules r , ceux-ci ont tous le même nombre de chances de se rencontrer et les quatre combinaisons RR , Rr , rR et rr , ont, par conséquent, le même nombre de chances de se réaliser.

Nous pouvons donc dire que la F_2 ou deuxième génération filiale — du moins si le nombre d'individus est suffisamment élevé (100 à 200 plantes) —

(1) *Zygote* = œuf fécondé résultant de la fusion de deux gamètes de sexe contraire. *Homozygote* = œuf fécondé résultant de la fusion de deux gamètes de même constitution génétique. *Hétérozygote* = œuf fécondé résultant de la fusion de deux gamètes génétiquement dissemblables.

sera composée de : 25 % de plantes RR, à grain rouge qui, à travers les générations ultérieures, continueront à donner des plantes à grain rouge (1).

2° 25 % de plantes Rr, qui à cause de la dominance du caractère « coloration du grain », seront, elles aussi, à grain rouge, mais seront de caractère hybride au même titre que les plantes Rr de la F₁.

3° 25 % de plantes rR de même nature que les plantes Rr.

4° 25 % de plantes rr, à grain blanc, puisqu'elles ne renferment aucun facteur de coloration ; toutes les générations ultérieures (1) de ces plantes seront également à grain blanc.

Le schéma suivant expliquera encore mieux le processus de cette disjonction :

Soit ● les gamètes mâles et femelles d'un froment à grain roux d'une race constante, homozygote, d'une lignée pure, en un mot, et

○ les gamètes mâles et femelles d'un froment à grain blanc également de lignée pure.

Cellules sexuelles dont l'union a produit les deux géniteurs.

R R r r
● x ● ○ x ○

P₁ = génération parentale ou géniteurs.

● x ○
RR rR

F₁ = première génération filiale :

Cellules sexuelles ou gamètes de la F₁.

R R r r
● m. ● f. ○ m. ○ f. } m = mâle
f = femelle
25% 25% 25% 25%

Combinaisons possibles à la F₂ (2^e génération filiale).

25% R x R et vice versa = ● ou RR
25% R x r et vice versa = ● ou Rr
25% ○ x R et vice versa = ● ou rR
25% ○ x ○ et vice versa = ○ ou rr

soit, à la F₂ : 3 ● : 1 ○ c'est-à-dire 3 plantes à grain rouge sur une à grain blanc; sur l'ensemble des plantes à grain rouge, 1/3 sera homozygote ou constant (RR) et 2/3 seront hybrides (Rr et rR), tandis que la totalité des plantes à grain blanc seront génétiquement pures, constantes.

(1) A condition, bien entendu, que tout danger de croisement naturel provenant de lignées voisines soit écarté, ce qui est normal chez les plantes autogames, telles que le froment, l'orge, l'avoine, les pois, les haricots.

A la génération suivante, les plantes hybrides à grain rouge (**Rr** et **rR**) se disjoindront à nouveau comme l'hybride **Rr** de la F_1 , c'est-à-dire en une plante homozygote à grain rouge, deux plantes hétérozygotes, hybrides, à grain rouge et une plante homozygote à grain blanc.

Le tableau suivant, appelé « échiquier des disjonctions », rendra plus claires encore ces **notions** fondamentales :

(P1)	RR grain rouge	x	rr grain blanc
(F1)	Rr grain rouge		
	Cell. sex. de la F_1	R	r
(F_2)	R	RR grain rouge	rR grain rouge
	r	Rr grain rouge	rr grain blanc

Résultat : 3 plantes à grain rouge, 1 à grain blanc, ou, plus justement :
 1 à grain rouge, constant, homozygote (souligné).
 2 à grain rouge, hybrides, hétérozygotes, instables.
 1 à grain blanc, constant, homozygote (souligné) .

Remarque. — On ne peut, simplement d'après leur aspect extérieur, identifier, à la F_2 , les plantes qui possèdent le caractère dominant à l'état homozygote (RR) d'entre celles qui possèdent ce même caractère à l'état hétérozygote (**Rr** ou **rR**), les deux catégories, vu la dominance du facteur « coloration », possédant, toutes deux, des épis à grain rouge.

Pour pouvoir les distinguer les unes des autres, il faudra avoir recours à la constitution, au moyen de leurs graines, d'une nouvelle génération, la F_3 , au cours de laquelle les plantes *homozygotes* RR, à grain rouge, de la F_2 montreront, chacune, une descendance absolument *homogène* quant au caractère envisagé (grain rouge), tandis que les *hétérozygotes* (**Rr** ou **rR**) de la F_2 fourniront, à cette F_3 , une descendance *hétérogène*, composée d'individus à grain rouge (RR, **Rr**, **rR**) et à grain blanc (**rr**), dans le rapport approximatif 3 : 1.

En langage mendélien, on dit que les plantes RR, **Rr**, **rR** de la F_2 sont du même *phénotype* (aspect extérieur), mais que, parmi elles, on distingue, héréditairement, deux *génotypes* différents : RR — **Rr** ou **rR**. Pour pouvoir classer ces phénotypes de la F_2 d'après leurs génotypes respectifs, il faut donc avoir recours à une F_3 .

Conclusions : 1° Dans une hybridation effectuée entre deux individus ne différant que par un seul caractère, dans le cas où un des deux caractères est dominant sur l'autre, les monohybrides de première génération ressembleront à celui des deux géniteurs qui montre ce caractère dominant et ils donneront

une deuxième génération composée de 75 % d'individus possédant extérieurement ce caractère et de 25 % d'individus possédant le caractère récessif.

2° Sur l'ensemble des individus possédant, à la F_2 , le caractère *dominant*, un tiers est constant, deux tiers se disjoignent à nouveau à la génération suivante, tout comme l'hybride de première génération.

3° Tous les individus, possédant, à la F_2 , le caractère *récessif* sont homozygotes, « fixés », comme on dit.

4° *La formule de la disjonction d'un mono-hybride, dans le cas de dominance d'un caractère sur l'autre, est donc de 3 : 1.*

5° Au point de vue de la technique de l'amélioration, un tel croisement entre individus ne différant que par un seul caractère est inutilisable : en effet, il ne donne naissance à aucun individu constant revêtu d'un caractère *nouveau*.

Le cas de ces mono-hybrides à dominance complète que nous venons d'étudier un peu longuement, parce qu'il sert de base à toute la théorie mendélienne, se rencontre assez fréquemment chez les plantes agricoles ; nous en verrons plusieurs cas dans la troisième partie de ce manuel ; à titre documentaire, en voici déjà deux exemples : certains froments barbus croisés avec des froments mutiques, c'est-à-dire sans arêtes, donnent une première génération mutique ; on dira que l'absence de barbes est dominante vis-à-vis de leur présence ; la F_2 sera composée de trois plantes à épis non barbus sur une plante à épis barbus. Il en est de même dans un croisement effectué par NILSSON-EHLE entre une avoine ordinaire à panicule et une avoine à grappe ; le premier caractère domine le second.

Ce cas de dominance complète d'un caractère n'est pas la règle : très souvent l'hybride de première génération sera, au contraire, d'aspect intermédiaire entre ses deux géniteurs.

Croisons, par exemple, un froment à paille très longue (LL) avec un autre froment à paille très courte (ll) ; la première génération (Ll) aura une paille dont la longueur est à peu près intermédiaire entre celles des deux parents. A la deuxième génération hybride, la formule de disjonction sera ILL, 2Ll, 1ll ; les extrêmes (LL et ll) seront homozygotes, constants, semblables aux géniteurs, les hybrides intermédiaires (Ll) se disjoignant de nouveau, à la troisième génération, en 1 individu à paille très longue, constant, 2 hybrides à paille de longueur intermédiaire et 1 individu à paille très courte, constant lui aussi.

Ici encore, par conséquent, nulle utilisation au point de vue de la pratique de l'amélioration.

2. — Croisements **dihybrides** ou hybridations entre deux individus génétiquement purs, différant par deux caractères.

Les explications détaillées données ci-dessus concernant le cas des croisements mono-hybrides me permettront d'exposer plus brièvement le cas d'un croisement **dihybride**.

Croisons un froment à épi roux, à grain blanc avec un froment à épi blanc, à grain roux et représentons par C le facteur de coloration de l'épi, par c l'ab-

sence de coloration chez la plante à épi blanc, par R le facteur de coloration de la graine et par r celui de la non-coloration du grain.

Nous aurons :

$$\begin{array}{l}
 \text{(P1)} \quad \begin{array}{ccc} \text{Cr X Cr} & & \text{cR X cR} \\ \text{CCrr} & \text{X} & \text{ccRR} \end{array} \\
 \text{épi roux, grain blanc} & & \text{épi blanc, grain rouge} \\
 \text{(F1)} \quad \begin{array}{c} \text{CcRr} \\ \text{épi roux, grain rouge} \\ \text{(la coloration, dans les deux cas,} \\ \text{dominant l'absence de couleur)} \end{array}
 \end{array}$$

Les 4 cellules sexuelles de l'hybride sont :

$$\text{CR} \quad \text{Cr} \quad \text{cR} \quad \text{cr}$$

Le tableau suivant donne l'échiquier des 16 combinaisons à la F₂.

Echiquier de disjonction d'un **dihybride**.

Cellules sexuelles de la F ₁	CR	Cr	cR	cr
CR	<u>CCRR</u>	CCRr	CcRR	CcRr
	épi roux, grain rouge	épi roux, grain rouge	épi roux, grain rouge	épi roux, grain rouge
Cr	CCrr	<u>CCrr</u>	CcRr	Ccrr
	épi roux, grain rouge	épi roux, grain blanc	épi roux, grain rouge	épi roux, grain blanc
cR	CcRR	CcRr	<u>ccRR</u>	ccRr
	épi roux, grain rouge	épi roux, grain rouge	épi blanc grain rouge	épi blanc grain rouge
cr	CcRr	Ccrr	ccRr	<u>ccrr</u>
	épi roux, grain rouge	épi roux, grain blanc	épi blanc grain rouge	épi blanc grain blanc

CONCLUSIONS : 1° Disjonction : Sur les 16 combinaisons possibles, nous en dénombrons :

9 à épis roux, grain rouge
 3 à épis roux, grain blanc
 3 à épis blancs, grain rouge
 1 à épis blancs, grain blanc

$\chi^2 : 3 : 3 : 1$ est la formule typique de la disjonction après croisement entre deux individus, se différenciant par 2 caractères et cela dans le cas de dominance des 2 caractères de l'un vis-à-vis des 2 caractères de l'autre.

2° Totalisons les plantes à épis roux d'une part et celles à épis blancs d'autre part, ainsi que les touffes à grain rouge et à grain blanc, nous trouvons :

12 à épis roux : 4 à épis blancs.
 12 à grain rouge : 4 à grain blanc.

ou, dans chaque cas, 3 : 1, soit la formule de disjonction d'un mono-hybride. Chaque caractère se comporte donc, lors de la dissociation, comme s'il était seul, indépendamment des autres.

3° Formation, sur 16 combinaisons possibles, de 4 combinaisons homozygotes dans les deux caractères (en diagonale, et en caractères soulignés deux fois dans l'échiquier), soit un quart; parmi elles, 2 combinaisons nouvelles, stables, fixées : plantes à épis roux, grain rouge et individus à épis blancs, grain blanc (respectivement **CCRR** et **ccrr**), alors que les 2 géniteurs étaient, l'un à épis roux, grain blanc (**CCrr**) et l'autre à épis blancs, grain rouge (**ccRR**).

4° Présence de 4 combinaisons hétérozygotes ou hybrides dans les 2 caractères envisagés (diagonale inverse, soulignées) qui, autofécondées, se disjoindront lors de la F₃ comme les dihybrides de première génération, et de 8 combinaisons hétérozygotes dans un seul des 2 caractères; celles-ci, après autofécondation, se comporteront, à la troisième génération, comme des mono-hybrides.

Pour pouvoir créer, par conséquent, des formes nouvelles qui soient constantes, il faut donc hybrider entre eux des individus génétiquement purs se différenciant l'un de l'autre au moins par 2 caractères.

3. — Croisements entre deux individus génétiquement purs se différenciant par trois caractères.

Le même raisonnement appliqué aux trihybrides montre que la disjonction devient de plus en plus compliquée au fur et à mesure que le nombre de caractères différenciant les deux géniteurs augmente, mais que, néanmoins, cette dissociation se fera toujours d'après le développement de la même formule.

En outre, le nombre de formes nouvelles homozygotes s'accroît en raison directe de l'augmentation du nombre de caractères différentiels.

Prenons un dernier exemple : croisons deux froments choisis dans deux lignées pures différentes et dont l'un a des épis roux, (C), denses (D) (c'est-à-dire à épillets serrés) et à grain rouge (R), l'autre, au contraire, des épis blancs (c), lâches (d) (c'est-à-dire à grands intervalles entre les épillets), à grain blanc (r).

Cellules sexuelles des géniteurs	i	CDR × CDR	X	cdr × cdr
	(P ₁)	CCDDRR épi roux, dense, grain rouge		ccddrr épi blanc, lâche, grain blanc
	(F ₀)	CcDdRr épi roux, dense, grain rouge		dominance des colorations et, dans certains cas, de la densité de l'épi.

Les 8 cellules sexuelles mâles de l'hybride seront :

CDR, CDr, CdR, Cdr, cDR, cDr, cdR, cdr

Les 8 cellules sexuelles femelles seront les mêmes.

Combinaisons possibles, deux à deux, entre ces diverses cellules sexuelles : 64. En établissant l'échiquier de la disjonction à la F₂ (voir tableau p. 119), nous constaterons que :

Echiquier de la disjonction d'un trihybride.

Cellules sexuelles de l'hybride F ₁	CDR	CDr	CdR	Cdr	cDR	cDr	cdR	cdr
CDR	<u>CCDDRR</u>	<u>CCDDRr</u>	<u>CCDdRR</u>	<u>CCDdRr</u>	<u>CcDDRR</u>	<u>CcDDRr</u>	<u>CcDdRR</u>	<u>CcDdRr</u>
	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge
CDr	<u>CCDDRr</u>	<u>CCDDrr</u>	<u>CCDdRr</u>	<u>CCDdrr</u>	<u>CcDDRr</u>	<u>CcDDrr</u>	<u>CcDdRr</u>	<u>CcDdrr</u>
	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc
CdR	<u>CCDdRR</u>	<u>CCDdRr</u>	<u>CCddRR</u>	<u>CCddRr</u>	<u>CcDdRR</u>	<u>CcDdRr</u>	<u>CcddRR</u>	<u>CcddRr</u>
	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, lâche, grain rouge	épi roux, lâche, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, lâche, grain rouge	épi roux, lâche, grain rouge
F ₂ Cdr	<u>CCDdRr</u>	<u>CCDdrr</u>	<u>CCddRr</u>	<u>CCddrr</u>	<u>CcDdRr</u>	<u>CcDdrr</u>	<u>CcddRr</u>	<u>Ccddrr</u>
	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc	épi roux, lâche, grain rouge	épi roux, lâche, grain blanc	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc	épi roux, lâche, grain rouge	épi roux, lâche, grain blanc
cDR	<u>CcDDRR</u>	<u>CcDDRr</u>	<u>CcDdRR</u>	<u>CcDdRr</u>	<u>ccDDRR</u>	<u>ccDDRr</u>	<u>ccDdRR</u>	<u>ccDdRr</u>
	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi blanc, dense, grain rouge	épi blanc, dense, grain rouge	épi blanc, dense, grain rouge	épi blanc, dense, grain rouge
cDr	<u>CcDDRr</u>	<u>CcDDrr</u>	<u>CcDdRr</u>	<u>CcDdrr</u>	<u>ccDDRr</u>	<u>ccDDrr</u>	<u>ccDdRr</u>	<u>ccDdrr</u>
	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc	épi blanc, dense, grain rouge	épi blanc, dense, grain blanc	épi blanc, dense, grain rouge	épi blanc, dense, grain blanc
cdR	<u>CcDdRR</u>	<u>CcDdRr</u>	<u>CcddRR</u>	<u>CcddRr</u>	<u>ccDdRR</u>	<u>ccDdRr</u>	<u>ccddRR</u>	<u>ccddRr</u>
	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, lâche, grain rouge	épi roux, lâche, grain rouge	épi blanc, dense, grain rouge	épi blanc, dense, grain rouge	épi blanc, lâche, grain rouge	épi blanc, lâche, grain rouge
cdr	<u>CcDdRr</u>	<u>CcDdrr</u>	<u>CcddRr</u>	<u>Ccddrr</u>	<u>ccDdRr</u>	<u>ccDdrr</u>	<u>ccddRr</u>	<u>ccddrr</u>
	épi roux, dense, grain rouge	épi roux, dense, grain blanc	épi roux, lâche, grain rouge	épi roux, lâche, grain blanc	épi blanc, dense, grain rouge	épi blanc, dense, grain blanc	épi blanc, lâche, grain rouge	épi blanc, lâche, grain blanc

P Sur les 64 combinaisons, on en dénombrera :

- 27 à épis roux, denses, à grain rouge.
- 9 à épis roux, lâches, à grain rouge.
- 9 à épis roux, denses, à grain blanc.
- 9 à épis blancs, denses, à grain rouge.
- 3 à épis roux, lâches, à grain blanc.
- 3 à épis blancs, lâches, à grain rouge.
- 3 à épis blancs denses, à grain blanc.
- 1 à épis blancs, lâches, à grain blanc.

27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : r est la formule typique de la disjonction après croisement entre deux individus se différenciant par 3 caractères et cela dans le cas de dominance des 3 caractères de l'un vis-à-vis des 3 caractères de l'autre.

2° Sur les 64 combinaisons, nous voyons 8 combinaisons homozygotes dans les 3 caractères (soulignés deux fois) dont 6 nouvelles :

- CCDDrr = épi roux, dense, grain blanc.
- CCddRR = épi roux, lâche, grain rouge.
- CCddrr = épi roux, lâche, grain blanc.
- ccDDRR = épi blanc, dense, grain rouge.
- ccDDrr = épi blanc, dense, grain blanc.
- ccddRR = épi blanc, lâche, grain rouge.

Nous trouverons également : 8 combinaisons hétérozygotes pour les trois caractères envisagés (soulignés dans la figure), qui, autofécondées, se disjoindront à la F₃, comme le trihybride de la F₁, 24 combinaisons hétérozygotes pour deux de ces caractères, qui, à la troisième génération hybride, se disjoindront d'après la formule d'un dihybride, c'est-à-dire d'après 9 : 3 : 3 : 1, et, enfin, 24 combinaisons hétérozygotes pour un seul caractère, se disjoignant à la F₃ d'après la formule 3 : 1.

Nous voyons, par les trois exemples ci-dessus, que plus grand est le nombre de caractères différenciant les deux individus croisés, plus grand aussi sera naturellement le nombre des combinaisons possibles entre les cellules sexuelles et, par conséquent, celui des nouvelles combinaisons homozygotes, d'après le tableau suivant :

Nombre de facteurs différenciant les géniteurs (P ₁)	Nombre d'espèces différentes de gamètes (cellules sexuelles) formées à la F ₁	Nombre de combinaisons possibles entre gamètes ou : Nombre minimum d'individus, nécessaire pour réaliser toutes ces combinaisons à la F ₂	Nombre maximum de phénotypes différents, à la F ₂ , en cas de dominance complète	Z	Nombre maximum de génotypes différents, à la F ₂ (domin. complète)	Nombre maximum de formes homozygotes formées à la F ₂ (domin. complète)	Formules des disjonctions mendéliennes normales (en cas de dominance complète)
1	2 ¹ = 2	(2 ¹) ⁿ ou 4 ⁿ = 4	2 ¹ = 2	3 ¹ = 3	2 ¹ - 2 = 0		3 : 1
2	2 ² = 4	(2 ²) ⁿ ou 4 ⁿ = 16	2 ² = 4	3 ² = 9	2 ² - 2 = 2		9 : 3 : 3 : 1
3	2 ³ = 8	(2 ³) ² ou 4 ⁿ = 64	2 ³ = 8	3 ³ = 27	2 ³ - 2 = 6		27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1
4	2 ⁴ = 16	(2 ⁴) ⁿ ou 4 ⁿ = 256	2 ⁴ = 16	3 ⁴ = 81	2 ⁴ - 2 = 14		81 : 27 : 27 : 27 : 27 : 9 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 3 : 1
.....
n	2 ⁿ	(2 ⁿ) ² ou 4 ⁿ	2 ⁿ	3 ⁿ	2 ⁿ - 2		3 ⁿ : 3 ⁿ⁻¹ 3 ⁿ⁻² 1 (*)

(*) Chaque groupe étant répété un certain nombre de fois, d'après les coefficients du binôme (a + b)ⁿ, où a = b = 1. (Voir page 33).

4. — Complications possibles de l'hérédité mendélienne.

Les disjonctions, après croisement, ne sont pas toujours aussi simples que celles que nous venons d'étudier : parfois, il semble même que les lois mendéliennes ne s'appliquent pas à tel ou tel cas envisagé; néanmoins, en allant plus au fond des choses, on constate que cette dérogation n'est souvent qu'apparente.

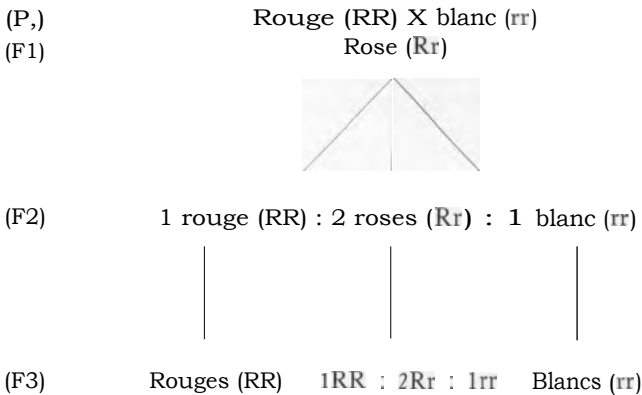
Quoique le cadre de ce manuel ne permet pas de m'étendre, autant que je l'aurais voulu, sur ce chapitre si intéressant des disjonctions mendéliennes, je pense néanmoins devoir donner ne fût-ce qu'un aperçu succinct de certains cas intéressants de ségrégations anormales.

Trois causes surtout peuvent modifier les formules-types : Dominance incomplète, interactions factorielles, liaisons factorielles, compliquées de « *crossing-over* » (entrelacements chromosomiques).

LA DOMINANCE INCOMPLÈTE.

a) *Chez un monohybride* : Cas du *Mirabilis Jalapa* de CORRENS.

Une race de *Mirabilis* à fleurs rouges fut fécondée par une autre race à fleurs blanches et ce croisement donna une F₁ composée de plantes toutes à fleurs roses (caractère *intermédiaire* entre ceux des deux géniteurs); à la F₂, Correns observa la disjonction suivante : 1 rouge, 2 roses, 1 blanche, les individus à fleurs rouges et ceux à fleurs blanches se montrant homozygotes, fixées d'emblée. Au contraire, ceux à fleurs roses se disjoignirent, à la F₃, derechef comme l'hybride F₁, en 1 rouge : 2 roses : 1 blanche, d'après le schéma suivant :



Le rose se montra comme étant un caractère *infixable*, se maintenant toujours à l'état hétérozygote.

La formule de ségrégation d'un monohybride à dominance *intermédiaire* sera donc : 1 : 2 : 1.

b) *Chez un dihybride*.

Supposons que nous croisons un *Mirabilis Jalapa* à fleurs rouges (RR) et à grand développement végétatif (LL) avec une race à fleurs blanches (rr) et

affectée de nanisme (11); la F_1 sera à fleurs roses (Rr) et de hauteur intermédiaire (Ll) et à la F_2 nous aurons la disjonction suivante, assez compliquée :

(P ₁)		RRLl	X	rrll	
		fleurs rouges tige haute		fleurs blanches tige naine	
(F ₁)		RrLl			
		fleurs roses tiges de longueur intermédi.			
				<i>Fleurs</i>	<i>Tige</i>
(F ₂)	9 R-L-		1 RRLl =	rouges	haute
			2 RRLl =	rouges	intermédi.
			2 RrLL	roses	haute
			4 RrLl =	roses	intermédi.
	3 R-l1	}	1 RRll =	rouges	naine
			2 Rrll =	roses	naine
	3 rrL-	}	1 rrLL =	blanches	haute
			2 rrLl =	blanches	intermédi.
1 rrl1	!	1 rrl1 =	blanches	naine	

Ici encore, nous enregistrons l'impossibilité de fixer la coloration rose et la longueur intermédiaire des tiges.

La formule-type 9 : 3 : 3 : 1 devient :

$$(1 : 2 : 2 : 4) : (1 : 2) : (1 : 2) : 1$$

En cas de dominance intermédiaire, la formule-type (3 : 1)ⁿ, où n nombre de facteurs différenciant les géniteurs, devient : (1 : 2 : 1)ⁿ.

INTERACTIONS FACTORIELLES.

A) *Interaction de deux ou de plusieurs facteurs, agissant en divers sens.*

a) *Croisements entre dihybrides.*

Supposons un dihybride AaBb ; si les facteurs A et B (a et b) déterminent, chacun, un caractère distinct, la disjonction, à la F_2 , sera normale, d'après la formule 9 : 3 : 3 : 1.

Mais d'autres cas peuvent se réaliser :

- 1) A en présence de B (AB) peut **extérioriser un certain** caractère, alors que A ou B seuls sont impuissants à le faire ; la ségrégation, à la F_2 , sera 9 : (3 : 3 : 1) ou 9 : 7.
- 2) **aB = ab** ; $F_2 = 9 : 3 : (3 : 1)$ ou 9 : 3 : 4.
- 3) **Ab = aB** ; $F_2 = 9 : (3 : 3) : 1$ ou 9 : 6 : 1.
- 4) A couvre l'effet produit par B ; $F_2 = (9 : 3) : 3 : 1$ ou 12 : 3 : 1.
- 5) **AB = Ab = ab** ; $F_2 = (9 : 3 : 1) : 3$ ou **13 : 3**.
- 6) **AB = Ab = aB** ; $F_2 = (9 : 3 : 3) : 1$ ou **15 : 1**.

Donnons quelques exemples de ces disjonctions anormales, choisies dans des plantes agricoles :

9 : 7 (EAST et HAYES).

Un croisement entre deux maïs à grain blanc donna, à la F₁, un grain coloré et, à la F₂, 9 maïs colorés : 7 incolores.

Cette formule anormale est due au fait que deux facteurs (C et R) sont nécessaires pour provoquer, chez ce maïs, la coloration du péricarpe.

$$\begin{array}{l}
 (P_1) \qquad \qquad \qquad CcRr \times ccRR \\
 \qquad \qquad \qquad \text{grain blanc grain blanc} \\
 (F_1) \qquad \qquad \qquad CcRr \\
 \qquad \qquad \qquad \text{grain coloré} \\
 (F_2) \qquad 9 C-R- \quad (3 C-rr + 3 ccR- + 1 ccrr) \\
 \text{ou} \\
 \qquad 9 \text{ à grain coloré} \quad -F \quad 7 \text{ à grain blanc}
 \end{array}$$

12 : 3 : 1 (SURFACE).

A la F₂ d'un croisement effectué à la Station expérimentale du Maine (Etats-Unis), entre la folle avoine — *Avena fatua* — à grain noir et une avoine cultivée — la variété *Kherson* — à grain jaune, apparurent, à côté d'avoines noires et jaunes, des avoines grises, dans la proportion de 12 noires : 3 grises : 1 jaune.

L'explication de cette disjonction, donnée par Surface, est la suivante :

B = facteur pour le noir (*black*), G = facteur pour le gris (*grey*) et Y = facteur pour le jaune (*yellow*).

B domine G et Y, G domine Y; par conséquent, toute avoine renfermant BB ou Bb, même en présence de G ou de Y ou de G-Y- est noire, alors qu'une avoine de la formule bbG-Y- sera grise et une de la formule bbggY-, seule, sera jaune.

Donc

$$\begin{array}{l}
 (P_1) \qquad \qquad BBGGYY \quad \times \quad bbggYY \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{en réalité, un } dihy \text{ bride, puisque} \\ \text{les géniteurs renferment, tous} \\ \text{deux, YY.} \end{array} \right. \\
 \qquad \qquad \qquad \text{avoine noire} \qquad \qquad \text{avoine jaune} \\
 (F_1) \qquad \qquad \qquad BbGgYY \\
 \qquad \qquad \qquad \text{avoine noire} \\
 (F_2) \quad \text{ou} \quad 9 B-G-YY : 3 B-ggYY \qquad 3 bbG-YY \qquad 1 bbggYY \\
 \qquad \qquad \qquad 12 \text{ avoines noires} \qquad \qquad 3 \text{ avoines grises} : 1 \text{ avoine jaune}
 \end{array}$$

13 : 3.

Un croisement d'un maïs à grain coloré avec une autre race à grain blanc avait fourni, contre toute attente, une F₁ à grain blanc et une F composée de 13 plantes à grain blanc : 3 plantes à grain coloré.

L'explication donnée fut la suivante :

La présence d'un facteur d' « inhibition » (I) empêche toute coloration de la graine, même en présence du facteur de coloration A. Seuls, les génotypes renfermant ii seront à grain coloré.

(P ₁)	AAii × aaII	
	grain coloré grain blanc	
(F ₁)	AaIi (I dominant)	
	grain blanc	
(F ₂)	9 A-I- : 3 aaI- : 1 aaii	3 A-ii
soit	13 à grain blanc	3 à gr. coloré
	(ou par suite de la présence de I, ou par absence de A)	

b) Croisements entre *trihybrides*.

Nous ne donnerons ici qu'un seul exemple d'une disjonction anormale, due à des interactions factorielles, opérant en divers sens. C'est l'exemple classique du croisement effectué par BATESON entre deux *Lathyrus* (Pois de senteur) à fleurs blanches, donnant une F₁ à fleurs pourpres et une F₂ composée de plantes à fleurs pourpres, rouges et blanches, dans la proportion 27 : 9 : 28.

Cette prédominance des blancs provenait de ce que la présence *simultanée* de deux facteurs (C = colorant, R = révélateur) était nécessaire pour provoquer une coloration, ou pourpre (C-R-B) ou rouge (C-R-bb).

(P ₁)	CCrrBB blanc	×	ccRRbb blanc	
(F ₁)	CcRrBb (pourpre)			
(F ₂)	27 C-R-B- = pourpre			
	9 C-R-bb = rouge			
	9 C-rrB- = blanc			
	9 C-rrbb = blanc	27	: 9	: 28
	3 ccR-B- = blanc	pourpre rouge blanc		
	3 ccR-bb = blanc			
	3 ccrrB- = blanc			
	1 ccrrbb = blanc			

La formule normale des *trihybrides* devient :

$$27 : 9 : (9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1) \text{ ou } 27 : 9 : 28$$

c) Croisements *tétrahybrides*.

Pour illustrer les complications que peut amener, dans les disjonctions provenant d'un croisement entre polyhybrides, une interaction factorielle, je citerai un exemple pris dans mes essais sur *Campanula Medium* (1) : ayant croisé divers individus d'une race constante, à fleurs roses, avec des plantes à fleurs blanches, au lieu d'obtenir à la F₁ des hybrides à fleurs roses (la présence d'une coloration est presque toujours dominante vis-à-vis de l'absence de couleur ou du blanc) j'obtins, à chaque croisement, une première génération de fleurs violet très foncé. Par autofécondation, ces F₁ me donnèrent des F₂ ou l'hétéro-

(1) V. Lathouwers. — *Recherches expérimentales sur l'hérédité chez Campanula Medium L.* (Mémoire couronné de l'Acad. R. des Sciences, n° 1283, 1922, Bruxelles, Lamertin).

généité était poussée à son maximum; j'obtins, en effet, toutes les colorations susceptibles de se produire dans l'espèce *Campanula Medium* : du violet foncé, du violet pâle, du lilas, du rose, du blanc. Chose plus étonnante encore, alors que les rapports numériques entre les diverses couleurs s'expliquaient, quand on envisageait les 4 premières colorations, d'après des données acquises déjà auparavant par les génétistes Bateson et **Correns**, au contraire la très grande prépondérance en nombre de plantes à fleurs blanches, était une anomalie qu'il s'agissait d'élucider.

La supposition que les diverses colorations chez la Campanule étaient dues à l'interaction de *quatre* facteurs génétiques donna la solution du problème. Ces quatre facteurs sont : un facteur de « coloration » — A — qui, en présence d'un deuxième facteur, le « révélateur » — R — donne des fleurs colorées ; tout individu possédant un de ces facteurs à l'état récessif (soit **aa**, soit **rr**), est blanc. C'est ce fait qui explique la prépondérance, à la F_2 , de plantes à fleurs blanches. En présence de C et de R un troisième facteur — B ou b — indiquant une certaine alcalinité ou acidité du suc cellulaire des pétales, régit la formation des colorations violet et rose, que la présence d'un quatrième facteur « vireur » — V fait respectivement passer au violet foncé ou au lilas.

Les formules génétiques des diverses colorations de *Campanule Medium* sont donc les suivantes : violet foncé **ARBV**, violet **ARBv**, lilas **ARbV**, rose **ARbv** ; quant au blanc, il apparaîtra par la réalisation des douze combinaisons suivantes :

<p>aaR-B-V- aaR-B-vv aaR-bbV- aaR-bbv</p>	<p>A-rrB-V- A-rrB-vv A-rrbbV- A-rrbbv</p>	<p>aarrB-V- aarrB-vv aarrbbV- aarrbbv</p>
<p>(manque d'anthocyanine colorant cellulaire)</p>	<p>(présence d'anthocyanine, mais absence de coloration par suite de l'absence du révélateur)</p>	<p>(pas d'anthocyanine, pas de révélateur)</p>

L'échiquier des 256 combinaisons possibles entre les 16 cellules sexuelles donne la disjonction suivante à la F_2 : 112 blancs, 81 violet foncé, 27 violet, 27 lilas, 9 rose, disjonction à laquelle répondit le dénombrement des plantes des diverses F_2 étudiées.

Nous voyons ici la possibilité de la présence de 4 séries de races pures à fleurs blanches qui, croisées p. ex., avec la même lignée à fleurs roses, peuvent donner des F différentes :

<p>aaRRBBVV AArrBBVV aarrBBVV</p>	<p>} ×</p>	<p>AARRbbvv</p>	<p>=</p>	<p>A-R-BbVv</p>
<p>blanc</p>	<p>×</p>	<p>rose</p>		<p>violet foncé</p>
<p>aaRRBBvv AArrBBvv aarrBBvv</p>	<p>} ×</p>	<p>AARRbbvv</p>		<p>A-R-Bbvv</p>
<p>blanc</p>	<p>×</p>	<p>rose</p>		<p>violet</p>
<p>aaRRbbVV AArrbbVV aarrbbVV</p>	<p>×</p>	<p>AARRbbVV</p>		<p>A-R-bbVv</p>
<p>blanc</p>	<p>×</p>	<p>rose</p>		<p>lilas</p>

aaRRbbvv AArrbbvv aarrbbvv	} X	AARRbbvv	A-R-bbvv
blanc	X	rose	rose

B) *Interaction de deux ou de plusieurs facteurs agissant dans le même sens.*

D'autres cas, très importants au point de vue de l'amélioration agricole, semblaient mettre en mauvaise posture les formules mendéliennes : à **NILS-SON-EHLE** surtout revient le mérite d'avoir ramené ces cas aux formules normales des ségrégations.

Beaucoup de ces cas, semblant anormaux, sont dus au fait que, pour déterminer l'apparition d'un seul caractère, caractère souvent physiologique, il faut la présence de *plusieurs facteurs agissant dans le même sens* et dont les actions s'additionnant auront une influence d'autant plus grande sur le caractère envisagé que, par l'effet du jeu de la disjonction, ces facteurs viennent s'accumuler en plus grand nombre chez le même individu.

Ces facteurs peuvent être de nature différente ou de nature identique.

BAUR (1) cite le cas suivant : Certaines races de froment sont plus résistantes au froid que d'autres ; elles peuvent devoir cette qualité à une richesse plus grande en sucre dans le suc cellulaire, rendant celui-ci plus colloïdal, moins susceptible vis-à-vis des influences de la gelée (2). D'autres races de froment, tout aussi résistantes que les premières, peuvent devoir cette résistance à une épaisseur plus grande de la cuticule de leur épiderme.

Croisons des individus choisis dans chacune des deux races, et soit S = haute teneur en sucre et C = cuticule épaisse.

P ₁	SScc X ssCC
	Haut % sucre % normal sucre
	cuticule norm. cuticule épaisse
F ₁	SsCc

F₂ : Nous y rencontrons, entre autres, la combinaison **SSCC** où les 2 facteurs de résistance à l'hiver, agissant dans le même sens, se rencontrent à l'état homozygote dans la même plante; aussi la descendance d'un tel individu sera-t-elle beaucoup plus résistante aux gelées que les géniteurs eux-mêmes.

Mais, plus souvent encore, ces facteurs multiples sont de nature identique; la différenciation du degré d'intensité du caractère envisagé est dû alors à l'accumulation plus ou moins grande de ces facteurs dans une même plante.

Nous en verrons de multiples exemples quand on étudiera, dans la troisième partie, l'amélioration spéciale. Néanmoins, afin de montrer comment des faits

(1) Baur, E., — *Grundlagen der Pflanzensuchtng*. Berlin, **Borntraeger**, 1921.

(2) Ce fait de la corrélation entre la résistance au froid et la richesse du suc cellulaire en sucre a été démontré à **Svalof**, entre autres par A. **Akerman**. Voir son grand travail : *Studien über den Kältetod und die Kälteresistenz der Pflanzen, nebst Untersuchungen über die Winterfestigkeit des Weizens* (Etudes sur la mort par le froid et la résistance des plantes au froid — Recherches concernant la résistance des froments à l'hiver). 232 p. Lund (Suède), 1927.

qui semblent tout à fait anormaux peuvent cependant, si on les examine plus à fond, être ramenés à des disjonctions mendéliennes normales, qu'on me permette de citer un croisement exécuté par NILSSON-EHLE, entre deux races pures de froment, l'une à grain rouge, l'autre à grain blanc.

La F₁ de ce croisement était d'un rouge un peu moins foncé que le géniteur à graines colorées; sept plantes de la F₁ autofécondées donnèrent sept deuxièmes générations, dans six desquelles on ne dénombra que des plantes à grains rouges et pas un seul grain blanc, quoique l'ensemble de ces 6 F₂ comptait 384 plantes ! La septième seule, sur 56 individus, fournit 55 plantes à grain rouge et une seule à grain blanc.

Cette dissociation anormale semblait devoir être interprétée plutôt comme une absence de disjonction, comme un accroc aux règles mendéliennes.

Nilsson-Ehle, examinant de plus près les résultats de son croisement et constatant que, si l'énorme majorité des graines montraient une coloration rouge, on pouvait néanmoins déceler dans celles-ci toute une gamme d'intensités, allant du rouge foncé à un rouge très dilué, arriva à la conclusion que cette coloration du grain était due, chez cette race de froment, à la présence de trois facteurs (RST) de même nature, agissant dans le même sens et dont un seul était suffisant pour provoquer l'apparition du rouge dans le spermoderme de la graine; mais il était évident qu'une graine ne renfermant qu'un de ces trois facteurs (RRsstt ou Rrsstt, R étant dominant) était d'un rouge beaucoup plus pâle qu'une autre réunissant les 3 facteurs (RRSSTT ou RrSsTt) et qu'une graine ne renfermant aucun des trois facteurs (rrsstt) — et celle-ci seule — était blanche.

En un mot, sur les 64 combinaisons possibles à la F₂, de ce trihybride, une seule donnerait un grain blanc. Il était donc à prévoir que ce cas ne se réaliserait que dans un ensemble de quelques centaines de plantes; or, 4 sur les 6 premières générations hybrides comptaient, à la F₂, moins de 60 plantes, 1 en comptait 78 et les 2 dernières, respectivement 86 et 110 individus.

La preuve que le raisonnement du génétiste suédois était exact fut donnée par les diverses F₃ qui se comportèrent absolument comme le faisaient prévoir les règles normales des disjonctions.

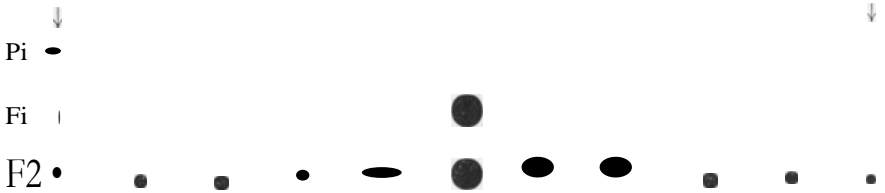
Il se fait que la grande majorité des caractères biologiques : précocité, résistance au froid, résistance aux maladies, résistance à la sécheresse, etc., sont dus à l'interaction de plusieurs facteurs agissant dans le même sens, ce qui rend possible, à la F₂, les combinaisons les plus diverses et des résultats souvent inattendus.

NILSSON-EHLE (1) ramène à trois possibilités l'ensemble des cas qui peuvent se présenter :

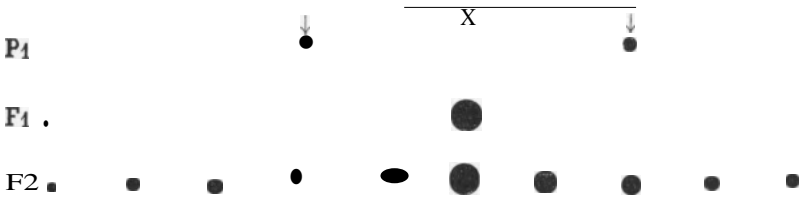
1° Croisement entre deux géniteurs très différents au point de vue du

(1) Nilsson-Ehle. — Sur les travaux de sélection du Froment 't de l'Avoine exécutés à Svalof 1900-1912. (Bull. [Rens. agric. et](#) Malad. d. Pl., V, n° 6, Rome, 1913.)

caractère physiologique envisagé ; formation d'une F₂ composée surtout de plantes possédant ce caractère à des degrés intermédiaires aux géniteurs. (Disjonction *intermédiaire*).

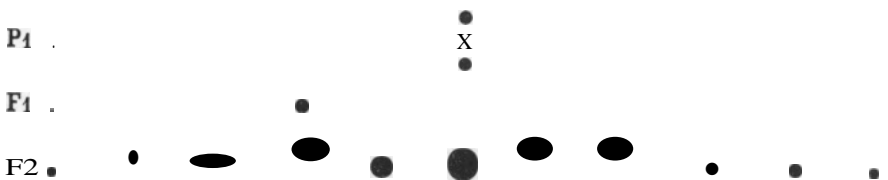


2° Croisement entre deux géniteurs différant entre eux, à un degré beaucoup moindre quant au caractère en question; formation d'une F, constituée elle aussi par des formes intermédiaires, mais dans laquelle apparaissent certains individus possédant ce caractère à des degrés plus élevés ou moins élevés que les parents. (Disjonction *transgressive partielle*.)

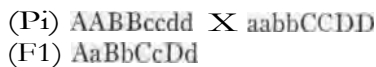


3° Croisement entre deux géniteurs *identiques* au point de vue du degré du caractère envisagé, mais devant ce caractère à l'action de facteurs différents.

La disjonction, à la F₂, réunissant chez certaines plantes les facteurs séparés chez les géniteurs, fera apparaître des races douées du caractère en question à des degrés plus élevés ou moins élevés que chez les géniteurs (Disjonction *transgressive totale*).



Ce dernier cas est très intéressant au point de vue de la pratique de l'amélioration. Prenons un exemple : croisons deux races qui nous semblent identiques au point de vue d'un certain caractère, par exemple qui sont toutes deux d'une bonne résistance moyenne au froid; supposons que cette résistance soit due à l'action de quatre facteurs agissant dans le même sens; et soit **ABCD** ces quatre facteurs.



Parmi les 256 combinaisons possibles à la F_2 , nous trouverons 16 combinaisons homozygotes, fixées, constantes, dont 14 nouvelles; ce seront :

<p>AABBCCDD</p> <p>AABBCCdd AABBccDD AAbbCCDD aaBBCCDD</p> <p>AABBccdd AAbbCCdd AAbbccDD aaBBCCdd aaBBccDD aabbCCDD</p> <p>AAbbccdd aaBBccdd aabbCCdd aabbccDD aabbccdd</p>	<p>une combinaison nouvelle réunissant les 4 facteurs dominants.</p> <p>4 combinaisons nouvelles réunissant 3 facteurs dominants.</p> <p>(un des géniteurs).</p> <p>6 combinaisons, dont 4 nouvelles, réunissant 2 facteurs dominants. = (l'autre géniteur).</p> <p>4 combinaisons nouvelles réunissant 1 facteur dominant.</p> <p>1 combinaison nouvelle réunissant les 4 facteurs récessifs.</p>
---	--

On voit que le croisement de 2 races possédant toutes deux le caractère envisagé à un degré *moyen* d'intensité peut donner lieu à l'apparition, lors de la F_2 , de 5 combinaisons nouvelles homozygotes, possédant ce caractère à un degré *plus élevé* que chacun des 2 parents (les 5 premiers de la série ci-dessus).

LIAISONS FACTORIELLES ET K CROSSING-OVER ».

Tous les cas que nous venons d'envisager laissent intacte la base des formules mendéliennes des disjonctions à la deuxième génération hybride.

Certaines anomalies plus profondes, étudiées, avant 1911, par **BATESON** Et **PUNNETT** ont nécessité l'établissement de formules nouvelles s'éloignant des anciens schémas mendéliens.

Croisant deux races pures de *Lathyrus odoratus*, le Pois de senteur, se différenciant par deux facteurs A et B, Bateson et Punnett (1) constatèrent, à la F_2 , des nombres qui s'écartaient entièrement de ceux qu'on trouvait normalement dans les disjonctions d'un *dihybride*.

Voici un exemple du dénombrement de huit F_2 , provenant d'un même croisement entre races pures de *Lathyrus* : sur un total de 677 plantes, les 4 catégories envisagées étaient représentées respectivement par 495, 22, 23, 137 individus, au lieu de 380, 127, 127 et 43 (d'après la formule 9 : 3 : 3 : 1).

Cependant, en additionnant les groupements deux à deux on obtenait 517, (495 + 22) et 160 (23 + 137) soit, très approximativement, 3 : 1; de même, 495 + 23 et 137 + 22.

Pour expliquer cette disjonction anormale, les deux expérimentateurs supposèrent qu'il se fait entre les facteurs A et B, a et b des deux géniteurs **AABB X**

(1) Bateson, W., et Punnett, R.-C. — *On gametic series involving reduplication of certain terms.* (Journ. of Genetics, I, 1911, p. 293.)

Id. — *Reduplication of terms in series of gametes.* (Rapp. 4^e Conf. intern. de Génétique, Paris, 1911, p. 99.)

aabb une espèce de « **couplement** », de « **liaison** » (1), comme on dit **maintenant**, de façon à ce que l'hybride **AaBb**, au lieu de former les 4 gamètes AB, Ab, **aB**, ab, en nombre égal comme le demande la formule mendélienne normale, forme beaucoup plus de cellules sexuelles AB et ab que de gamètes Ab et **aB** ; dans l'exemple ci-dessus la proportion est la suivante : 12 : 1 : 1 : 12.

D'autres cas ont montré la possibilité de liaisons factorielles provoquant la formation de cellules sexuelles dans la proportion 2 : 1 : 1 : 2, 3 : 1 : 1 : 3, etc., donc toujours d'après la formule générale $n : 1 : 1 : n$, au lieu de la formule mendélienne 1 : 1 : 1 : 1.

Cette dernière donnant, à la F_2 , la disjonction normale 9 : 3 : 3 : 1, les nouvelles proportions de gamètes détermineront respectivement les disjonctions suivantes : 22:5:5:4, 41:7:7: 9, 66 9 ; 9 : 16, etc., ou, en général, si $n =$ le nombre de cellules sexuelles AB et ab fourni par l'hybride à la F_1 :

$$3n^2 + 41É + 2 : 2n + 1 : 2n + 1 : n^2$$

On a constaté que si l'hybride **AaBb**, au lieu de provenir de la rencontre des deux géniteurs **AABB** et **aabb**, était dû à un croisement **AAbb** X **aaBB**, il y avait « **liaison** » entre les facteurs A et b, a et B ; dans ce cas, l'hybride F_1 , **AaBb**, forme des gamètes Ab et **aB** en plus grand nombre que AB et ab, d'après l'F. formule 1 AB : n Ab : n **aB** : 1 ab. Pour les proportions de cellules sexuelles 1 : 2 : 2 : 1, 1 : 3 : 3 : 1, ... 1 : n ; n ; 1, on aura, respectivement, les nombres suivants d'individus à la F_2 : 19:8:8:1, 33:15: 15:1, ... $2n' + 4r. + 3 n^2$: $2n : n^2 + 2n : 1$. Un seul individu, sur 36, 64, 100, 144... 484 (dans le cas où le nombre de gamètes est dans le rapport 1 : 10 : 10 : 1), possèdera les deux caractères récessifs.

Les observations de Bateson-Punnett ont été confirmées et considérablement étendues par les recherches effectuées, depuis 1913, par MORGAN T.-H., BRIDGES C.-B., STURTEVANT A.-H. (2) et leurs nombreux élèves, sur un Diptère, *Drosophila melanogaster*, petite mouche qui vit sur les fruits plus ou moins fermentés. L'ensemble des théories mendéliennes établies par l'École de la Columbia constitue le *néo-mendélisme* : en donner ici un aperçu même succinct dépasserait le cadre que je me suis tracé, en élaborant ce manuel (3). Je pense cependant devoir au lecteur ne fût-ce que quelques mots d'initiation à l'hypothèse *morganienne*.

Celle-ci est basée, à la fois, sur la théorie chromosomique de l'hérédité, sur la

(1) « *Linkage* » des Anglais, « *Faktorenkoppelung* » des Allemands.

(2) Tous trois professeurs à la Columbia University de New-York.

(3) Pour une étude plus approfondie des phénomènes observés chez *Drosophila* et des théories *néo-mendéliennes*, consulter :

MORGAN T.-H., STURTEVANT A.-H., MULLER H.-J., BRIDGES C.-B. — *Le mécanisme de l'hérédité mendélienne*. (Ed. française, trad. de l'anglais par Herlant M. — Bruxelles, Lambertin, XVII-391 p., 1923.)

MORGAN T.-H., BRIDGES C.-B., STURTEVANT A.-H. — *The genetics of Drosophila*.

(*Bibliographia genetica*, II, pp. 1-262, 62 fig. La Haye, Mart. Nyhoff, 1925 — avec une liste bibliographique comprenant plus de 350 numéros.)

MORGAN T.-H. — *The theory of the gene*.

(London, Oxford University Press, 342 p., 1926.)

répartition linéaire des « facteurs » ou « gènes » le long des chromosomes, sur les liaisons factorielles et leur rupture par le phénomène du « crossing-over » GU « entrelacement des chromosomes, avec échange d'éléments structuraux ».

La *théorie chromosomique de l'hérédité*, cette théorie qui fait des éléments figurés du noyau qu'on appelle *chromosomes* les porteurs d'hérédité, est, actuellement, admise par la quasi universalité des biologistes. Ces porteurs doivent être présents dans les cellules sexuelles, et, pour préciser encore, dans les noyaux de celles-ci, puisque toute fécondation est, essentiellement, la fusion de deux noyaux, dont les éléments chromosomiques constituent les entités les plus importantes.

Or, chaque espèce (*linnéon*, *jordanon*, lignée) possède un nombre bien défini de chromosomes, nombre fixe, constant, qui, non seulement, se maintient à travers les innombrables divisions cellulaires se succédant dans la vie d'un même organisme, mais qui, de plus, se transmet, immuable, à travers l'universalité des générations, et cela entre autres, grâce au phénomène si intéressant de la *réduction chromatique*, réduisant de moitié, dans les cellules sexuelles qui vont fusionner, le nombre des chromosomes présents dans les cellules somatiques (1).

Ces éléments sont de vraies individualités, à vie propre : dans les cas, très fréquents d'ailleurs, où, à cause de différences très sensibles dans leur longueur et dans leur forme, il est possible de les identifier au moyen d'un numéro qu'on leur assigne, l'on voit ces individualités réapparaître, de *cinèse* en *cinèse*, avec leur forme et leur longueur propres.

Quand il s'agit d'hérédité mendélienne, on peut dire qu'il existe un parallélisme étroit entre les façons de se comporter des chromosomes, lors de la constitution des cellules sexuelles et la transmission des facteurs héréditaires, lors des croisements et au cours des diverses générations, qui en résultent.

Dès lors, les chromosomes étant considérés, à juste titre, comme portant les « unités » héréditaires, voici le raisonnement de Morgan : dans une même espèce, le nombre de facteurs héréditaires étant bien plus élevé que celui de paires chromosomiques s'appariant à la *cinèse* qui prépare les éléments sexuels (chez *Drosophila*, on a étudié plus de 400 caractères héréditairement transmissibles, alors que $n = 4$), il en résulte que chaque chromosome doit être porteur (l'un nombre plus ou moins élevé de facteurs).

Ces facteurs ou *gènes* sont répartis le long de chaque chromosome en une

(1) Voici, à titre documentaire, quelques nombres chromosomiques, chez les céréales ($2n =$ nombre *diploïde* de chromosomes présents dans les noyaux des cellules somatiques, $n =$ nombre réduit ou *haploïde* de chromosomes, dans les noyaux des cellules sexuelles, au moment de la fécondation) :

<i>Triticum monococcum</i> (Engrain) : $n = 7$		
<i>T. dicoccum</i> (Amidonnier)	} $n = 14$	<i>Avena sativa</i> (Avoine) : $n = 21$
<i>T. durum</i> (Blé dur)		<i>Secale cereale</i> (Seigle) : $n = 7$ (6-8)
<i>T. turgidum</i> (Poulard)		
<i>T. polonicum</i> (Blé de Pologne)		<i>Hordeum distichum</i> (Orge à 2 rangs) ∇
<i>T. vulgare</i> (Froment commun)		<i>H. hexastichum</i> (Orge à 6 rangs) \parallel
<i>T. compactum</i> (Blé Hérisson) $n = 21$		<i>H. vulgare</i> (Orge commune)
<i>T. Spelta</i> (Epeautre)		

série linéaire et tous les facteurs rangés le long d'un *même chromosome* sont « liés » entre eux ; au moment où, lors de la division du noyau, le chromosome, se séparant longitudinalement, envoie à chaque pôle du fuseau, une de ses moitiés constitutives, tous ces facteurs restent ensemble ; il y a « liaison » complète, et *non-disjonction* à la F_2 , pour tous ces facteurs.

Pour qu'il y ait *disjonction normale* d'après les formules mendéliennes précédemment exposées, il faut donc que les facteurs **mendéliens** soient répartis, tous, entre des chromosomes différents.

Et les cas de *disjonctions anormales*, décrits par Bateson et Punnett, par Morgan et ses disciples, ainsi que par beaucoup d'autres savants, représentent, d'après les **néo-mendéliens**, des cas de liaisons factorielles, rendues incomplètes par un phénomène auquel cette école a donné le nom de « *crossing-over* ». Au cours du processus préparatoire des cellules sexuelles (grains de pollen et ovules), quand les deux chromosomes homologues, l'un paternel, l'autre maternel, s'apparient à la métaphase, il arrive fréquemment, d'après Morgan, que les deux éléments associés, au lieu de s'ordonner parallèlement l'un à l'autre, s'enjambent en un ou plusieurs points ; à ces points de chevauchement, il s'établit alors une certaine fusion de la substance constituant les chromosomes, en même temps qu'un centre de moindre résistance. Et, lors du stade suivant, ce ne sont plus les deux éléments associés qui remontent vers les pôles du fuseau, mais, aux points d'entrelacement, il se produit une rupture et les éléments qui se séparent sont constitués par des morceaux soudés, provenant alternativement des deux chromosomes initiaux : il y a eu échange de certaines longueurs de substance chromatique.

Le schéma ci-dessous expliquera mieux ce processus.

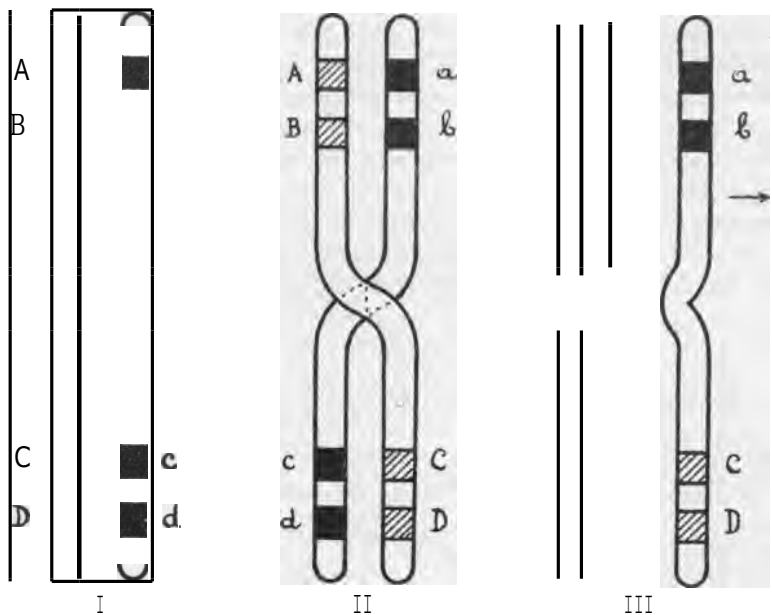


Fig. 42. — I. Deux chromosomes appariés, portant respectivement les facteurs **ABCD** et **abcd**. — II. « Crossing-over ». — III. Un gamète recevra le chromosome **ABcd** (au lieu de **ABCD**) et l'autre le chromosome **abCD** (au lieu de **abcd**).

Les chances de rupture, par *crossing-over*, de séries de facteurs répartis sur un même chromosome seront d'autant plus grandes que les distances séparant les facteurs en cause seront plus grandes ; en d'autres mots, la liaison entre facteurs d'un même chromosome sera d'autant plus forte que ces facteurs seront plus rapprochés.

Comment identifier les cas de liaisons factorielles ? Si le « linkage » est fort, on le décèlera immédiatement ; il n'en est plus de même quand, à cause de la grande distance qui sépare les gènes, les cas de ruptures détruisant la liaison factorielle deviennent plus nombreux. Une des principales indications de la présence de liaisons entre gènes est l'apparition, à la F₂, d'un excès, plus ou moins important, des types parentaux.

Le tableau qui suit donnera un aperçu de la formation des gamètes à la F₁, et de la ségrégation à la F₂, dans les divers cas qui viennent d'être envisagés

Divers cas (croisements dihybrides)	Gamètes k la F ₁	F2 théorique	Exemple d'une F2 calculée sur 400 individus	
	AB — Ab — aB — ab	AB — Ab — aB — ab	AB — Ab — aB — ab	
cas normal AB x ab Ab x aB	1 : 1 : 1 : 1	9 : 3 : 3 : 1	225:75:75:25	
liaison complète AB x ab Ab x aB	1 : 0 : 0 : 1 0 : 1 : 1 : 0	8 : 0 : 0 : 8 0 : 8 : 8 : 0	200:0:0 : 200 0: 200: 200: 0	
liaison incom- plète (présence d'un certain nombre de « <i>cross-overs</i> »)	AB x ab Ab x aB	+1 : -1 : -1 : +1 -1 : +1 : +1 : -1	+9 : -3 : -3 : +1 -9 : +3 : +3 : -1	281 : 19 : 19 : 81 201 : 99 : 99 :

Et voici, pour finir, un exemple concret, d'après la théorie de Morgan, d'une ségrégation, avec cas de liaisons factorielles, compliquées de « crossing-over » :
Supposons les facteurs AB et ab alignés le long d'un même chromosome :
supposons encore qu'on a trouvé 20 % de « crossing-over ».

(P1) $\begin{array}{c} AB \\ AB \quad ab \end{array}$

(F1) $\begin{array}{c} AB \\ ab \end{array}$

(F2) Nombre de génotypes normaux : 100 — 20 = 80.
Nombre de génotypes « *crossed-over* » : 20.

Génotypes *normaux* : 4 types à raison de $\frac{80}{4}$ soit 20 par type

AB	AB	ab	ab
AB	ab	AB	ab
20	20	20	20

Génotypes « *crossed-over* » : 4 types, à raison de $\frac{20}{4}$, soit 5 par type :

<u>Ab</u>	<u>Ab</u>	aB	aB
AB	ab	AB	ab
5	5	5	5

Ségrégation à	A-B-	70 (type parental)
la F ₂	Aabb :	5 (type « <i>crossed-over</i> »)
(excès d'individus	aaBb :	5 (type « <i>crossed-over</i> »)
du type parental)	1 aabb :	20 (type parental)

Alors que la formule de ségrégation, en cas de « liaison » **complète**, sans « crossing-over », aurait été 50 : 0 : 0 : 50 (*non-disjonction*) et, en cas de facteurs répartis sur des chromosomes différents, par exemple, 56 : 19 : 19 : 6 (*disjonction indépendante*), nous avons ici la formule 70 : 5 : 5 : 20 (*liaison partielle*).

Ajoutons que la théorie **néo-mendélienne** se complique encore d'autres modalités, sur lesquelles je ne puis m'étendre ici : facteurs léthaux, déficiences, **duplications** et translocations, etc.

Les idées de **MORGAN** et de son école ont trouvé beaucoup d'adhérents aux Etats-Unis et en Allemagne, entre autres. Un appui considérable leur avait été donné par les observations de **JANSSENS** (1), créateur de la théorie de la **chiasmotypie**, (formation de chiasmas chromosomiques), qui semblait démontrer **microscopiquement** le bien fondé des entrelacements chromosomiques de **MORGAN**, avec échanges de morceaux chromatiques.

Tout récemment vient de paraître une remarquable étude de V. GRÉGOIRE (2) dans laquelle l'éminent **cytologiste** de Louvain ébauche une nouvelle conception de l'activité des chromosomes, de la nature des facteurs mendéliens et du mécanisme des ségrégations : cette idée nouvelle respecte la théorie **chromosomique** de l'hérédité et les formules des ségrégations normales, mais elle n'admet pas l'ensemble des conceptions **néo-mendéliennes** de l'École de Morgan.

§ 2. — MARCHE ET TECHNIQUE D'UNE AMÉLIORATION PAR HYBRIDATION

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, que la méthode d'amélioration

(1) **JANSSENS F.-A.** — *La théorie de la Chiasmotypie. Nouvelle interprétation des cinèses de maturation.* (La Cellule, XXV, p. 389-411, 27 schémas, 2 pls. avec 52 fig., Louvain, 1909.)

Id. — *La Chiasmotypie dans les insectes. — Spermatogenèse dans 1° Stethophyma grossum (L.) ; 2° Chorthippus parallelus (Zetterstedt).* (La Cellule, XXXIV, p. 135-359, 19 fig. dans le texte, 16 pls. avec 279 fig., 5 pls. avec 57 schémas, Louvain, 1924.)

(2) **GRÉGOIRE V.** — *Génétique et Cytologie.* (Acad. R. de Belgique. Bull. de la Classe des Sciences, 5^e série, T. XIII, p. 836-874, Bruxelles, 1927.)

individuelle n'était autre que la séparation, à l'intérieur d'une espèce **linnéenne** ou même d'une espèce élémentaire de Jordan, de lignées pures de choix, lignées qui, prises isolément, constituent, vis-à-vis de la population dont elles sont issues, une amélioration sensible au point de vue rendement, résistance au froid, et autres caractères physiologiques.

Nous avons vu aussi, au commencement du présent chapitre, que le nombre de lignées pures, à caractère nettement différent, n'est pas illimité à l'intérieur d'une population ; et que ces limites deviennent encore plus restreintes si nous n'envisageons que le point de vue spécial qui nous occupe ici, c'est-à-dire l'utilisation pratique de lignées « améliorées ».

CONCLUSION : Après avoir, pendant un certain laps de temps, soumis à amélioration une espèce cultivée, après y avoir isolé, par choix raisonné, un **certain** nombre de lignées d'élite, on se trouve très souvent arrêté dans le travail sélectif, alors que les résultats obtenus, tout en étant encourageants, ne donnent cependant pas encore complète satisfaction au sélectionneur.

C'est le moment d'avoir recours à la méthode dont nous venons, dans les **pages** précédentes, d'étudier les bases.

La marche générale à suivre sera celle-ci : Les lignées pures que nous avons réussi à isoler par la méthode généalogique associent généralement à des qualités appréciables, des défauts qui en diminuent, à des degrés divers, la valeur. Choisissons judicieusement, en fixant toujours le but bien déterminé que nous nous sommes proposé d'atteindre, deux lignées dont les qualités et les défauts se compensent mutuellement, prenons dans chacune d'elles quelques bons géniteurs, croisons-les entre eux et, parmi la multiplicité des formes **déclanchées** à la deuxième génération hybride par la disjonction mendélienne, nous trouverons presque certainement — et cela à l'état homozygote — les nouveaux types recherchés.

Avant de décrire la marche d'une amélioration par hybridation, qu'on me permette de faire immédiatement trois observations quelques peu simplistes, peut-être, mais qui me sont suggérées par l'absence souvent quasi complète d'idées saines sur la matière, chez certains expérimentateurs et auteurs d'écrits de vulgarisation.

1° Que celui qui a effectué un croisement entre lignées pures, entre races pures, ne soit pas arrêté par l'uniformité de la première génération hybride, que celle-ci constitue ou non un type pratiquement utilisable ! L'exposé que **je** viens de faire lui aura appris que cette uniformité est la règle et que, pour atteindre son but, il doit procéder au semis des graines obtenues par l'auto-fécondation de sa première génération hybride, afin de choisir, parmi les formes si diverses qui apparaîtront à la seconde génération, celles qui répondent tout spécialement au but pratique qu'il s'est imposé.

Bien au contraire même : une première génération hybride hétérogène, c'est-à-dire composée d'individus essentiellement différents quant à l'un ou l'autre caractère, serait la preuve que les deux géniteurs ou l'un des deux ne sont pas génétiquement purs, ne constituent pas une race fixée, une lignée stable. Par **un** tel croisement, on n'obtiendrait que difficilement des résultats pratiquement utilisables.

2° Examinant la composition d'une deuxième, troisième ou quatrième génération hybride, nous trouverons quelques formes *homozygotes*, c'est-à-dire **des** formes constituant des lignées nouvelles, fixées et qui, par conséquent, resteront immuables au cours des générations ultérieures; ce sont ces formes-là, principalement, qui devront attirer l'attention du sélectionneur et non pas, comme on l'entend dire de temps à autre, les multiples formes hétérozygotes, instables, qui, dans leurs disjonctions ultérieures, redonnent soit de **nouvelles** formes non fixées, soit les mêmes homozygotes précédemment déjà obtenus.

Ce ne serait que dans le cas où aucune forme nouvelle homozygote **n'apparaîtrait** à la F_2 ou à la F_3 , à cause de la présence d'un nombre insuffisant d'individus, qu'il faudrait, au moyen d'un certain nombre de plantes, choisies au hasard, constituer des générations ultérieures qui, sans doute, nous fourniraient les nouveautés stables recherchées.

3° Quand on s'occupe d'amélioration par hybridation, on entend encore assez souvent dire autour de soi, on lit encore par-ci par-là, surtout dans des articles de journaux plus ou moins techniques, tantôt qu'il ne faut s'appuyer que sur les caractères récessifs, tantôt, au contraire, que les individus récessifs ne peuvent donner quelque chose de stable, de fixé et que c'est au contraire parmi les plantes affublées du caractère dominant qu'il faut choisir les nouveaux points de départ homozygotes de sélection !

La lecture des pages qui précèdent démontrent suffisamment que ni l'une ni l'autre exclusion n'est méritée.

Certes, si on cherche à réaliser une combinaison de caractères récessifs, si, par exemple, on désire créer une nouvelle race de froment à paille plutôt courte, à épi blanc et à grain blanc, en croisant deux races dont l'une, à épi roux et à grain blanc, possède une paille trop longue et dont l'autre joint à la brièveté du chaume les caractères : épi blanc, mais grain roux, vu que, chez l'épi et la graine, l'absence de coloration (le blanc) et, chez le chaume, la brièveté sont des caractères récessifs vis-à-vis des épis et des grains colorés et de la paille longue, ce sera parmi les récessifs de la F_2 qu'il faudra déceler la combinaison stable recherchée.

Mais on comprend aisément que ce n'est pas toujours le cas et que, très souvent, c'est, au contraire, le caractère dominant qu'on recherche; la nouvelle race sera alors un peu plus difficile à isoler par le fait même de la multiplicité des formes renfermant le caractère dominant, parmi lesquelles on ne trouvera que quelques rares homozygotes. Prenons, par exemple, la F_2 d'un croisement **dibryde** constitué par 160 plantes; parmi celles-ci, théoriquement, 90 renferment les deux caractères dominants, 60 **respectivement** par moitié, l'un ou l'autre de ces caractères et dans 10 seulement nous rencontrerons les 2 caractères récessifs; d'autre part, théoriquement toujours, sur les 90 doubles dominants, on ne trouvera que 10 homozygotes (soit un neuvième) tandis que pour les catégories à dominance d'un seul facteur nous trouvons un tiers d'homozygotes, et que la totalité des 10 récessifs constitue d'emblée une race fixée.

Ces observations préliminaires faites, voyons maintenant quelles seront les lignes directrices et la technique d'une amélioration par croisement. Dans cet exposé, nous envisagerons surtout le cas des plantes à autofécondation.

1. Choix et cultures des géniteurs.

Ce choix devra être, autant que possible, un choix raisonné. Surtout les races qui devront fournir les individus à croiser seront génétiquement *pures*, c'est-à-dire fixées, stables, afin d'obtenir une première génération hybride homogène fournissant une F_2 où le jeu normal des disjonctions pourra se **déclancher**.

D'autre part, pour que dans cette création de nouvelles races on ne soit pas exposé à de longs tâtonnements, à des déceptions décourageantes, il faudra connaître à fond les diverses qualités physiologiques des géniteurs, afin qu'on puisse opérer le croisement à coup sûr dans la direction envisagée.

Ces deux conditions ne pourront être parfaitement réalisées que dans le cas où l'on aurait déjà à sa disposition un certain nombre de *lignées pures* bien étudiées pendant quelques années au point de vue de leurs qualités et de leurs défauts respectifs. Normalement, la sélection par séparation de lignées doit donc précéder l'amélioration par hybridation. Et cela est surtout vrai quand on débute dans un pays où les régions agricoles sont très différenciées au point de vue du sol et du climat, où de nombreuses sortes locales, populations excessivement hétérogènes, font une concurrence, très heureuse le plus souvent, à des variétés introduites, à plus haut rendement certes, dans leur pays d'origine, mais très mal adaptées souvent à leurs nouvelles stations.

Il ne faut donc pas faire de croisements à tort et à travers : le travail sélectif après hybridation est déjà suffisamment compliqué pour éviter de le compliquer encore davantage par un choix irraisonné de géniteurs.

Il faut avoir constamment devant les yeux les diverses possibilités que nous offrent les disjonctions mendéliennes : il importe de savoir, entre autre, que dans la grande généralité des cas, les caractères physiologiques d'ordre pratique sont dus à l'interaction de plusieurs facteurs qui, séparés dans deux races avant le croisement, peuvent, par l'hybridation, combiner leur action et que, d'autre part, la loi de la dominance fait en sorte que, chez les géniteurs, certains caractères récessifs qui ne s'y extériorisent pas, cachés qu'ils sont par des facteurs dominants, apparaissent, à la suite de la disjonction, dans les générations hybrides ultérieures.

C'est ainsi que, chez *Triticum*, des croisements entre froments roux peuvent donner naissance à des races nouvelles à épi ou à grain blanc, que des géniteurs mutiques peuvent fournir des lignées barbues, et qu'enfin deux lignées pures également résistantes au froid et aux maladies, d'égal rendement moyen, peuvent par croisement mutuel, donner naissance à de nouvelles lignées **notablement** améliorées à ce double point de vue.

CULTURE DES PLANTES CHOISIES COMME GÉNITEURS. - Quelques auteurs préconisent, pour les plantes qu'on veut croiser, la culture *en pots* ; il est certain que cette méthode présente des avantages : les plantes sont plus maniables et, ce qui peut avoir une grande importance, elle permet, par des expositions raisonnées soit à l'ombre, soit à la lumière, de différer ou d'avancer l'époque de la floraison, dans les cas où l'on veut croiser une lignée hâtive avec une lignée plus tardive ; en effet, comme le pollen ne conserve pas longtemps

son pouvoir germinatif, la floraison des deux lignées à croiser doit, pour ainsi dire, coïncider.

Mais une difficulté sérieuse de la culture des géniteurs en pots est la nécessité d'augmenter outre mesure ce matériel, quand on a des centaines de croisements à opérer ; un autre désavantage de cette technique, quoique de moindre importance, est de soustraire les plantes aux conditions normales de végétation.

Il sera donc généralement préférable de cultiver les géniteurs en pleine terre, à proximité de la station ou de la ferme, dans une terre de jardin ou tout autre bon sol. Voici ce que je pense être une bonne méthode d'organisation de ces parcelles :

Supposons qu'on veuille effectuer une centaine de croisements à l'intérieur d'une dizaine de lignées qu'un choix raisonné aura déterminées d'avance ; on tracera deux séries de dix parcelles d'environ 1.50 m' à 2 m² séparées par de petits sentiers de 0.50 m. ; un chemin plus large séparera les deux séries. Les graines de chaque lignée seront réparties, en parts égales, sur une parcelle de chaque série : en un mot, le plan des parcelles de la deuxième série sera la répétition exacte de celui des parcelles de la première ; une des séries sera affectée aux castrations, l'autre série fournira le pollen.

Cet arrangement permet d'effectuer les croisements avec facilité et rapidité, grâce à la proximité immédiate des deux séries parcellaires ; en outre, cette disposition des parcelles permet de faire aisément des croisements dans les deux sens.

Afin de provoquer la simultanéité des floraisons entre une lignée précoce et une tardive, on pourrait effectuer les semis à des époques différentes.

Aux Etats-Unis, dans la grande généralité des Stations d'Amélioration, les hybridations entre céréales se font en serre ; des difficultés climatiques à l'époque de la floraison, des grands vents, entres autres, semblent imposer cette méthode coûteuse, qui ne permet d'effectuer qu'un nombre **restreint** de croisements.

Faisons remarquer encore c'est le principe de toute sélection — qu'à **moins** de recherches spéciales, les géniteurs choisis doivent être des plantes normales, de premier choix, bien saines, d'aspect bien typique, des « élites » **en** un mot.

2. Hybridation.

Aussitôt le choix effectué, on procède à l'hybridation. Dans la grande généralité des cas, surtout quand il s'agit de croisements entre variétés, sortes, races ou lignées, il est absolument indifférent dans quel sens se fait le croisement, c'est-à-dire qu'il importe peu qu'on choisisse tel ou tel des deux géniteurs pour être castré et servir de plante maternelle ou pour fournir le pollen.

TECHNIQUE DES CROISEMENTS.

A. — Castration des plantes devant servir de plantes maternelles, c'est-à-dire destinées à fournir les graines hybrides.

Cette castration se fait le mieux à un moment très rapproché de la maturité

sexuelle des anthères, c'est-à-dire peu de temps avant leur déhiscence : en ce moment les enveloppes florales sont déjà un peu plus résistantes et les organes mâles ont acquis leur volume maximum; les anthères, de vertes qu'elles **étaient**, passent généralement, au jaune pâle et au moment de leur ouverture, à un beau jaune soufré. Naturellement quand on a un très grand nombre d'opérations à effectuer, on n'a pas toujours le temps d'attendre ce moment propice et on enlèvera maintes fois des anthères à un stade plus jeune.

Voici quelles sont les opérations successives d'une castration *chez une céréale (1)* : à ce propos, faisons remarquer que l'outillage ordinaire pour opérer une castration n'est nullement compliqué : une pince droite, une pince à extrémités courbes, une paire de petits ciseaux droits constitueront une trousse très suffisante (Fig. 43).

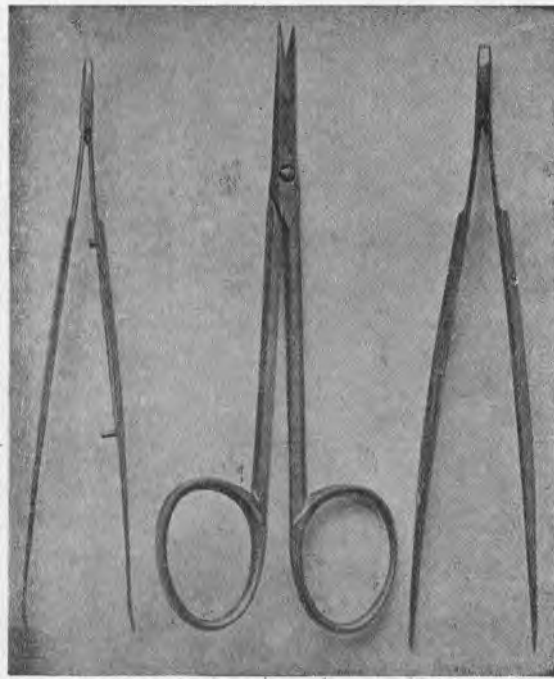


Fig. 43. — Trousse normale pour castration.

Toilette de l'épi (Voir fig. 44) :

Enlèvement, d'un coup de ciseaux, de l'extrémité supérieure — 2 — enlèvement, au moyen du même instrument, ou même d'une assez forte pince droite, de quelques épillets inférieurs stériles ou non — 3 —. Ces opérations

(1) Les détails qui vont suivre reflètent la méthode qu'après de multiples tâtonnements nous avons définitivement adoptée; pour certaines autres modalités de technique, voir l'excellent travail de M. **MAYLIN**. — *Manuel pratique et technique de l'hybridation des céréales* (Paris, Lib. agric. Maison Rustique, 1925.)

ont surtout pour but de concentrer plus de matières nutritives sur les bons grains du milieu de l'épi ; naturellement, dans le cas plutôt exceptionnel où l'on n'aurait à sa disposition qu'un nombre très limité d'épis, on n'enlèverait que les épillets stériles de la base et de l'extrémité, afin de réserver le plus de fleurs possible pour l'hybridation.



Fig. 44. Toilette d'un épi de froment, à castrer.

Arrachage facultatif — 4 — au moyen de la pince droite, des glumes des **épillets** conservés : ceci afin de faciliter l'**entrebaillement** des fleurs au moment de la fécondation et enlèvement — 4 —, avec le même instrument, des fleurs médianes (supérieures) de chaque épillet, fleurs qui, normalement, sont stériles. On ne laisse, à chaque épillet, que *deux*, rarement *trois* fleurs fécondables.

Castration proprement dite.

On saisit l'épi à castrer de la main gauche et on le fixe entre l'index et le petit doigt d'une part, le médius et l'annulaire d'autre part, ces deux derniers passant derrière lui ; on peut ainsi imprimer à l'épi, à hauteur de l'étage où

L'on fait la castration, une certaine courbure qui isole mieux l'épillet à castrer. Le pouce reste donc libre : on s'en sert pour opérer une légère pression sur l'extrémité des **glumelles** de chaque fleur; sous cette pression, celles-ci s'écartent quelque peu. On profite de ce moment pour introduire, de la main droite, les extrémités de la pince courbe entre les **glumelles** **entrebaillées** et on saisit délicatement, sans endommager la plumule (partie de l'organe femelle sur laquelle on devra déposer le pollen), successivement chaque anthère, on l'arrache et on la **dépose** sur l'ongle du pouce afin de s'assurer qu'elle est restée bien entière et qu'on n'a pas laissé au fond de la fleur un morceau basilaire.

Les céréales sont caractérisées par la présence de trois étamines par fleur : deux de celles-ci sont situées Gu côté de l'axe de l'épillet, en arrière donc, et sont, en outre, enfermées dans un repli de la **glumelle** ; il arrive qu'on éprouve une certaine difficulté à enlever ces deux anthères ; avec un peu d'habileté opératoire et en choisissant bien son moment, on réussit cependant, bien souvent, à extirper d'un seul coup de pinces les trois anthères de la fleur.

Quoi qu'il en soit, quelque difficulté que l'on pourrait rencontrer dans cette opération, il ne faut jamais se laisser gagner par l'énervement; si malgré tout, le nombre des castrations étant souvent très élevé, on se fatigue, on s'impatiente, mieux vaut cesser les opérations et les remettre à un peu plus tard. En tout cas, il faut soigner à ce qu'on soit confortablement installé : le meilleur siège sera un léger escabeau qui aura une hauteur suffisante pour **amener**, l'opérateur étant assis, les épis à castrer à hauteur de poitrine.

Il est nécessaire aussi qu'on puisse mettre rapidement la main sur les instruments : à **Gembloux**, les opérateurs les ont à côté d'eux, à portée de la main, sur un plateau rond en tôle d'environ 0.15 m. de diamètre, peint en noir et muni d'un petit rebord afin d'empêcher le glissement des outils; ce plateau est porté par une tige métallique, qu'on enfonce en terre au moyen de son extrémité pointue.

Quand on effectue la castration, il faut s'assurer qu'il ne reste plus, dans l'épi, des fleurs non castrées; pour cela, il faut opérer méthodiquement et commencer, par exemple, par l'épillet inférieur de la rangée de gauche, émasculer les 2-3 fleurs de l'épillet, puis passer successivement à l'épillet immédiatement supérieur jusqu'à l'extrémité de l'épi ; après quoi, on continue par l'épillet inférieur de la série de droite et, en remontant, on épuise ainsi la série des opérations.

Dans le cas où, en écartant les **glumelles**, on **constaterait** que les anthères d'une fleur sont déjà en déhiscence, c'est-à-dire laissent échapper leur pollen, ce dont on s'aperçoit très bien par la présence sur elles d'une poussière jaune, il faudra arracher avec la pince, la fleur entière; il est même à recommander d'avoir avec soi un petit flacon renfermant de l'alcool à 90°, pour y plonger les extrémités de l'instrument qui a touché les anthères déhiscentes afin de tuer ainsi les grains de pollen qui pourraient y adhérer et qu'une opération subséquente pourrait involontairement déposer sur une plumule.

Si, au moment de la fécondation artificielle, on s'apercevait de l'oubli d'une castration, il faudrait également arracher la fleur en question.

Aussitôt la castration de toutes les fleurs d'un épi terminée, il faut protéger

celui-ci contre tout danger d'apport de pollen étranger ; pour assurer cette protection, on a imaginé divers appareils : tubes en verre de lampe, fermés par des tampons de ouate, cylindres d'isolation von **Rumker**, portant à la partie supérieure un ajutage pour l'évacuation de l'eau de transpiration, etc. Ces appareils sont lourds et coûteux et doivent être attachés, par l'intermédiaire de pinces-ressorts, à de forts tuteurs : leur emploi en devient très limité et n'est à recommander que dans des cas spéciaux. Actuellement, on emploie couramment des *coiffes isolatrices* en papier parcheminé; dans le cas où l'on doit effectuer un très grand nombre de croisements, l'emploi, comme à **Svalof**, au moins pour le froment, le seigle et l'orge, de coiffes très petites (0 m. 12 de hauteur sur 0 m. 06 de largeur) et à bords soigneusement collés, est très pratique, ces coiffes n'exigeant normalement aucun tuteurage du chaume. Un léger tuteurage est cependant très recommandable (1).

B. — Pollinisation ou hybridation proprement dite.

A quel moment faut-il déposer le pollen sur le stigmate des fleurs castrées ?

La durée de vitalité du pollen étant *brève*, il est à conseiller de ne **polliniser** les éléments femelles que quand ceux-ci sont arrivés au stade où ils sont rapidement fécondables; on s'aperçoit de cette maturité sexuelle à l'étalement complet des deux branches de la plumule, chez les céréales et, en général, à l'**aspect** brillant que donne à l'organe femelle la sécrétion d'une matière qui a pour but d'augmenter l'adhérence des grains de pollen et de provoquer leur germination.

L'on peut **polliniser**, en une opération continue, toutes les fleurs castrées d'une inflorescence ; cependant, comme chez toutes les céréales à épi, ce sont les épillets du tiers moyen qui atteignent, les premiers, leur maturité sexuelle, ce seraient ceux-là qui devraient être fécondés les premiers. Par temps favorable, la floraison s'avance rapidement et, en l'espace de 3-4 jours, toutes les fleurs d'un épi peuvent s'être épanouies ; donc **environ** deux jours après la fécondation des fleurs médianes, on devrait procéder à la pollinisation des fleurs des extrémités. Toutefois, normalement, on pourrait retarder quelque peu l'apport du pollen sur les stigmates des fleurs médianes et **polliniser** alors, en une seule opération, toutes les fleurs castrées de l'épi.

Si l'on a choisi le bon moment pour effectuer le croisement, on peut être quasi certain de la bonne réussite de l'opération ; en cas de doute, et si on dispose du temps nécessaire, il est à conseiller de **polliniser** deux fois les mêmes fleurs, à un jour ou deux d'intervalle.

TECHNIQUE DE LA POLLINISATION.

Ancienne méthode. — Celle-ci consistait à rassembler une assez grande quantité de pollen sur les plantes paternelles et à en saupoudrer le stigmate

(1) Chez quelques sélectionneurs français, entre autres chez MM. de **Vilmorin**, à Verrières-le-Buisson, on remplace ces coiffes isolatrices par un gros fil de laine qu'on enroule autour des épillets, en serrant quelque peu.

des fleurs castrées. Elle était d'usage courant dans certaines stations allemandes d'amélioration vers 1910.

On récoltait des quantités appréciables de pollen en coupant, dans chacune des lignées choisies pour servir de géniteurs paternels, une petite gerbée d'épis avec environ 0.50 m. de tiges et cela au moment où la floraison était amorcée. Les extrémités à épis de chaque gerbée étaient enfoncées dans un cylindre en verre, disposé un peu obliquement et à courbure inférieure recouverte d'un papier noir glacé, les extrémités des chaumes étant maintenues par un poids quelconque dans un cristalliseur ou dans tout autre récipient rempli d'eau. Grâce à cette disposition, les épis ne se desséchaient pas, continuaient à fleurir et les anthères déhiscentes, sorties d'entre les **glumelles**, laissaient échapper leur pollen. Quotidiennement, au moyen d'un pinceau, on balayait les menues quantités de poussière fécondante dans de petites boîtes en carton munies d'un couvercle, ou bien encore dans des tubes en verre munis d'un tampon de ouate (Fig. 45).

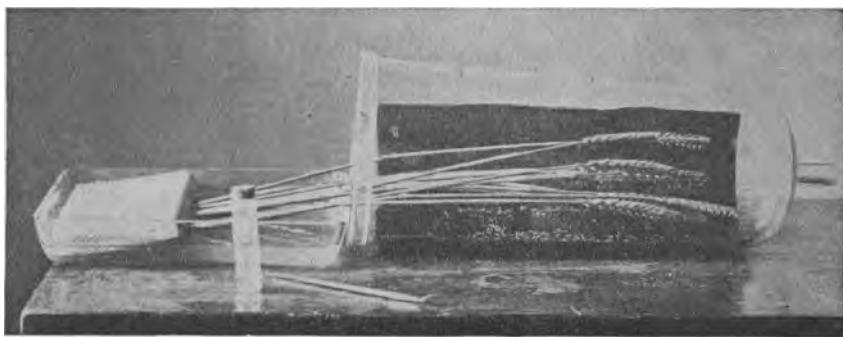


Fig. 45. — Ancienne méthode pour la récolte d'assez grandes quantités de pollen de céréale.

Pour effectuer l'hybridation, on procédait comme suit : au moyen d'un petit pinceau à soies douces, dans le tube ouvert présenté par un aide, on prélevait un peu de pollen, et, en tamponnant délicatement le stigmate, on déposait sur celui-ci quelques grains de pollen. Au pinceau on préférait souvent une simple plume métallique emmanchée dans un porte-plume, l'opération se faisant **très** aisément en renversant le bout de la plume sur le stigmate, tout en lui faisant décrire un petit mouvement de va-et-vient au-dessus de ce dernier.

Cette technique doit être abandonnée, le pollen des céréales perdant sa faculté germinative au bout de 24 heures.

Méthodes actuelles. — a) On ne récolte pas de pollen, mais on **pollinise** la plumule en la tapotant prudemment avec une anthère déhiscente, c'est-à-dire émettrice de pollen, prélevée soit directement aux plantes paternelles soit à des fleurs d'épis coupés. La même anthère peut, à la rigueur, servir pour plus d'un stigmate.

Voici comment on opère d'habitude : pendant une matinée suffisamment chaude et non pluvieuse (pour le meilleur moment à choisir, pour **polliniser** les

diverses plantes, voir *l'Amélioration spéciale*), on enlève la coiffe isolatrice de l'épi castré et, saisissant celui-ci de la main gauche tel que cela a été exposé pour la castration, on fait apparaître, entre les **glumelles entrebaillées** par une légère pression de l'index, le stigmate. Ensuite, au moyen d'une pince courbe tenue de la main droite, on prélève, à l'épi paternel, tenu par un aide, une **anthère déhiscente**, encore incluse dans une fleur non ouverte, et on effectue la pollinisation. Un opérateur habile pourrait même se passer d'aide, en tenant l'épi du géniteur mâle au bout des doigts de la main gauche qui tient aussi l'épi à **polliniser**.

L'opération terminée, avant de procéder à un nouveau croisement au moyen de pollen d'une autre lignée, on doit avoir soin de tuer les grains de pollen qui pourraient encore adhérer aux extrémités de la pince, en trempant celles-ci dans un petit flacon d'alcool à 90°.

Cette méthode est plus facile que la précédente : elle évite les complications de la récolte du pollen; en outre, la fécondation est mieux assurée, le pollen rendu ainsi immédiatement utilisable ayant gardé toute son énergie vitale. La seule difficulté d'application réside dans la nécessité de trouver suffisamment d'anthères entrant en déhiscence et cela à l'intérieur des fleurs avant que l'allongement des filets et l'**entrebaillement des glumelles** les aient fait saillir au dehors, ce qui aurait pour effet de les rendre impropres comme instruments d'un croisement artificiel, à cause des risques de mélange avec du pollen d'autres lignées qui aurait pu y être apporté par le vent.

Le meilleur moyen de trouver la quantité nécessaire d'anthères est de prélever, pendant une matinée bien chaude, des épis chez lesquels apparaissent, vers le milieu, les sommets des premières anthères en déhiscence, anthères qui, naturellement, ne seront, elles, pas utilisées.

TSCHERMACK, le distingué génétiste de Vienne, préconise (1) plusieurs « tours de main » pour provoquer l'émission du pollen chez les anthères mûres, tours de main qui sont en gradation ascendante d'intensité d'effet: l'ébranlement des fleurs, l'écartement répété des **glumelles**, au moyen des pinces, l'arrachage de celles-ci afin d'exposer les anthères à l'action directe des rayons solaires. Nous avons pu juger de l'efficacité de ces procédés.

b) On dépose sur le stigmate de chaque fleur castrée une anthère venant d'entrer en déhiscence ou qui est sur le point d'émettre son pollen. Après avoir ainsi introduit l'anthère, on referme, sur les deux éléments sexuels mis en contact, les **glumelles**, en en assurant la fermeture par une pression de la pince.

C'est la méthode préférée par beaucoup de praticiens, entre autres par **Tschermack**, qui souvent obtient ainsi près de 100 % de réussites. Elle a un double avantage : d'abord il est inutile de recommencer l'opération sur les mêmes fleurs; ensuite, comme il s'agit d'effectuer cette pollinisation successivement sur les fleurs du milieu de l'épi puis sur celles des deux

(1) **E. VON TSCHERMACK**. — *Beiträge zur Vervollkommnung der Technik der Bastardierungszüchtung der vier Hauptgetreidearten*. (Contributions au perfectionnement de la technique de l'amélioration par hybridation, chez les quatre céréales principales.) (*Zeitschr. für Pflanzenzüchtung*, 1921, pp. 1-13, Berlin, P. Parey).

extrémités, au fur et à mesure de leur maturité, la présence d'une anthère flétrie à l'intérieur d'une fleur est un indice certain que chez cette fleur l'apport artificiel de pollen a été déjà fait et qu'il est par conséquent inutile de recommencer l'opération.

c) Une technique *intéressante*, employée dans les stations d'amélioration américaines et utilisée actuellement aussi par divers sélectionneurs d'Europe est la suivante :

On prélève aux épillets des épis qui doivent fournir le pollen, des anthères, quelques instants avant que celles-ci vont émettre leur pollen. Ces anthères sont déposées, soit dans des espèces de papillotes en papier, soit dans un petit tube en *celluloïde*, muni d'un couvercle, et attaché à une bague de serrage qu'on se fixe à l'index de la main gauche. Les anthères dans ces réceptacles entrent en déhiscence et, au moment d'effectuer le croisement, on en prélève une à la pince, on la couvre de pollen émis, en l'y plongeant, et on en tapote les stigmates.

Si, comme aux Etats-Unis, on opérait en serre, on pourrait utiliser des espèces de petits godets d'aquarelliste en porcelaine ou en verre, dans lesquels on triturerait les anthères à la pince.

Quelque soit la méthode employée, aussitôt après l'opération, on regarnit l'inflorescence *pollinisée* de sa coiffe isolatrice; sur celle-ci ou bien sur une étiquette légère, attachée au tuteur ou au chaume, l'on aura soigneusement inscrit, au crayon noir, les indications nécessaires : date du croisement, noms ou nombres généalogiques des deux géniteurs, numéro d'ordre du croisement. Toutes ces données sont, en outre, notées dans un registre *ad hoc*.

Quelques jours après l'opération, une semaine environ, on peut s'assurer de la réussite de l'hybridation et enlever la coiffe; celle-ci peut être remplacée, si on le juge utile, par une coiffe en gaze, afin de protéger les graines contre les déprédations possibles des oiseaux.

A notre Station, les indications se rapportant au croisement étant inscrites sur la coiffe en papier parcheminé, celle-ci, après son enlèvement, est roulée sur elle-même un certain nombre de fois et attachée au tuteur.

RÉCOLTE DES GRAINES HYBRIDES.

Le croisement étant réussi, on coupe, à maturité, les épis de chaque plante maternelle, et on les dépose dans la coiffe qui a servi à l'isolation ou à la protection, en y joignant l'étiquette, à moins qu'on ait inscrit les indications nécessaires sur la coiffe elle-même. En attendant l'égrenage, les épis seront conservés

l'abri absolu des *teignes* et autres insectes (naphtaline!). Les graines seront gardées jusqu'au semis, le mieux, dans de petits flacons ou dans des tubes à essai, fermés par un bon tampon de ouate, et munis d'une étiquette portant le numéro du croisement.

En vue de la constitution de la F_1 , on pourrait, à la rigueur, mettre ensemble les épis et graines provenant de tous les croisements effectués dans une même lignée pure au moyen de pollen venant de plantes choisies, toutes, dans une

autre lignée pure. Il est plus sûr, néanmoins, de ne rassembler en un même lot que les graines d'une seule plante maternelle, issues toutes de la fécondation par du pollen venant d'une même plante paternelle. Chaque fois qu'un ou deux des géniteurs appartiennent, non pas à des lignées pures, mais à des population on ne peut réunir que les graines hybrides provenant des épis d'une même plante, et encore, à condition qu'elles proviennent de la fécondation par le pollen de la même plante paternelle.

Tous les autres ensembles de graines hybrides doivent être **rigoureusement** tenus séparés : par exemple, si les fleurs de chaque épi d'une même plante, (jus cette plante se trouvât dans une lignée pure ou dans une population, avaient été fécondées par du pollen prélevé, chaque fois, sur des individus appartenant soit à des lignées différentes, soit à des individus différents d'une même **population**, il faudrait faire autant de lots qu'il y aurait eu d'épis **pollinisés**.

3, Semis, récolte et analyse de la 1^{re} génération hybride (F_1).

La technique du semis des premières générations après croisement est autre que celle employée à la plantation des élites lors d'une amélioration individuelle simple. Il s'agit, en effet, d'assurer autant que possible une germination totale, vu l'importance capitale que possède virtuellement chaque graine. D'autre part, nous savons que pour avoir la chance de voir apparaître, à la F_2 , toutes les formes nouvelles qu'on peut attendre d'un croisement, il faut pouvoir disposer, à cette génération, d'un nombre de plantes souvent très élevé : on considère *généralement* qu'un minimum de 200 plantes est nécessaire, afin d'avoir une certaine chance de voir apparaître la plupart des combinaisons homozygotes recherchées.

Il est vrai que pour les céréales, par exemple, la constitution de l'inflorescence et le phénomène du **tallement** facilitent beaucoup une multiplication rapide. Néanmoins, afin d'obtenir le plus grand nombre possible de graines pour constituer la F_2 il faut favoriser cette faculté de **tallement**.

Pour ces motifs, obtention d'un pourcentage élevé de germination et d'un bon tallage, on plante très souvent les graines de la F_1 dans des pots à fleurs, remplis de bon terreau de feuilles et de fumier mélangé ou non à de la bonne terre de jardin; les quelques graines de chaque lot ou de chaque numéro d'hybridation sont « plantées » dans le même pot, si les dimensions de celui-ci ou **le** nombre de celles-là le permettent. Ce pot, ou l'ensemble des pots qui ont reçu les graines de chaque lot, recevra une étiquette mentionnant le numéro de l'hybridation : ou encore — ce qui est préférable — ce numéro sera peint sur les parois du récipient.

Certains croisements pourraient fournir des graines rabougries, recroquevillées, il ne faut pas les jeter ; leur embryon étant très souvent viable, elles peuvent donner des plantules d'aspect normal.

Ce semis en pots est effectué, à **Gembloux**, fin janvier : on réserve, à chaque plantule, un espace d'environ 5 cm'.

Afin de favoriser le développement régulier des jeunes plantes, les pots, dès

qu'on voit pointer hors de terre le germe, doivent rester, aussi longtemps que les intempéries le permettent, à l'extérieur afin d'empêcher l'allongement exagéré et l'étiollement des jeunes plantes et afin de provoquer la formation d'un bon nombre de noeuds de **tallement**. Ce ne serait qu'en cas d'alternances de gelées sans neige et de dégels rapides qu'il faudrait songer à les abriter, soit à l'intérieur, en bon éclairage, devant une fenêtre, soit en serre.

Aussitôt le printemps venu, dès que de fortes gelées ne sont plus à craindre (première quinzaine de mars), on transporte les pots sur la parcelle réservée aux générations hybrides dans le jardin d'amélioration et on opère soigneusement la mise en place des plantules, en ayant soin de remplir les trous avec le terreau des pots ; comme il s'agit ici de provoquer exceptionnellement un tallement assez puissant, en vue d'obtenir le plus de graines possible pour la **deuxième** génération hybride, on peut planter à des distances sensiblement plus grandes que pour les élites ; par exemple 0.10 m. ou 0.15 m. sur 0.20 m. ; il est inutile cependant de pousser trop loin cet espacement, l'exagération du tallement étant plus nuisible qu'utile. Il est de la plus haute importance, on le comprendra sans peine, de repérer exactement chaque série de plantes provenant du même croisement, et cela sur un plan soigneux de la parcelle englobant l'ensemble des **F₁**.

Quant aux observations à faire pendant la période de végétation, leur importance dépend du but prédominant qui a dirigé les croisements : est-ce un intérêt scientifique pur qui a guidé l'hybridation, alors l'enregistrement des moindres détails de végétation de la **F₁** peut avoir son importance ; est-ce plutôt, comme c'est généralement le cas, un but purement pratique qu'a envisagé le sélectionneur, l'importance de ces annotations décroît très sensiblement puisque cette première génération hybride est pratiquement inutilisable **comm** telle et ne doit son importance qu'au fait qu'elle doit fournir la semence pour la deuxième génération, où apparaîtront les formes nouvelles. Dans ce dernier cas donc, on se bornera à donner tous les soins d'entretien et à éloigner tout danger de dépréciations.

La récolte se fera par arrachage des plantes au fur et à mesure de la maturation ; seront rassemblés en une même petite gerbe soigneusement étiquetée, tous les individus de première génération portant le même numéro, c'est-à-dire issus d'un même croisement, de la fécondation des diverses plantes d'une même lignée pure par du pollen prélevé sur des touffes d'une autre lignée pure. Chaque groupement portant le même numéro — individu unique ou ensemble de plusieurs plantes — sera égrené et les graines seront soigneusement ensachées. Si un but scientifique est envisagé en ordre principal ou même en ordre **secondaire**, il faut noter les principales données morphologiques et physiologiques de chaque **F₁** (longueur et couleur de la paille, pubescences diverses, type, couleur et compacité de l'épi, forme, grandeur, couleur, texture du grain, précocité, maladies éventuelles, etc.) ; si le but du croisement est uniquement pratique, on peut se passer de toute analyse.

Il est évident qu'il ne s'agit pas, comme lors de l'égrenage des élites, de faire subir à la semence un triage : toutes les graines provenant de la **F₁** doivent être mises en terre, afin d'augmenter autant que possible le nombre des individus

de la F_2 et la chance de trouver, à l'état de pureté, toutes les combinaisons envisagées.

REMARQUES : 1° Si, à cause de l'hétérozygotie d'un ou des deux géniteurs, la F_1 était hétérogène c'est-à-dire composée de types divers, on pourrait, au besoin, la traiter comme une F_2 (voir plus loin).

2° Dans certains cas, l'aspect de la F_1 nous dira la réussite ou la non-réussite de l'hybridation. Supposons un croisement entre un froment à épi blanc (géniteur maternel) et un autre à épi roux (géniteur paternel) ; par suite de la dominance quasi générale d'une coloration (roux) sur l'absence de couleur (blanc), toutes les plantes de la première génération issue des graines hybrides seront à épis roux, alors que la plante sur laquelle ces graines hybrides ont été prélevés était à épis blancs. Nous pouvons donc avoir la certitude que le croisement a été réussi.

Il n'en serait pas nécessairement de même si le croisement avait été *inverse*, c'est-à-dire si la plante à épis roux avait été fécondée par du pollen du froment à épi blanc ; les plantes de la F_1 porteraient toutes des épis roux. Mais ici, la coloration de l'épi ne serait pas, *ipso facto*, un signe certain de la réussite complète de l'hybridation : il pourrait se faire, dans le cas, par exemple, où on n'aurait récolté, sur la plante maternelle, que très peu de graines, que ces graines soient dues à des autofécondations, provenant du fait qu'on aurait pu oublier un morceau d'anthère dans la fleur castrée ou que l'une ou l'autre anthère était déjà quelque peu déhiscente au moment de la castration.

Ce sera, dans ce cas, à la F_2 seulement, qu'on pourra voir si réellement il y a eu hybridation (disjonction en types roux et blancs) ou, simplement, autofécondation (pas de disjonction, tous épis roux).

4. Constitution de la F_2 (2^e génération après croisement).

C'est donc cette deuxième génération hybride qui va nous fournir les nouvelles combinaisons cherchées ; généralement, au premier coup d'œil, elle montre, par son hétérogénéité, que le croisement effectué a réussi. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, il peut y avoir des cas où l'observation rapide semblerait faire croire à l'homogénéité de telle ou telle parcelle de la F_2 et, par suite, à la non-réussite de l'hybridation ; par exemple, lors d'un croisement où entreraient une sorte de froment à épi roux et une autre à épi blanc, si la coloration de l'épi est due à l'action totalisante de plusieurs facteurs, dont un seul suffit à provoquer une certaine coloration diluée ; dans ce cas la F_2 sera composée de types d'épi de couleur plus ou moins foncée et de quelques très rares individus blancs, décelables seulement par une observation très minutieuse parmi un très grand nombre d'individus.

En outre, certains caractères tels que les différences souvent minimes de compacité d'épi, demandent un examen approfondi, examen qui se fera sur matériel récolté. En ce qui concerne, au contraire, d'autres caractères, comme la précocité ou la **tardivité**, il faudra les annoter au cours de la végétation ; d'autres, même, comme la résistance à la verse, au froid, ne peuvent être établis

qu'au cours des générations ultérieures, dans des cultures comparatives s'étendant sur plusieurs années.

Une remarque s'impose ici : il est évident que, quand il s'agit d'établir la valeur de telle ou telle nouvelle lignée au point de vue de sa rusticité, les essais comparatifs qui doivent établir cette valeur devront se faire en une région à hiver rigoureux, à climat rude. Dès la seconde génération, si possible, et en tout cas dès la troisième, on y enverra une notable partie des graines, à une petite station d'essais bien choisie et confiée à un expérimentateur consciencieux.

TECHNIQUE Du SEMIS. — Toutes les graines provenant de chaque première génération hybride (F_1) seront semées, graine par graine, en lignes équidistantes et à égale distance dans la ligne, afin d'assurer des conditions sensiblement égales de nutrition et de prévenir tout danger d'intrication des plantes. Cette semis-plantation se fera d'après les méthodes précédemment décrites pour le semis des élites I ou élites de première année (lignes de 20 plantes, à 0.05 m.). On établira ainsi autant de parcelles de F_2 , qu'il y aura eu de croisements effectués.

Dans le but de faciliter, dans les F_2 , le choix des types qui vont constituer les F_3 et de juger l'allure générale que prend la disjonction des divers caractères, nous faisons précéder chaque F_2 de ses deux géniteurs (5 lignes par géniteur).

5. Constitution des F_3 , F_4 , etc.

Quelle devra être la marche de l'amélioration à partir de la récolte de la F_2 ? Deux méthodes sont ici en présence : l'une entièrement scientifique mais exigeant beaucoup de travail et de terrain, l'autre, n'ayant peut-être pas la précision scientifique de la première, mais alliant à la facilité d'exécution une somme suffisante d'exactitude, ce qui doit la faire préférer à la première, dans le cas où le grand nombre d'hybridations effectuées rendrait celle-ci absolument impraticable.

PREMIÈRE MÉTHODE. — On élimine si possible de la récolte de la deuxième génération tous les individus qui sont identiques comme aspect extérieur à l'un des deux géniteurs ; néanmoins, dans certains cas, il ne faut pas être trop exclusif : certaines plantes pouvant ressembler aux parents par des caractères morphologiques externes mais en différer considérablement au point de vue des qualités physiologiques.

Le reste est donc composé de formes nouvelles hétérozygotes et homozygotes : ces dernières seules nous intéressent, encore faudra-t-il les isoler ; or, dans la majorité des cas, le seul critérium pour déceler les individus génétiquement purs qui donneront des générations successives indéfiniment stables, nous sera seulement fourni par la troisième génération. Je dis : dans la grande majorité des cas ; en effet, supposons que nous disposions de deux sortes pures de froment dont l'une est à épis lâches, à grain blanc et dont l'autre possède des épis compacts à grains roux ; supposons encore que, pour

un motif ou autre — par exemple, la présence d'une terre plutôt lourde, où il semble que les variétés à épis compacts se comporteront mieux et d'autre part une demande plus grande, de la part des cultivateurs ou de la meunerie, de grain blanc — on veuille créer une nouvelle sorte à épis compacts à grain blanc, nous pourrons obtenir cette nouvelle forme par le croisement des deux variétés que nous possédons.

Les hybrides de première génération seront à épis lâches et à grain roux (1), la lâcheté de l'épi et la présence d'une coloration des graines dominant respectivement l'épi dense et l'absence de coloration. En supposant que la présence de la coloration rouge et la compacité de l'épi soient dues respectivement, dans le cas présent, à un seul facteur génétique, en appliquant la formule de disjonction d'un *dihybride* et en établissant l'échiquier des combinaisons factorielles, nous constaterons que, sur 16 individus, un seul possédera simultanément les deux caractères récessifs et cela *certainement à l'état homozygote* : et ce sera justement la forme cherchée à épi dense et à grain blanc. Donc la marche à suivre dans ce cas sera facile : il suffira d'isoler dans la récolte de la F_2 les individus à épis très denses et à grain blanc et d'avance nous sommes pour ainsi dire certains d'avoir mis la main sur les formes cherchées. Abstraction a été faite, dans cet exemple, des autres caractères biologiques.

On peut à ce sujet établir la règle suivante : Dans le cas d'un croisement entre deux individus différant au moins par deux caractères ou encore quand l'unique caractère différentiel dépend de plusieurs facteurs et que *la sorte nouvelle recherchée correspond à l'ensemble des facteurs récessifs*, la nouveauté en question apparaît d'emblée à la F_2 , et tous les individus qui possèdent ces caractères peuvent être choisis comme points de départ de lignées définitivement stabilisées.

Dans tous les autres cas, il faudra recourir à la F_3 . Voici alors quelle est la vraie méthode scientifique à suivre :

Chacune des plantes non éliminées de la F_2 et correspondant à un type qui « pourrait » réunir les caractères nouveaux qu'on cherche à fixer devient une nouvelle plante-mère ; on l'égrène, on trie la semence, on sème sur petites parcelles d'après les méthodes décrites et, après épiaison ou mieux à l'approche de la maturité (pour pouvoir distinguer la couleur des épis) on observe, dans cette *troisième génération*, quelles sont les parcelles qui montrent ou qui semblent montrer un ensemble homogène (homozygotes !) : celles-ci retiendront seules l'attention, toutes celles qui sont de composition hétérogène (hétérozygotes !) étant éliminées de l'amélioration.

Parmi les premières, seules celles qui semblent réaliser le nouveau perfectionnement envisagé ou présenter un autre caractère intéressant seront retenues en vue des essais comparatifs et des multiplications éventuelles.

Le choix à effectuer dans la F_3 , n'est pas toujours très facile : ce sera par

(1) Dans le cas — qui se réalise d'ailleurs le plus fréquemment — où le géniteur à épis compacts est une forme « *Squarehead* », à épi carré, et non pas une variété « *Hérisson* », très dense, (*Triticum compactum*) ; dans ce dernier cas, la grande compacité dominerait.

exemple le cas, si l'on envisage une augmentation de rendement par hybridation de deux types morphologiquement déjà très semblables ; le nombre de parcelles séparées à la F_3 sera alors beaucoup plus élevé, l'élimination à la F_2 étant nécessairement plus limitée.

Résumons les points principaux de la méthode : au moyen des graines de l'ensemble des individus paraissant intéressants à la F_2 , on établit une série de parcelles dont l'ensemble constitue la troisième génération hybride (F_3) ; dans cette génération, on élimine toutes les parcelles hétérogènes ainsi que les parcelles homogènes qui ne répondraient pas aux desiderata ; avec les parcelles non éliminées, on continue la sélection d'après la méthode par **pédigrés**, les individus choisis de la F_2 étant considérés comme ayant été des plantes-mères, points de départ de nouvelles améliorations.

Modalité de cette méthode : Méthode **Crépin** (1).

Cette méthode a le grand avantage de permettre l'examen approfondi de toutes les plantes de la F_2 , sans nécessiter une étendue de terrain trop considérable. Voici en quoi elle consiste :

Dans chaque F_2 , on prélève à chaque plante, 2 épis ; l'un est mis en réserve, l'autre est égrené. Les 30 grains, qu'on y choisit, sont plantés en une ligne. A la récolte, dans les lignes semblant homozygotes, on fait un nouveau choix de 10 individus, à chacun desquels on prélève un épi, dont les graines, à raison de 30 par épi, sont semées sur 10 lignes ; ces ensembles constitueront donc des F_3 dans lesquelles on éliminera les lignées qui se montreraient encore non-fixées, hétérogènes, ainsi que toute lignée qui ne satisferait pas le sélectionneur.

DEUXIÈME MÉTHODE. — La méthode dont nous venons d'exposer les directives est sûre, elle est scientifique. Elle est toute désignée dans les cas où, vu le petit nombre d'hybridations effectuées, la création, à la F_3 , d'autant de petites parcelles qu'il y a d'individus choisis dans les diverses F_2 , n'exigerait pas une main-d'oeuvre trop onéreuse ou des étendues de terrain trop grandes : *désavantages éliminés, en majeure partie, par l'emploi de la méthode Crépin.*

Cependant, quand les croisements ont été exceptionnellement nombreux, on emploie, dans certaines stations, la méthode suivante : on crée autant de *populations de lignées homozygotes* qu'il y a eu de croisements effectués et cela par *élimination spontanée des hétérozygotes* au cours de cultures **massales** de la F_2 , répétées pendant plusieurs années.

Si après le croisement de deux plantes **autogames**, c'est-à-dire à autofécondation, seul cas que nous envisageons d'ailleurs ici, nous multiplions en masse, d'année en année, la deuxième génération hybride, nous obtenons, dans un **dihybride**, à chaque génération et sur 1000 individus, les pourcentages approximatifs suivants d'hétérozygotes :

(1) **Crépin**, anciennement directeur de la Station de Recherches de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme), actuellement directeur de la Station d'Amélioration des Plantes de la Compagnie des Chemins de fer P. L. M., à Dijon (Côte d'Or).

Génération	AA ou BB	Aa ou Bb	aa ou bb	Pourcentages d'hétérozygotes
F ₂	250	500	250	50 %
F ₃	375	250	375	25 %
F ₄	437.5	125	437.5	12.5 %
F ₅	468.75	62.5	468.75	6.25 %
F ₆	484.375	31.25	484.375	3.125 %
F ₇	492.1875	15.625	492.1875	1.5625 %
F _n	500	0	500	0.0 %

On voit donc que, automatiquement, les hétérozygotes, c'est-à-dire les **combinaisons** instables s'éliminent spontanément par le jeu même des disjonctions mendéliennes, cette élimination devenant surtout sensible à partir de la cinquième génération hybride.

Se basant sur ce phénomène, diverses stations d'amélioration, afin d'économiser du temps, du terrain et de la main-d'oeuvre, ont pratiqué la méthode suivante : les plantes de la F² sont égrenées et le grain en est semé sur une petite parcelle en semis assez clair; on continue ainsi la multiplication massive (dans les limites des disponibilités de terrain) de génération en génération, pendant 5 à 6 années. On aura finalement constitué une population de lignées homozygotes, dans laquelle il faudra isoler les variétés nouvelles répondant au but pratique envisagé.

Cette purification de la population sera plus ou moins compliquée ; il est évident que la multiplicité des facteurs qui différencient les géniteurs, et la présence parmi eux de facteurs physiologiques (résistance aux maladies, au froid, à la verse, à la sécheresse) compliqueront l'isolement des sortes dont on a envisagé la création. Mais, dans bien des cas, la sélection naturelle vient ici en aide à la sélection scientifique, en éliminant, par exemple, à l'occasion d'un hiver très rigoureux, d'une année chaude et humide, très favorable au développement des maladies ou encore à l'occasion de longues sécheresses, les lignées peu résistantes à ces points de vue.

Quoi qu'il en soit, pour créer une nouvelle sorte pure, il faudra nécessairement, à un moment donné, choisir, à l'intérieur de la population stabilisée, un certain nombre de plantes-mères, points de départ d'autant de **pédigrés**.

La méthode d'amélioration par hybridation chez les plantes **allogames**.

La difficulté de cette amélioration réside dans la nécessité de devoir disposer de parents génétiquement purs ; on ne peut y parvenir qu'en soumettant, au préalable, pendant quelques générations, les individus **allogames** à des autofécondations forcées, ce qui est une première complication. Ces autofécondations doivent se répéter après le croisement, afin d'obtenir les diverses générations au cours desquelles se **déclancheront** les disjonctions. Outre que ces isolations répétées contre tout apport de pollen étranger, demandent une

technique souvent assez difficile, les autofécondations elles-mêmes provoquent, chez la plupart des lignées de plantes **allogames**, un trouble profond dans leur vie physiologique, trouble s'extériorisant surtout par une **autostérilité** plus ou moins complète et par des diminutions souvent considérables de la vigueur.

Aussi, les méthodes d'amélioration s'écartent-elles généralement, quand il s'agit de plantes à fécondation croisée naturelle, assez notablement de celles qui ont été exposées ci-dessus pour les espèces **autogames** ; on trouvera des détails concernant ces modalités dans la deuxième partie, aux divers chapitres traitant des principales plantes cultivées chez lesquelles la fécondation croisée est prépondérante (seigle, maïs, betteraves, trèfle, graminées).

CHAPITRE IV

L'AMÉLIORATION APRÈS MUTATION

Le nom de « mutation » a été donné par le génétiste hollandais DE **VRIES** — un des **redécouvreurs** des lois mendéliennes — à des variations héréditaires, apparues brusquement chez une espèce d'**Enothère**, *Enothera Lamarckiana* : sans cause connue, apparurent ainsi différentes séries de plantes aberrantes, à caractères nouveaux et cela dans des rapports numériques ne répondant nullement à une formole mendélienne.

Depuis lors, on a étudié de multiples cas de mutations surgies au cours de recherches génétiques ou à la suite de découvertes dues au hasard : **BAUR** a classé toutes ces variations en sept catégories, parmi lesquelles, outre les variations de de Vries, se rencontrent le plus communément des mutations dues à l'apparition brusque, au milieu d'un ensemble quelconque espèce, variété, lignée — d'individus qui s'en différencient par un seul facteur génétique.

Autofécondées, ces variations sont fixées dès la première génération ; **dans** les croisements où elles interviennent, elles se montrent le plus souvent récessives vis-à-vis des plantes normales et suivent généralement les diverses formules mendéliennes des disjonctions.

Comme exemple de mutation de cette catégorie, je citerai un cas personnel : au cours de mes recherches sur la génétique des couleurs chez *Campanula Medium*, apparurent brusquement, en 1915, dans la descendance d'une Campanule du type normal, pyramidal, à fleurs très nombreuses, 18 plantes aberrantes, profondément différenciées des plantes typiques ; elles étaient caractérisées par une tige droite, raide, hérissée, jamais ramifiée, portant au sommet une seule fleur **campanulée**, très grande, caractère qui a valu à cette variation le nom de « *Campanula Medium mutatio monantha* » (Voir fig. 46 et 47).

Il s'agissait d'une vraie mutation : en effet, son apparition fut brusque,

à la suite de l'autofécondation d'une plante normale provenant elle-même de l'autofécondation d'un individu normal. Ce type s'est maintenu depuis 1915, toujours semblable à lui-même dans toutes les descendancees provenant soit



Fig. 46. — Type normal multiflore de *Campanula Medium*.

d'autofécondations, soit de croisements auxquels prirent part des individus mutants. La mutation s'est toujours montrée récessive vis-à-vis du type normal : très maniable, elle s'est facilement, par des croisements judicieux, laissé imposer les autres colorations (1).

Quelle importance faut-il attacher à la mutation dans la pratique de l'amélioration des plantes de grande culture ?

Les cas bien établis de variations brusques héréditaires chez les plantes cultivées ne sont pas rares : tout sélectionneur sachant observer en rencontrera certainement au cours de quelques années de pratique sélective; plusieurs

(1) En 1921, apparurent brusquement, dans quatre de nos lignées, une dizaine de plantes aberrantes, à corolle non *campanulée*, mais *urcéolée*, *complètement fermée*, ne s'ouvrant que quelque temps seulement avant le flétrissement par une petite ouverture ronde d'environ 5 millimètres de diamètre, se formant au sommet de la corolle.

variétés méritantes de la grande culture doivent leur existence à des mutations. Mais de là à conclure qu'une des principales préoccupations du sélectionneur doit être la recherche de telles variations, il y a un monde : en effet, non seulement leur rareté relative, mais surtout le fait que toute mutation ne correspond nullement — bien loin de là — à une amélioration pratique, ne justifieraient pas une telle idée fixe (1).

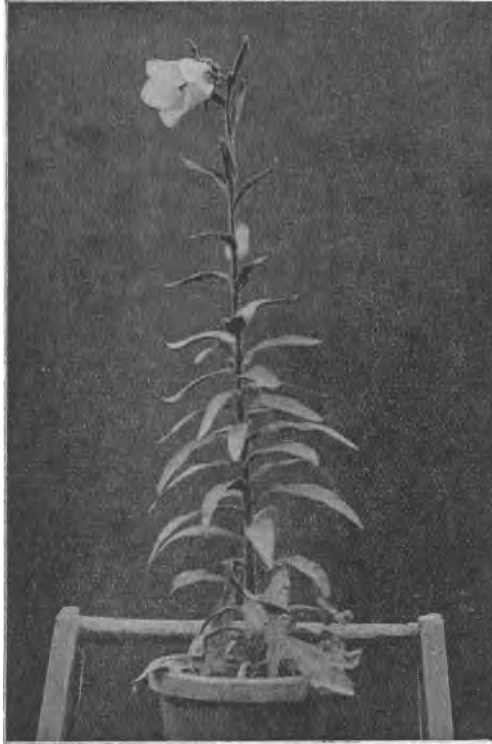


Fig. 47. — La mutation « monanthe » de *Campanula Medium*.

Cela ne veut pas dire non plus qu'il faut systématiquement négliger d'étudier ces variations, que les observations minutieuses auxquelles tout sélectionneur consciencieux doit soumettre ses lignées pourraient déceler. Dans ce cas, quelle est la marche à suivre ? Elle est bien simple : il suffit de faire de chaque plante mutante une *plante-mère*, tête de lignée, dont on étudiera l'évolution au cours de 2-3 générations ; celles-ci diront s'il s'agit d'un effet de croisement naturel ou d'une vraie mutation, et, dans ce dernier cas, si elle constitue ou non quelque chose de vraiment intéressant au point de vue de l'amélioration.

(1) Ajoutons qu'il ne faut pas prendre chaque variation brusque, qui se manifeste à l'intérieur d'une lignée pure, pour une mutation; il faudra au préalable s'assurer, par des déductions à tirer de l'emplacement qu'occupait la lignée les années antérieures et par l'étude des générations ultérieures des variations observées, qu'on ne se trouve pas plutôt devant des résultats de croisements naturels.

CHAPITRE V.

LA MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE ET L'AMÉLIORATION

Les divers modes de multiplication végétative (greffes, boutures, écussons, tubercules, etc) ont, comme tels, une grande importance dans la technique, de l'amélioration (1).

C'est principalement dans le perfectionnement des plantes *horticoles* et *coloniales* que ces procédés de propagation rapide trouvent des applications intéressantes; ajoutons que cette reproduction asexuée transmet *intégralement* aux diverses générations végétatives l'ensemble des caractères d'une plante homozygote et tous les caractères dominants, visibles en cas d'hétérozygotie.

Les principales plantes économiques tropicales et horticoles sont, en effet, des arbustes ou des arbres, chez lesquels l'obtention d'une suite de générations issues de graines exige de longues années; au contraire, le greffage, l'écussonnage et les autres procédés de propagation asexuée permettent de multiplier et d'amener rapidement à fruit les élites issues de plantes-mères, de semenciers de choix. Nous en verrons des cas très intéressants, quand nous parlerons de l'amélioration de ces plantes.

Cette technique permet, en outre, chose précieuse dans certains cas, de multiplier, par exemple par greffage, une F_1 (première génération hybride) issue d'un croisement, dans le cas où cette F_1 montrerait des qualités intéressantes au point de vue économique.

Un exemple courant de l'utilisation d'un mode de propagation végétative nous est fourni par la *pomme de terre*, où la multiplication par tubercules simplifie notablement la technique de l'amélioration.



HYBRIDES DE GREFFE. — CHIMÈRES.

L'accolement des tissus de deux plantes, appartenant à des variétés et même à des espèces et genres différents, peut provoquer l'apparition de variétés nouvelles, auxquelles on a, pendant longtemps et très improprement, donné le nom « hybrides de greffe ».

(1) Ces divers modes de multiplication végétative donnent lieu à la constitution de lignées végétatives ou *clones*.

On a appelé ainsi des rameaux ou des plantes produits par greffage et dont les caractères sont plus ou moins intermédiaires entre ceux des deux composants de cette symbiose que forment le sujet et le greffon.

Ces productions ne sont que des appositions des tissus des deux plantes, des *chimères* en un mot, qu'on peut réaliser en répétant l'intéressante expérience de WINKLER greffant la Morelle noire (*Solanum nigrum*) sur la Tomate (*S. Lycopersicum*) (1).

Après avoir effectué un greffage, soit par rapprochement de deux plans obliques, soit de préférence, par introduction d'un greffon taillé en pointe dans une lente du sujet, dès que les deux tissus sont intimement soudés, on coupe le greffon à sa base, à travers le « bourrelet », de manière à mettre à nu une section comportant à la fois du tissu de la greffe et du tissu du sujet.

Des bourgeons adventifs vont se développer rapidement sur cette section : ceux qui sont formés exclusivement de cellules « greffon » produiront des rameaux présentant les caractères de celui-ci; il en sera de même pour les bourgeons développés sur le tissu « sujet ». Mais il n'en sera plus de même des bourgeons à l'organisation desquels participeront à la fois des tissus du sujet et du greffon.

Suivant la position relative de ces tissus, on obtiendra des *chimères sectoriales* ou des *chimères périnclinales*.

Les premières résultent du développement de deux cellules initiales *juxtaposées* : le rameau auquel a donné lieu le développement du bourgeon adventif dû à ces cellules initiales portera sur une moitié des feuilles du sujet et sur l'autre des feuilles du greffon. Sur la ligne de passage des deux tissus, on pourra même rencontrer des feuilles ayant un demi-limbe du sujet et un demi-limbe du greffon.

Chez les *chimères périnclinales*, les cellules initiales sont *superposées*; leur développement donnera lieu à des bourgeons et à des rameaux composés d'un tissu extérieur appartenant, par exemple, au greffon et recouvrant un tissu interne appartenant au sujet. L'aspect de ces rameaux sera tantôt intermédiaire, tantôt nettement aberrant.

La plupart, sinon la généralité, des hybrides de greffe qui ont été décrits sont des *chimères périnclinales*, qui, quand elles sont intéressantes à quelque point de vue, ne peuvent être propagées que *végétativement*, par greffe, boutures, etc. En effet, dans le cas de *chimères fertiles*, les graines, représentant une partie du tissu sub-épidermique, reproduisent exactement celui des deux associés, sujet ou greffon, qui a fourni ce tissu.

Citons quelques-uns des hybrides de greffe qui ont eu quelque notoriété et, d'abord, ceux de Winkler même : *Solanum Kœlreuterianum* (épiderme Morelle sur tissu Tomate — ressemble fortement à la Tomate), *S. Gäertnerianum* (Tomate recouverte d'une double assise périphérique Morelle), *S. proteus* (l'opposé du précédent, c'est-à-dire deux couches cellulaires de Tomate recouvrant un

(1) Winkler, H. — *Ueber Pfropfbastarde und pflanzliche Chimären*. (Les hybrides de greffe et les chimères chez les plantes). Ber. Deutsch. Botan. Ges., 25, 1907, p. 568.

tissu interne Morelle) et *S. turingense* (l'opposé du *Kabreuterianum*, ressemble fortement à la Morelle).

Un cinquième hybride de greffe de Winkler, le *Solanum Darwinianum* est actuellement le seul autour duquel l'accord n'a encore pu se faire : Winkler se basant sur le nombre chromosomique en fait un vrai hybride de greffe, provenant de la fusion végétative de deux cellules. *S. Darwinianum*, dit-il, accuse, dans ses cellules-mères polliniques, le nombre réduit (haploïde) de 24 chromosomes; le nombre chromosomique dans les cellules du tissu sub-épidermal doit donc être le nombre diploïde 48; or, *Solanum nigrum* (Morelle noire) possède, dans ses cellules végétatives, 72 chromosomes et *S. Lycopersicum* (Tomate) 24; deux cellules végétatives, l'une du sujet, l'autre du greffon, fusionnant pour former l'hybride de greffe, produiront un tissu dont les cellules posséderont 96 chromosomes, nombre qu'une réduction subséquente changera en 48. BAUR n'admet pas le raisonnement de Winkler, qu'il dit être trop artificiel : le fait que le nombre 24 des chromosomes des cellules-mères polliniques du *Darwinianum* représente le nombre déploïde de la Tomate et que toutes les autres assises cellulaires possèdent 72 chromosomes, comme la Morelle, milite, dit Baur, en faveur de l'origine « chimère » du *S. Darwinianum*.

Un des plus anciens soi-disant hybrides de greffe est *Cytisus (Laburnum) Adami*, qui se développa, en 1826, après un greffage non réussi de *C. purpureus* sur *Cytisus Laburnum (Laburnum vulgare)*, et qui n'est qu'un tissu épidermique de Cytise pourpre entourant un tissu de Cytise « Pluie d'or ».

On a beaucoup discuté aussi autour des deux *Crataegomespili* de Bronvaux, issus d'une très vieille greffe de *Mespilus germanica* (Néflier) sur *Crataegus monogyna* (Aubépine), où les tissus du sujet et du greffon s'étaient compénétrés au bourrelet. Un examen détaillé, morphologique et anatomique, de ces *Crataegomespili* ont démontré d'une façon définitive, qu'ici encore il s'agissait de chimères périclinales typiques, formées par *Crataegus* recouvert de tissus plus ou moins épais de *Mespilus*, pour former *Crataegomespilus Asnieresii*, qui ressemble à l'aubépine, avec des petits fruits couleur de ceux du néflier, et *Crataegomespilus Dardari* qui ressemble davantage au néflier.

Mentionnons encore les *Pirocydonia* (Poirier sur Cognassier), l'*Amygdalopersica* de Daniel (Pêcher sur Amandier) et les multiples chimères dans les fruits de divers *Citrus* (les « Bizarria »), citrons à secteurs cédrats, oranges, etc.

*

**

INFLUENCE DU SUJET SUR LE GREFFON.

On a beaucoup discuté — et l'on discute encore — sur l'influence que peut exercer un sujet sur son greffon et vice-versa.

Il est hors de doute — et nul ne l'ignore en arboriculture — que du choix du sujet, lors du greffage des arbres fruitiers, dépendent la vigueur, la précocité, la fertilité du greffon et, par conséquent, des rameaux ou de la couronne qui en sont l'aboutissement. C'est ainsi que, chez le Pommier, les variétés à développement rapide se greffent sur « franc », celles à végétation moyenne sur

Doucain et les petites formes sur Paradis. Les variétés de Poiriers de grande taille se greffent de même sur « franc » et les autres sur Cognassier.

Dans certains pays, le greffage sur des sujets sauvages, adaptés au sol et au climat, de greffons de variétés cultivées a donné d'excellents résultats; on a même, dans ce but, utilisé des sujets venant de l'étranger. COUDERC, le créateur, en France, des hybrides de vigne, a réussi, par le greffage de variétés japonaises d'orangers (*Satsuma*, *Uushu*) sur *Citrus trifoliata*, à reculer considérablement la limite nord de cette culture, en plein air, jusque dans les jardins ensoleillés de la Bretagne, du Cotentin et de l'Anjou.

L'on sait aussi que l'implantation, sur des sujets américains, de greffons de vignes indigènes a révolutionné toute la viticulture française, depuis la lutte contre le phylloxéra.

Ces variations dues au greffage sont-elles susceptibles d'être transmises à des générations ultérieures, soit par propagation végétative, soit par semis ?

La question reste encore toujours litigieuse : ce sont le français DANIEL et le génétiste allemand BAUR qui, représentent, actuellement, les deux pôles opposés dans la discussion qui règne autour de cet important problème.

Certes, les multiples travaux longs et patients de DANIEL ne peuvent être sous-évalués. Depuis de longues années, ce chercheur effectue des symbioses par greffe au moyen d'espèces appartenant à des familles des plus diverses. Dans le but d'étudier les influences réciproques entre greffon et sujet et la transmissibilité héréditaire des variations ainsi induites, Daniel, non content d'établir des associations entre l'*épibiot*e (greffon) et son *hyperbiot*e (sujet), a effectué des *polysymbioses* en intercalant entre l'épi - et l'*hyperbiot*e un *mésobiot*e.

Parmi ses multiples expériences, nous citerons les essais sur Topinambour (*Helianthus tuberosus*) et Grand Soleil (*H. annuus*), seuls ou en *polysymbiose* avec d'autres *Compositacées*. Le greffage de *H. tuberosus* sur *H. annuus* donna lieu, en 1919, à l'apparition, sur l'*épibiot*e, de tubercules aériens (1); le semis des graines récoltées sur ce greffon *tuberculifère* donna naissance à une descendance, chez laquelle quelques individus portaient des tubercules aériens. Or, dit Daniel, jamais on n'a signalé la présence de tels tubercules chez le Topinambour. Ce caractère « présence de tubercules aériens », en même temps que de tubercules souterrains, se transmet *végétativement* chez *H. tuberosus* var. *Dangeardi* (nom donné à cette variation par greffe) aussi bien par la plantation des tubercules aériens que par celle des tubercules normaux.

Daniel étudia aussi la migration de l'*inuline* chez certaines *Compositacées* (2). Ayant greffé sur Topinambour diverses espèces annuelles sans inuline ou pluriannuelles contenant un peu d'*inuline*, il observa la raréfaction ou même la disparition, dans le cas de l'utilisation, comme greffon, de *Rudbeckia*, *Compo-*

(1) Daniel L. — *Hérédité d'un caractère acquis par greffe, chez le Topinambour*. (C. R. Acad. Sciences, 177, pp. 1449-1452, Paris, 1919).

(2) Daniel L. — *Nouvelles recherches sur la migration de l'inuline dans les greffes des Composées*. (C. R. Acad. sciences, 177, pp. 1135-1137, Paris, 1919).

sitacée vivace, pauvre en inuline, des tubercules souterrains du sujet (**hyperbiote**) *H. tuberosus*. A côté de ces greffes simples, Daniel effectua aussi des **polysymbioses**. Chez le complexe *H. tuberosus* + *Rudbeckia* + *H. tuberosus*, il se forma de l'inuline dans l'**hyperbiote**, en même temps que des tubercules souterrains. Chez *H. tuberosus* + *Rudbeckia* + *H. annuus*, aucune formation d'inuline. Chez *H. tuberosus* + *Maduria* + *H. tuberosus*, l'inuline resta localisée dans l'**épibiote** qui renfla et qui forma des feuilles panachées. Enfin le **polysymbioté** *H. annuus* + *H. tuberosus* + *H. annuus* ne forma de l'inuline que dans le **mésobiote**. Daniel affirme, d'après ces observations, l'interdépendance directe des **symbiontes** et le changement dans le chimisme d'après les formes associées.

Il est évident qu'il ne peut y avoir aucun doute concernant les influences d'ordre physiologique que peut exercer le sujet sur le greffon de par le plus ou moins grand développement de son système racinaire, entre autre.

Mais là où beaucoup de génétistes ne sont plus d'accord avec Daniel, c'est quand celui-ci affirme la transmission héréditaire, par voie sexuée, des caractères nouveaux acquis par le greffon sous l'influence de son accollement à un sujet.

BAUR (1), entre autres, combat la manière de voir de cet expérimentateur : il présume que la plupart des expériences des chercheurs qui croient avoir démontré l'hérédité de caractères acquis, par greffage, par exemple, sont **entâchées** d'erreurs fondamentales, que le matériel sur lequel ils travaillaient constitue souvent des populations, alors qu'il faudrait partir de la lignée pure, que les individus qui servent de points de départ sont souvent des plantes **allogames**, à fécondation croisée naturelle, ou des hétérozygotes (d'où obtention de caractères intermédiaires), que des hybridations peuvent s'effectuer entre fleurs du greffon et du sujet, entre plantes greffées et plantes voisines, situées même une assez grande distance et qu'enfin il peut exister, parfois, dans la nature, des individus montrant déjà les caractères aberrants apparus sur le greffon, caractères que l'on croyait nouveaux.

Quoiqu'il en soit, les expériences si patientes, si persévérantes de Daniel sont loin de devoir être négligées : on doit les prendre en sérieuse considération et plusieurs des résultats obtenus semblent bien troublants.



MUTATIONS **GEMMAIRES**, MUTATIONS DE BOURGEONS OU SPORTS (2).

Des variations dans la nutrition, dans l'éclairage, dans la température pendant la période de développement du bourgeon peut provoquer de la variabilité non héréditaire comme nous l'avons vu précédemment et inutilisable, par conséquent, par le sélectionneur.

Mais des modifications plus profondes peuvent faire naître, dans des **bour-**

(1) Baur E. — *Experimentelle Vererbungslehre* (L'hérédité expérimentale). Berlin, Gebr. **Borntraeger**, 3^e édition, p. 277.

(2) *Bud-sports* des américains.

geons, des caractères héréditairement transmissibles : ce sont des *mutations gemmaires* ou *sports*.

Ces mutations de bourgeons se rencontrent le plus souvent chez les plantes horticoles et principalement chez les arbres fruitiers; nous en reparlerons dans le second tome de cet ouvrage. En tant que méthode générale de perfectionnement des plantes, il nous faut, cependant, en dire déjà quelques mots ici-même.

Ces variations héréditaires d'origine végétative sont relativement rares : DORSEY (1), sur 634 variétés de pommes, cite 4 variétés comme étant dues à un sport et 1 variété de prunes sur 682.

C'est surtout chez une sorte de Fougère, la *Nephrolepis exaltata*, espèce tropicale, dont une mutation gemmaire donna la variété *bostoniensis* ou Fougère de Boston (la « Boston Fern » des Américains) que les sports sont fréquents.

Depuis une vingtaine d'années, toute une série de nouvelles variétés en dérivent, par sports plus ou moins stables, mais variant souvent à leur tour : c'est une variété « ever-sporting », en état continu de mutation gemmaire.

Pour constituer pratiquement une amélioration, il faudrait que ces variétés soient immuables quand on les propage végétativement : ce n'est pas toujours le cas, comme nous venons de le voir. Un autre exemple d'une espèce « ever-sporting » est le *Coleus*, cette plante à feuillage ornemental, que tout le monde connaît : un croisement complexe entre quatre espèces exotiques donna, en 1867, la souche qui, depuis lors, soit par semis, soit par chimères, soit par mutations gemmaires, fournit des centaines de variétés ornementales nouvelles, mais souvent très instables.

Ces « sports » ont eu et ont encore, au point de vue sélectif, une certaine importance chez les Agrumes (2), spécialement chez les Oranges. C'est surtout l'américain SHAMEL (3) et ses collaborateurs qui ont étudié la possibilité de créer de nouvelles variétés intéressantes en utilisant les mutations gemmaires chez ces plantes. On connaît actuellement, dans les vergers de la Californie et de la Floride, une douzaine de types distincts provenant de la variété « Washington Navel » et autant provenant de la « Valencia »; certaines d'entre ces variations ne diffèrent pas seulement par les fruits, mais aussi par le développement, par la forme de la feuille et fréquemment même par la fertilité. Des greffes prélevées sur des variantes prolifiques ont été, avec succès, greffées sur de vieux arbres à rendements inférieurs.

En ce qui concerne nos arbres fruitiers, les pommiers, p. ex., si les sports

(1) Dorsey M. J. — *The inheritance and permanence of clonal varieties*. (L'hérédité et la permanence des caractères chez les lignées végétatives) . *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1916, pp. 1-31.

(2) On désigne par le terme « Agrumes » l'ensemble des espèces du genre *Citrus* (citronniers, orangers, mandariniers, pamplemoussiers, etc.)

(3) Shamel A. D., Scott L. B. et Pomeroy C. S. — *Citrus fruit improvement : A study of bud variation in the Washington navel orange* (Amélioration des Agrumes : Etude des variations gemmaires chez l'orange « Washington navel ») . — U. S. Dep. of Agriculture, Bull. 623, 146 p. — 1918. Id. — id. *in the Valencia orange* (id. chez la « Valence » — id., Bull. 624, 120 p. — 1918.

dûment enregistrés sont plutôt rares, ils n'en existent pas moins. D'autre part, les grandes différences de productivité entre les arbres d'une même variété, souvent dans un même verger, en sol de composition et de fertilité régulières, ne doivent-elles pas être attribuées, dans certains cas, à des mutations gemmaires, la plupart des individus ayant été propagés **végétativement** par la greffe ?

Cependant, s'il est vrai que la mutation **gemmaire** existe, il n'en reste pas moins vrai aussi — et ici la conclusion sera la même que celle que je déduisais, page 155, des observations sur la mutation proprement dite — que, chez la plupart des plantes cultivées, propagées **végétativement**, les « sports » sont tellement rares qu'ils ne peuvent devenir une méthode générale d'amélioration, surtout qu'ici non plus ces variations **gemmaires** ne constituent que très rarement un progrès au point de vue économique.

C'est ainsi que, si pour *la pomme de terre* (nous y reviendrons dans le 2^e volume) on a enregistré des mutations de bourgeons sur les tiges souterraines, provoquant l'apparition, dans une même touffe, de tubercules différents au point de vue couleur, forme, profondeur des yeux, il n'en est pas moins incontestable que ces mutations sont très rares (EAST, examinant plus de 700 variétés commerciales, pendant quatre ans, enregistre 12 variations de bourgeons) et que probablement moins de 0.5 % de nos variétés actuelles doivent leur origine à une mutation **gemmaire**.

APPENDICE I

La technique des essais comparatifs de rendement.

L'organisation des essais comparatifs est certainement une des parties les plus délicates d'un travail d'amélioration; aussi m'a-t-il semblé qu'il serait intéressant de réserver un appendice spécial à l'exposé de la technique de ces essais.

L'établissement des parcelles comparatives constitue la pierre d'achoppement du sélectionneur, tellement il doit mettre de soins dans l'exécution des moindres détails, s'il veut pouvoir en tirer des conclusions exactes. Ces essais lui demandent, en outre, du terrain, de la **main-d'œuvre**, du temps; aussi est-il bien souvent tenté de les négliger. C'est un grand tort : l'établissement d'essais comparatifs pendant un laps de temps suffisamment long, s'étendant au moins sur trois ans, et en se conformant aux règles techniques, est une nécessité, si l'on veut étudier d'une façon approfondie la valeur réelle des meilleures lignées en observation.

Les détails que je vais exposer n'ont pas la prétention d'être exclusifs : libre à chaque sélectionneur d'y apporter des modifications; ils auront toutefois l'avantage de montrer les façons de procéder pour arriver le plus sûrement à des résultats définitifs et pour exclure, autant qu'il est possible, les erreurs qui, si petites qu'elles puissent être, seront souvent suffisamment importantes pour troubler sérieusement les conclusions à tirer des essais.

Les essais comparatifs s'intercalent le mieux entre les élites de deuxième année et les premières multiplications. On ne multipliera ainsi que les descendances dont la valeur aura été définitivement établie par les essais. Pratiquement, il est possible de procéder de la sorte : cette deuxième génération d'élites donnera certainement une quantité de graines suffisante pour emblaver des parcelles de 1 à 2.50 ares, grandeur qui nous semble être la mieux adaptée à ces sortes d'essais.

L'extrême importance pratique de cette expérimentation comparative résulte du fait que c'est sur leurs résultats qu'on se basera pour conserver **en** amélioration ou pour en éliminer les lignées en compétition.

Aussi, ces essais doivent-ils répondre à deux conditions primordiales, faute desquelles on ne peut aucunement tabler sur leurs résultats, ce qui exposerait le sélectionneur à de graves mécomptes et à de grosses désillusions. Ces deux conditions sont les suivantes : les essais doivent être effectués dans la mesure du possible, d'après les méthodes de la culture normale, c'est-à-dire avec façons préparatoires, fumure, semis et soins d'entretien normaux; ensuite, leurs résultats doivent pouvoir être considérés comme étant *d'une très grande exactitude*, ce qui nécessite l'emploi d'une technique bien étudiée jusque dans ses moindres détails.

Cette technique a donné lieu, depuis de longues années, et maintenant encore, à de très nombreuses discussions, surtout en Allemagne, en Pologne et aux Etats-Unis, contrées où on en a étudié, à fond, les diverses modalités. La bibliographie des essais comparatifs est extrêmement touffue : le lecteur trouvera à la suite de cet exposé une liste de travaux *récents*, qui m'ont fourni une grande partie de ma documentation. Disons tout de suite que pour une part importante, celle-ci est extraite de la magistrale étude que **RÖEMER (18)** — (1) — professeur à l'Institut agronomique de Halle-sur-Saale, a consacrée récemment aux essais comparatifs.

La base d'une série d'essais comparatifs est *l'exactitude* : il importe que les différences, souvent petites, enregistrées, au point de vue du **rendement**, chez les lignées en compétition, soient vraiment dues à des différences dans les valeurs héréditaires respectives et non pas à une ou plusieurs de ces innombrables causes d'erreurs, grandes et petites — irrégularités saisonnières, erreurs de technique, erreurs d'observation, erreur de calcul, etc., etc. — qui peuvent affecter l'expérimentation.

Eviter complètement ces erreurs est chose impossible : nous dirons plus loin par quelles formules mathématiques on peut déterminer leur importance. Le seul moyen de les réduire à un minimum, c'est d'utiliser une technique bien raisonnée.

Choix du terrain. — L'on peut dire que c'est du choix du terrain que dépend, en grande partie, la bonne réussite des essais. Un point très important dominera ce choix : il faut que toutes les parcelles, qui feront partie de l'essai, trouvent des conditions semblables de nutrition et de végétation; il faut donc que le sol et le sous-sol — ce dernier point est important — soient d'une constitution très régulière, la plus régulière possible.

Dans notre jardin d'amélioration de **Gembloux**, où le sol est cependant des plus homogène, nous avons remarqué dans certaines soles, de petits **ilots** différenciés, qui ne peuvent être dûs qu'à certaines anomalies de constitution ou de drainage des couches profondes.

(1) Les numéros, en caractères gras, qui suivent les noms d'auteurs sont ceux des travaux, cités dans la liste bibliographique qui termine cet appendice.

Ce seront les cultures précédentes qui renseigneront l'expérimentateur au sujet de cette plus ou moins grande irrégularité du sol et du sous-sol.

Labours. — Ceux-ci seront effectués à la charrue; c'est l'instrument aratoire qui travaillera avec le plus de régularité. **RÖEMER** lui préfère cependant la fraise. En tout cas, il faut exclure résolument les divers tracteurs mécaniques, dont le travail, nous en avons maintes fois fait l'expérience, est beaucoup trop irrégulier.

Façons culturales ultérieures. — Elles sont celles de la culture normale de la région, poussées peut-être un peu dans le sens d'un émiettement plus **prononcé** du sol, sans cependant exagérer dans ce sens; ceci est surtout vrai dans le cas où l'on **employerait** des petits semoirs (genre « Planet ») légers, à mains, de 1-2-3 lignes, qui sont d'un usage courant en Allemagne et qui y ont été beaucoup perfectionnés précisément en vue des essais comparatifs.

Fumure. — Nous ne pouvons que rappeler ici ce qui a été dit concernant la fumure du jardin d'amélioration, pp. 44-45 de cet ouvrage. On **excluera** l'utilisation de la fumure organique. Ajoutons, d'après **RÖEMER**, que l'épandage des engrais, surtout des engrais azotés, se fera, de préférence parallèlement à la direction longitudinale des parcelles. Inutile d'ajouter qu'il faut éviter, si possible, le semis d'engrais par temps venteux et leur accumulation par la **grosseuse**.

Forme des parcelles. La forme en rectangle allongé est généralement celle qu'on préfère : elle élimine suffisamment l'influence éventuelle de la bordure et celle du voisinage de types à végétation différente.

Direction des parcelles. — Les différences, même peu importantes, dans la composition du sol doivent être, autant que possible, réparties de façon égale entre les diverses variétés et lignées en observation; les parcelles seront donc établies perpendiculairement à la direction des sillons tracés par la charrue, le labour étant fait parallèlement à la direction des irrégularités de la sole.

Grandeur des parcelles. — S'il est vrai que l'exactitude des résultats augmente, jusqu'à une certaine limite, avec la grandeur des parcelles, on est retenu dans certaines bornes par la superficie de la sole disponible et par la quantité de semences, d'autant plus qu'un autre facteur, comme on va le voir ci-après, intervient en outre pour limiter cette étendue.

D'autre part, cette diminution de l'erreur expérimentale par l'augmentation de la grandeur parcellaire devient d'autant moins importante que le sol est plus irrégulier. C'est ainsi qu'aux Etats-Unis règne généralement la conception que l'augmentation de la grandeur des parcelles n'amène aucune diminution dans la variabilité.

RÖEMER préconise, pour les céréales et les légumineuses, des rectangles de 15-20 m² et pour les racines des parcelles de 25-50 m' : il conseille fortement

009D
0011D
T. 4
0011E
009.E
T
009.B
0011.D
T. 2
0011.A
009.A
T. 1
185 D
143.D
T.
3.E
13.E
185.E
T 3
185.B
143.B
178.B
T. 2
173 A
T.
Parcelle, Séries II

de prévoir, aux deux extrémités de chaque parcelle, une bordure de 0.50 m. à 2 m., emblavée avec la même semence que celle de la parcelle, mais qui sera éliminée avant récolte.

A Gembloux, pour les céréales, nous établissons des Séries de parcelles de 1 are à 2 ares, d'après la largeur de la sole dans laquelle se découperont les parcelles; ces parcelles correspondent à 3-5 tours de semoir, celui-ci étant large de 1 m. et muni de 5 tubes de distribution, à équidistance de 0.20 m.

Nombre de parcelles parallèles (*portant la même variété ou lignée*). — Le meilleur moyen pour diminuer les causes d'erreur et, par le fait même, augmenter l'exactitude de l'essai, c'est de *répéter* chaque parcelle, portant une lignée en comparaison, un certain nombre de fois, à divers emplacements de la sole. (*Voir Fig. 48*). On sème les diverses souches en compétition, côte à côte, en une série; puis, la dernière lignée semée, on répète la série entière, dans le même ordre, un certain nombre de fois (si possible, au moins 4 fois); ce nombre dépendra de celui des lignées en comparaison, des quantités de semence disponibles, de la grandeur des parcelles parallèles et de la superficie totale de la sole.

Cette répétition des parcelles est, avec l'intercalation de « témoins », le moyen le plus efficace pour diminuer les erreurs, surtout en sol de composition irrégulière.

Si l'erreur moyenne (*Voir plus loin*) dont est affectée une observation isolée est de 15 % elle sera,

pour 2 répétitions, de 7.1 %	
3	5.8 %
5	4.5 %
8	3.5
10	3.2 %
20	2.2

			— 167 —			
etc.	Série B	etc.	Série A	etc.	Série B	etc.
3		13		23		3
2		12		22		2
1		11		21		1
10		20		30		30
9		19		29		29
8		18		28		28
7		17		27		27
6		16		26		26
5		15		25		25
4	14	24	24			
3	13	23	23			
	12	22	22			
1	11	21	21			
1^{er} ensemble		2^e ensemble		3^e ensemble		
						S
						I
						Série B
						Série
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						1
						2
						3
						etc.
						II.

Fig. 49. — Essai comparatif englobant 30 lignées différentes.
 I Bonne méthode, à condition d'y intercaler des « témoins ».
 II. Mauvaise méthode.

HAYES et ARNY (2 et 5), à la Station d'amélioration du Minnesota, dans des essais concernant le nombre de parcelles à établir pour une même lignée ou variété, ont montré qu'en général, 3 parcelles, au lieu d'une seule, réduisaient l'erreur de 25 à 50 % et que, pratiquement, pour le froment d'hiver, 4 parcelles avaient la même valeur, au point de vue de la diminution de l'erreur, que 5 à 12 parcelles, que, pour l'avoine, 3 répétitions étaient équivalentes à 4-9 et pour l'orge, à 4-6. Ils concluent que 3-4 répétitions ont la même valeur pratique que 5 à 8 répétitions.

En Amérique, se basant sur l'augmentation de la variabilité quand la surface totale utilisée augmente, divers expérimentateurs en concluent que, quand on essaie un grand nombre de lignées, l'on doit utiliser, pour arriver au même degré d'exactitude, un nombre de répétitions plus grand que quand on compare moins de variétés.

D'autre part, les essais de RÖEMER ont démontré qu'on atteint au moins la même exactitude en répétant un grand nombre de fois des petites parcelles, qu'en établissant des grandes parcelles peu de fois répétées, avec le grand avantage, dans le premier cas, de n'utiliser qu'une faible superficie de terrain.

Voici des résultats qu'il signale :

	Parcelles de	
	100 m ² — 3 répétitions	10 m' — 6 répétitions
Erreur en % de la moyenne : Froment	1.98	2.02
Avoine	3.10	2.99

L'exactitude de l'essai est donc égale dans les deux cas, mais notons que la surface totale utilisée est, dans le premier cas, de 300 m' et de 60 m' seulement dans le second.

Faisons observer, toutefois, que, surtout en cas d'irrégularité assez prononcée du sol, il ne faut pas que chaque série comporte un trop grand nombre de lignées, pour qu'il n'y ait pas une trop grande distance entre chaque répétition d'une même lignée.

Par conséquent, si l'on avait à essayer comparativement une trentaine de lignées, il vaudrait mieux constituer trois ensembles d'essais de plusieurs séries, comptant chacune 10 parcelles, que de former un seul ensemble, dont chaque série comporterait 30 parcelles. (*Voir fig. 49*).

Intercalation de parcelles « témoins », « standards » (1) ou « étalons ». — L'intercalation, entre les parcelles en observation, de parcelles « témoins » ou « standards » constituées toutes par une même lignée ou variété, qui est souvent celle qui, les années précédentes, a donné les rendements les plus élevés, est, avec la répétition des parcelles, la meilleure mesure du degré de régularité ou d'irrégularité du sol et le meilleur moyen de réduire à un minimum les erreurs d'observation.

(1) « Checkplots » ou « Checks » des Américains; « Vergleichs —, Standard — ou Kontrollparzellen » des Allemands.

Ces parcelles « témoins » peuvent être glissées entre celles qui sont en compétition de façon, soit à faire suivre chaque lignée nouvelle, d'un standard — ce qui semble exagéré — soit à établir une parcelle témoin après chaque groupe de deux lignées en observation, ou encore à n'intercaler un standard qu'après chaque série de 3-4-5 parcelles.

Nous suivons, normalement, la deuxième méthode : chaque parcelle nouvelle en observation touche ainsi à gauche ou à droite à une parcelle témoin.

Dans le cas d'une très grande régularité de constitution du sol ou quand nécessité fait loi, par exemple quand on y est obligé par le peu d'étendue de la sole, ou par le grand nombre de lignées ou encore par l'insuffisance de la semence de la lignée standard, on pourrait utiliser la dernière modalité; dans ce cas — et ceci est fréquemment en usage aux Etats-Unis (Voir LOVE (16) — on calcule, pour chaque parcelle en observation, un étalon *théorique*, en divisant, par exemple, par 5, dans le cas où chaque groupe de 4 parcelles est suivi d'un témoin, la différence entre les rendements de deux standards successifs. Soit le rendement du 10^e témoin : 37 kg. à l'are et celui du 11^e : 39 kg., avec intercalation, entre les deux témoins, de 4 parcelles en observation, les standards théoriques seront, successivement, de

$$37 \text{ kg.} \pm \left(\frac{39 - 37}{5} \right) \times (\text{success}^t) \quad 1. \quad 2. \quad 3. \quad 4$$

soit 37.4 kg., 37.8 kg., 38.2 kg. et 38.6 kg.

Ajoutons, toutefois, que HAYES (6) signale une des conclusions du « Comité Américain de standardisation des essais comparatifs » disant : « La multiple répétition des parcelles, pour une même variété, écarte la nécessité des parcelles « témoins ».

Faisons remarquer, à ce sujet, qu'il faut alors beaucoup de répétitions; or, dans un sol assez irrégulier, plus on répète, plus on augmente l'erreur. L'intercalation de témoins diminue la nécessité de beaucoup de répétitions.

Influence de la bordure. — L'influence réelle de la bordure, le long des sentiers de séparation a été étudiée, entre autres, par RÖEMER (18) et par ARNY (1).

Chacun sait que les plantes de bordure d'un champ, grâce à un apport plus grand en matières nutritives, en air et en lumière acquièrent une luxuriance particulière. Il en va de même quand il s'agit des parcelles d'un essai comparatif de rendements.

Des essais d'ARNY (r) ont donné les résultats suivants : dans des parcelles allongées comprenant 17 lignes, distantes l'une de l'autre de 15 cm. et bordées de sentiers de 46 cm., les rendements des deux lignes extérieures, le long des sentiers (la première et la 17^e de chaque parcelle), dépassèrent les rendements moyens des 13 lignes centrales de 83.5 % chez l'avoine, de 100.4 % chez le froment et de 123.3 % chez l'orge. Les deux lignes avoisinant les lignes extérieures (la 2^e et la 16^e) dépassèrent encore, en rendements, ceux des 13 lignes centrales, chez les mêmes céréales, respectivement de 23.2 %.

49.3 % et 50.4 %. **Arny** conclut que l'effet du sentier se fait sentir au moins sur une profondeur de parcelle de 0.30 cm.

Cette augmentation de rendement due au chemin varie avec la surface totale relative de la bande influencée : elle est plus grande chez les petites parcelles que chez les grandes de même forme et chez les parcelles longues et étroites que chez celles dont la forme se rapproche du carré. Comme preuve, **RÉMER (18)** donne le tableau suivant :

Grandeur des parcelles :	100 m'			
Forme des parcelles :	10 X 10	5 X 20	4 X 25	2 X 50
Surface d'une bordure de 20 cm de largeur :	8 m'	10 m'	11.6 m'	20.8 m'
Influence de la bordure, si cette influence, pour la parcelle carrée = 100 :	100	125	145	260

La largeur des parcelles ne devrait donc jamais descendre en-dessous de **4 à 6 m.** de largeur.

Une technique tendant à éliminer l'effet de la bordure est actuellement suivie dans les stations allemandes : au moment du semis, on fait en sorte que les parcelles se succèdent sans interruption aucune et *on n'établit des sentiers de séparation qu'entre l'épiaison et la moisson*, le mieux vers la période de floraison, en enlevant, par exemple, à chaque parcelle, dans le sens de leur longueur, la première et la dernière lignes.

Un peu avant l'épiaison, on aura de même séparé, par une petite tranchée, les deux bordures en tête de parcelle (0.50 m. à 2 m.), dont les graines ne prendront pas part à la détermination du rendement.

La question de l'influence des bordures sur les rendements ne se poserait pas, si, comme on l'a cru pendant longtemps, elle se manifestait d'une façon identique chez toutes les lignées : mais, d'après les recherches de plusieurs expérimentateurs (les Américains **ARNY (1)** et **KIESSELBACH (8)**, les Allemands **WACKER** et **SCHARNAGEL (20)**, il paraîtrait, au contraire, que le degré de cette influence varie, dans des limites souvent assez larges, avec les variétés et les lignées qui se succèdent.

Influence réciproque des variétés. — Certains essais ont montré que les dernières lignes d'une variété à grand développement voisinant immédiatement avec une sorte à végétation moins luxuriante, exerce sur les premières lignes de celle-ci une action déprimante. (*Voir Fig. 50*).

Cette influence déprimante augmente avec la diminution de la distance entre les touffes dans la ligne et avec l'accentuation de la forme allongée des parcelles. On la combattra en éliminant, comme il a été dit plus haut, les lignes délimitant chaque parcelle parallèle.

Il est, en outre, fortement à conseiller de grouper les variétés, lors des essais comparatifs, d'après la rapidité et le degré de leur développement, d'après leur

précocité ou leur **tardivité**. Cette précaution est surtout nécessaire quand on adopte la méthode américaine *par lignes*. (Voir p. 67). C'est tellement vrai que **HAYES (6)** préconise l'établissement de 4 lignes par lignée, au lieu d'une seule, ensemble dont les 2 lignes extérieures sont éliminées.

Influence exercée sur les rendements par les places vides. La formation fortuite, dans telle ou telle parcelle, de places vides, surtout quand elles sont assez nombreuses, peut diminuer fortement les rendements des lignées en cause.

Dans le cas où, chez les céréales, par exemple, ces vides seraient dus à un défaut de rusticité, il ne faudrait pas y attacher une importance exagérée au point de vue de l'exactitude des résultats, ce manque de résistance au froid étant un motif suffisant pour éliminer la lignée de la compétition.

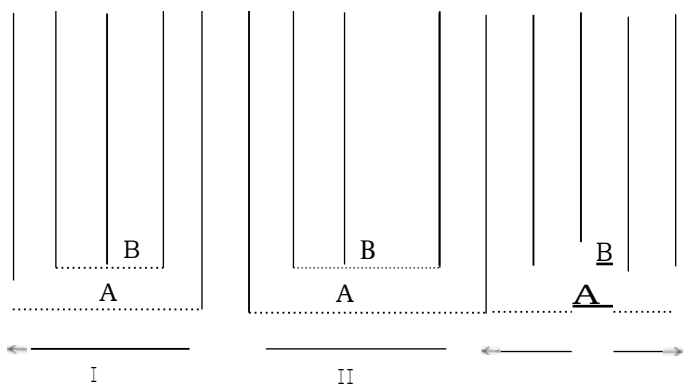


Fig. 50. — I : Variété très luxuriante.

II : Variété à développement plus lent ou moindre.

Les lignes IA donnèrent un rendement supérieur à celui des lignes **IB**, contrairement à ce qui se passa chez la variété II, où les lignes II A fournirent un moindre poids de graines que II B.

Mais d'autres causes, fortuites celles-là, peuvent provoquer la formation de vides dans l'emblavure : obstruction passagère des tubes du semoir, destruction par les rongeurs et par certains insectes ou leurs larves, etc.

RÆMER (x8) fait justement observer que, chez les *céréales*, les places vides ne doivent être sérieusement envisagées que dans le cas où elles affectent plusieurs plantules à la fois, en un même endroit; à écartement normal, des vides portant sur 1-2 plantules sont compensés par une augmentation correspondante du tallage et du développement des plantes avoisinant le vide.

Il n'en est pas de même chez les *plantes-racines*, surtout chez les betteraves et les pommes de terre, où cette compensation ne peut agir d'une façon complètement efficace, vu la distance beaucoup plus grande qui sépare une plante de l'autre.

Aussi, devra-t-on, chez ces plantes, prendre des précautions spéciales lors de la récolte, en vue de la détermination des rendements : ceux-ci, qui, chez les céréales, se déterminent, normalement, par unité de surface, doivent, dans les

essais comparatifs sur plantes-racines et en cas de vides nombreux, être établis de la manière suivante : on éliminera tout d'abord toutes les plantes entourant immédiatement les vides et l'on établira ensuite le poids total des racines se trouvant en situation normale, en prenant, comme base de calcul, la surface obtenue en retranchant de la surface totale de la parcelle celle des places vides ainsi obtenues.

Roemer cite certains résultats obtenus dans des essais sur betteraves : soit 100 le poids moyen des racines en situation normale, il enregistra pour les betteraves entourant les places vides, en 1921, le nombre moyen 108 (102 à 115) et en 1922, le nombre 121 (de 109 à 136).

Il est certain que l'énorme majorité des places vides dans les parcelles d'essais comparatifs sur betteraves doit être imputée au semis en poquets (au lieu du dépôt de quelques graines assez bien distancées, en ligne, à chaque entrecroisement des sillons tracés au rayonneur), ou à un **démariage** peu soigneux.

Avant de passer aux semis, il faut étudier soigneusement le *plan* des parcelles, leur largeur et longueur, le nombre des répétitions, l'intercalation des témoins. On se laissera guider par la superficie et la forme de la sole, par les quantités de la semence disponible et, naturellement, par les règles techniques en vigueur.

Il est prudent de compter quelques lignes supplémentaires dans le sens de la longueur (hauteur) de la sole, le semis en lignes au semoir ne pouvant toujours s'effectuer, avec toute l'exactitude requise, en ce qui concerne l'équidistance entre les sillons.

Le tracé des parcelles parallèles se fera exactement au moyen de l'équerre, des jalons et des cordeaux.

N'oublions pas d'augmenter la longueur de ces parcelles de 1 à 2 m. (0.50 m. à 1 m. à chaque extrémité), les plantes occupant ces surfaces supplémentaires, représentant l'influence -des bordures, le long des chemins séparant les soles. Dans le cas où les semis s'effectueraient au semoir tiré par des chevaux et que la sole serait enclavée entre deux soles déjà ensemencées, il sera nécessaire d'établir deux fourrières de 2 m. environ de largeur, chacune, sur lesquelles tourneront les attelages.

Quantité de semences à semer à l'are. — Plusieurs expérimentateurs, surtout en Allemagne, sont d'avis qu'il est nécessaire d'avoir, dans les limites du possible, le même nombre de plantes par unité de surface. Ce nombre dépendra du *poids des 1000 graines* et de leur *énergie germinative* (nombre de graines ayant germé à travers 3 cm. de terre, après 14 jours), déterminés après traitement éventuel des semences.

ROEMER (18) donne la formule suivante, pour la détermination de la quantité à semer par m² :

$$\frac{a \times b \times c}{d \times e} \quad , \quad \text{où}$$

a le poids moyen des graines, par m', sans faire attention ni au poids de 1000 graines ni à l'énergie germinative de la lignée envisagée. Ce poids moyen se calcule sur plusieurs variétés, pendant 3 ans.

(Pour les céréales, 1 graine germant tous les 2.5 cm., à raison d'une distance entre les lignes de 0.20 cm., représente, par hectare, 2.000.000 de graines et $a = 2000 \times$ poids moyen de 1000 graines en grammes (déterminé sur plusieurs variétés et sur 3 ans) ou le double poids moyen en kilogrammes par hectare) .

b $100 =$ Energie germinative de 100 %.

c = Poids de 1000 graines, en grammes.

d = Poids normal de 1000 graines de la semence commerciale.

e = Energie germinative.

Dans la formule ci-dessus $a \frac{c}{d} = M =$

multiplicateur fixe qui ne variera qu'avec le poids normal de graines à semer l'hectare ou avec la plante cultivée. Et encore, il restera le même pour toutes les cultures, qui se sèment en lignes distantes de 20 cm., à raison de 1 graine germant tous les 2.5 cm. Dès lors la quantité de graines à semer au m' =

$M \times$ poids de 1000 graines

Energie germinative.

Aux *Etats-Unis*, d'après de multiples essais effectués entre autres à la Station d'Amélioration de la Cornell University, on est d'avis que, pratiquement, la quantité à semer à l'unité de surface peut être la même pour toutes les sortes ou lignées d'un essai, la différence de tallage compensant la différence dans les distances entre les graines.

RÖMER lui-même n'est pas loin d'adhérer à cette manière de voir et c'est aussi l'idée de **MITSCHERLICH** qui, pour l'Allemagne, propose des semis uniformes, denses, de 160 kg. à l'Ha. pour l'orge, et de 140 kg. pour les autres céréales. Ces semis drus éliminent les différences d'énergie germinative et de grosseur des graines.

C'est encore l'idée de **KOSTECKI** (9), directeur de l'Association polonaise des semences, qui, d'une série d'essais faits en plein champ, en 1923, 1924 et 1925, sur cinq variétés d'avoine, différentes aux points de vue physiologique et morphologique, conclut que le classement, d'après le rendement, des variétés en comparaison resta le même, les trois années, malgré que dans chaque série annuelle d'essais les quantités de semences employées aient été de 100 — 85 — 75 et 65 kg. par journal polonais (= 5.600 m), ce qui correspond, en chiffres ronds, à des quantités de 180 150 — 135 et 115 kg. à l'hectare.

Le semis. — Le degré d'exactitude d'une série d'essais comparatifs dépend, pour une grande part, de la construction soigneuse du semoir. Celui-ci doit pouvoir être facilement *nettoyable* à fond, jusqu'à la dernière graine et exactement *réglable* pour la quantité de graines à semer. Le semis doit être le plus

régulier possible, et cela pour chaque ligne semée par le semoir. Parmi les **cé-réales**, c'est surtout l'avoine, qui se sème le plus irrégulièrement. Le semis régulier est difficile quand il s'agit de semer des graines traitées contre les maladies, par la méthode humide, par suite de la dessiccation irrégulière des diverses variétés.

Le semoir (voir aussi, p. 66), que nous utilisons, est un semoir à cinq lignes, chaque parcelle comportant, d'après la largeur de la sole (ou la longueur des parcelles parallèles), de 2 à 5 tours de semoir (largeur de chaque parcelle : 2 à 5 m., avec un écartement, entre les lignes, de 0.20 m.)

En Allemagne, on emploie beaucoup de semoirs à 1-2-3 lignes, genre Planet, mais plus lourds, à échelle de réglage bien visible, mûs par 2 ou 3 ouvriers et dont on a poussé la construction à un haut degré d'exactitude.

Pour le réglage, (Voir p. 66) . — **RÆMER** conseille de régler pour chaque variété, la quantité de graines, qui tombe des tubes de **distribution**, étant différente, d'après la forme du grain et d'après son humidité.

On peut faire un essai en faisant rouler le semoir sous hangar, sur place, ou dans un chemin ou mieux encore sur le terrain même, après avoir attaché un petit sac à chaque tube de distribution : on pourra ainsi juger de la régularité du débit pour chaque tube.

On commencera par semer la première parcelle témoin, on passera ensuite à la deuxième parcelle standard et ainsi de suite; il va de soi qu'il est inutile de nettoyer le semoir pendant ces passages d'un témoin à l'autre. Ces semis effectués, on débarrassera la machine du dernier grain qui pourrait rester **adhérer** à une partie quelconque, se cacher dans un recoin et l'on passe au semis des diverses répétitions de la première lignée soumise à compétition, puis de celles de la deuxième lignée ou variété, etc.

Dans le but de contrôler la quantité effectivement semée pour chaque lignée, on pèsera les sacs avant et après l'opération.

Inutile d'ajouter que seul l'emploi d'un personnel spécialisé, sous surveillance continue, permettra une exécution soigneuse des essais comparatifs de rendements et la réduction à un minimum des erreurs d'expérimentation.

Observations pendant la végétation et soins d'entretien. — Il faudra effectuer très soigneusement et **acter** les diverses *observations* au cours de la végétation : elles seront de la plus grande utilité pour la discussion raisonnée, des résultats obtenus après battage. Régularité de levée, comportement durant l'hiver, allures de la végétation, apparition des premiers épis, dégâts ou dommages éventuels, attaques par des maladies, tout est à enregistrer exactement.

Quant aux *soins d'entretien*, ils seront, pour la plupart, ceux que l'on donne normalement aux parcelles d'un jardin d'amélioration : applications très soigneuses des quantités nécessaires, mais non exagérées, d'un engrais azoté, après l'hiver, en cas où les emblavures auraient eu à souffrir des rigueurs de la saison, binages effectués le plus rapidement possible sur l'ensemble des parcelles, épurations éventuelles après épiaison complète, etc. On pourrait aussi, au printemps, avant la poussée en tiges, séparer par un sillon suffisamment profond, 0.50 m. à 1 m. d'emblavure aux deux têtes des parcelles.

Récolte. — Il faudra, avant toute récolte, éliminer, sur les quatre côtés de la parcelle tout ce qui ne devra pas entrer dans la détermination du rendement : au moins 0.40 de bordure dans le sens longitudinal, si les parcelles ont été séparées par des sentiers dès le semis et 0.50 m. ou mieux encore 1 m., aux deux extrémités.

Pour effectuer la moisson, on préférera la faux à la faucille ; outre que le travail se fera plus rapidement, il sera plus soigneux.

Si des sentiers séparent les parcelles, il faudra, avant la coupe, faire ramasser et écarter tout épi qui s'y trouverait ; c'est aussi afin d'écartier, dans les limites du possible, tout danger de mélange, qu'à **Gembloux** nous rabattons les javelles avec les épis vers l'intérieur de la parcelle (*Voir fig. 30, p. 81*). C'est toujours dans le même but, que, personnellement, je préfère des parcelles assez larges, sans toutefois dépasser les limites dont il fut question plus haut.

Les épis éparpillés sur l'éteule doivent être immédiatement recueillis et mis dans l'intérieur des gerbes. La dessiccation rapide de celles-ci, ainsi que leur immobilisation contre le vent seront assurées en les adossant contre des supports en bois transportables (*Fig. 28, p. 78*) ou en les encapuchonnant (*Fig. 29, p. 79*) après dessiccation à l'air, quand on est obligé de laisser la récolte sur le champ. **RÆMER** préconise la protection au moyen des grands sacs qui, plus tard, serviront au transport des gerbes au lieu du battage.

Faut-il déterminer le rendement en grain, d'après la méthode **WAGNER** (*Voir pp. 80-81*), c'est-à-dire par comparaison avec un échantillon moyen prélevé à l'intérieur de chaque parcelle parallèle ? Certes, cette méthode a contre elle la difficulté de prélever un échantillon exactement moyen, d'autre part, la rentrée en grange ou sous hangar, les diverses manipulations avant et pendant le battage, exposent à des pertes sensibles en graines.

Il semblerait bien que dans les régions où l'on a habituellement à craindre du mauvais temps pendant la moisson, la méthode **Wagner** soit indiquée. Cependant le battage séparé de la récolte totale de chaque parcelle garde encore ses partisans, à condition toutefois que la rentrée de la récolte, le battage et toutes les manipulations se fassent avec tout le soin voulu, pour que les pertes d'épis et de graines soient réduites à un minimum. Le mieux serait d'enfoncer les gerbes, pour le transport, dans de grands sacs à son.

Il semble, d'autre part, que dans beaucoup de cas, la détermination de la *teneur en eau* des graines s'impose. Si, par temps normal, des différences insignifiantes sont constatées à ce point de vue chez les diverses répétitions d'une même lignée, il n'en va plus de même entre les diverses lignées et variétés elles-mêmes, surtout à cause des divers états de maturation au moment de la récolte, états qui sont difficiles à déterminer exactement.

RÆMER, pour éviter la longue détermination de la teneur en substance sèche, préconise dans les répétitions d'une même lignée, immédiatement après le battage, la prise d'un échantillon moyen de graines, 500 gr. par exemple, (2-3 kg., au total), sa conservation, pendant 3-5 semaines, dans un bocal ouvert, à température de la chambre, et sa pesée finale, après ce laps de temps. Ce sont sur ces échantillons là, que **Roemer** détermine la grosseur du grain, le poids du litre, etc.

Battage. — Le battage se fera au moyen d'une batteuse qu'on pourra facilement et entièrement débarrasser du dernier grain; le nettoyage sera lui aussi très soigneusement effectué et, pour les pesées, on utilisera une bascule sensible et exacte. Roemer conseille l'emploi d'une bascule à curseur, à étiquette imprimée.

Microessais. Vu la grande difficulté de trouver des semoirs répondant à toutes les exigences d'un semis régulier, SCHARNAGEL (20) propose de renoncer complètement au semis en lignes et de faire des essais comparatifs sur petites parcelles de 3 m', par ex. en plantant les graines une à une, à la main, à équidistance.

La méthode proposée par cet expérimentateur nous ramènerait, en un mot, à la technique des deux premières années d'une amélioration généalogique (Elites de première et deuxième années), technique qui a été exposée plus haut, dans tous ses détails.

Mon avis est que, pour les céréales, les multiples parcelles de 1.50 à 3 m² (1.50 m. X 1-2 m. d'après le nombre de lignes) qui constituent *les élites de première année*, plantées, chez nous, à l'équidistance de 0.05 m. X 0.20 m., avec intercalation de très nombreux témoins (qui sont en même temps des reconstitutions de noyaux purs) représentent déjà, moyennant certaines précautions, des essais comparatifs fournissant une base suffisamment solide à l'élimination de nombreuses lignées.

Mais ce seront surtout les *élites de deuxième année* (plantées, à Gembloux, graine par graine, à équidistance de 0.05 X 0.20 m., en parcelles comptant toutes 15 lignes de 60 plantes, soit 900 individus, sur 3 X 3 m. = 9 m²), où la quantité de semences permet maintenant d'associer à l'intercalation de multiples témoins la répétition des parcelles parallèles, qui représenteront des *essais comparatifs quasi parfaits*.

Mais j'estime aussi que ces « microessais » des deux premières années de l'amélioration sont très avantageusement confirmés par 2-3 années d'essais comparatifs plus étendus, constitués par des parcelles allongées de 1 à 3 ares, plusieurs fois répétées et avec témoins.

Quand on met ainsi en compétition plusieurs petites parcelles, deux à trois fois répétées pour la même lignée, il faut naturellement avoir soin de répartir les séries de façon à ce que les diverses répétitions tombent à des emplacements divers de la sole, afin d'éliminer autant que possible l'influence que pourraient avoir sur les rendements les petites différences dans la constitution physique ou chimique du sol. Le plan de la fig. 51 représente un modèle de répartition, dans le cas où le nombre de lignées en comparaison serait restreint.

Si, comme c'est généralement le cas, ce nombre est plutôt élevé, cette répartition se réalise le plus souvent « automatiquement » quand, après avoir distribué successivement les petites parcelles de la première série, le long de plusieurs bandes parallèles, on continue à semer la deuxième et, enfin, la troisième série.

1	2	3	4	5	S	A	B
5	S	A	B	1	2	3	4
3	4	5	S	A	B	1	2
S	A	B	1	2	3	4	5

Fig 51. — Disposition d'un essai comparatif avec **quadrap** e répétition des parce les ; 1 à 5, les cinq lignées en observation, S, la variété « Standard », A et B, deux variétés cultivées dans la région.



L'ERREUR PROBABLE

COMMENT CONCEVOIR LA THÉORIE DE L'ERREUR PROBABLE ?

Supposons qu'on veuille déterminer le rendement à l'are d'une nouvelle variété de céréale, obtenue par croisement. La façon la plus simple de procéder serait d'ensemencer, au moyen de cette variété, une parcelle exactement délimitée, d'en battre la récolte et de peser le grain.

Mais supposons ensuite que nous répétions le même essai sur la même parcelle, dans des conditions paraissant même identiques, obtiendrons-nous encore le même rendement ? Exactement, non !

Si, dans un essai comparatif entre plusieurs variétés, on répète un certain nombre de fois, sur l'étendue de la sole, chaque lignée en comparaison, les résultats, pour une même lignée, s'écarteront encore davantage les uns des autres, que dans l'essai ci-dessus, à cause des erreurs d'expérimentation.

Ces causes d'erreurs peuvent être *systématiques* (différences dans la constitution physique ou la composition chimique du sol — différences saisonnières — différences climatériques d'une année à l'autre, surtout dans les climats marins — inégalité dans la faculté et l'énergie germinatives, etc) ou *occasionnelles, accidentelles* (différences dans l'exécution technique des essais, d'après

le personnel employé — erreurs de calculs, de pesées — dommages et maladies éventuelles, etc.)

Si l'on effectue plusieurs essais, on obtiendra une série de rendements fluctuants autour d'une *moyenne*, de telle façon que si on les arrangeait autour de cette moyenne, d'après la grandeur des déviations, l'on obtiendrait une courbe semblable à la courbe normale de la variation. C'est cette moyenne qui est utilisée pour exprimer la valeur « rendement », pour la lignée en cause.

Cette moyenne elle-même est donc déterminée d'après un ensemble de variables; il est donc impossible de l'établir d'une manière absolument exacte. **Pour** mesurer la grandeur de cette variabilité, on fait intervenir une autre notion, celle de l'erreur probable.

Cette erreur probable, quand elle est ajoutée à une moyenne ou à toute autre quantité ou qu'elle en est retranchée, détermine les limites entre lesquelles on a autant de chances de voir tomber l'exakte valeur de cette moyenne que de la voir tomber en dehors d'elles.

L'erreur probable est donc la mesure de la confiance que nous pouvons avoir ou non dans le résultat d'un essai; elle nous dira si les différences enregistrées lors d'un essai sont « *significatives* » ou non, c'est-à-dire reflètent ou non une différence *réelle* dans la valeur des lignées ou variétés en cause, ou bien si ces différences sont plutôt dues à des erreurs commises lors de l'exécution des essais.

Un exemple fera immédiatement comprendre la grande utilité de cette notion, dans l'interprétation des essais comparatifs.

Soit 36.50 kg. à l'are le rendement moyen de 5 parcelles de la même lignée de froment, avec une erreur probable (E. P.) de 3.20 kg. cela veut dire qu'il y a 1 chance contre 1 que la moyenne exacte se trouve entre 33.3 kg. et 39.7 kg. à l'are. Pour que le rendement d'une autre lignée, faisant partie de cette même série d'essais, puisse être considérée comme étant vraiment inférieur ou supérieur à celui de la lignée en question, il faut que la différence de rendement entre les deux lignées soit, au moins, égale à 3 ou 4 fois l'erreur probable.

Quand la différence est égale à l'E. P., il y a autant de chances, que cette différence est due à une erreur d'expérimentation que de chances qu'elle est due à une différence réelle dans la valeur : donc nulle certitude à ce sujet. Si la différence est égale à deux fois l'E. P., les mêmes chances sont 1 : 4.6; quand elle vaut trois fois cette erreur, les chances deviennent 1 : 22.5. Normalement, on tient pour satisfaisantes des différences de 3-4 fois l'E. P.

Supposons qu'on veuille comparer 2 variétés A et B, au point de vue rendement, chacune étant semée sur 5 parcelles. Le rendement moyen de A est de 42.8 kg. à l'are, celui de B de 38.6 kg., différence : 4.2 kg. à l'are. Cette différence sera-t-elle « *significative* » ? Il y aurait lieu de le croire; mais examinons les choses à la lumière de l'E. P., celle-ci étant, par exemple, de 2.4 kg. pour A et de 1.6 kg. pour B. Cela veut dire que si nous répétions plusieurs fois le même essai, les résultats tomberaient entre 42.8 kg. \pm 2.4 kg. pour A et entre 38.6 kg. \pm 1.6 kg. pour B, soit, respectivement, entre 40.4 kg. et 45.2 kg. à l'are pour la variété A, et entre 37 kg. et 40.2 kg. pour B. **L'on**

voit que l'écart entre 40.4 kg. (minimum de A) et 40.2 kg. (maximum de B) est insignifiant.

Si l'on détermine l'E. P. de la différence entre les deux moyennes des lignées A et B (4.2 kg.), il faudrait que cette différence soit au moins égale à 3-4 fois l'E. P., pour qu'on puisse y trouver la preuve d'une réelle différence de valeur entre les deux lignées.

Pour déterminer la plus ou moins grande exactitude d'un essai, on exprime l'E. P. en % de la moyenne, p. ex. 9 kg. \pm 0.3 = 3.3 %. RŒMER dit qu'auparavant les essais comparatifs accusaient des erreurs atteignant 5-6 % erreurs que le perfectionnement des méthodes actuelles réduit à 1.5 - 2 %.

*
**

MÉTHODES POUR CALCULER L'E. P.

C'est des nombreuses dissertations de LOVE (II à 15) et de HAYES (5), respectivement directeurs des Stations d'Amélioration des Plantes de la Cornell University à Ithaca (N. Y.) et de l'Université du Minnesota à Saint-Paul, que j'ai extrait les principales formules que les biométriciens ont établies pour calculer l'E. P., celles auxquelles les Américains ont donné les noms de formules de Bessel, de Peter et de Student.

Formules dites de Bessel.

C'est la vieille formule de l'E. P., telle qu'on la trouve dans tous les traités :

$$E. P. _i = e = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}$$

$$E. P. _m = E = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$$

où E. P., ou e = Erreur probable d'un résultat isolé d'une série d'observations.

E. P. _m ou E = Erreur probable de la moyenne d'une série d'observations.

E = Signe de sommation ou de totalisation.

d = Différences (écarts, déviations) entre chaque résultat et la moyenne.

n = nombre de résultats ou d'observations.

On aura déjà remarqué l'analogie très prononcée existant entre cette formule de l'E. P. et celle de la « *déviatiion type* » (ou « écart-étalon » des français), mesure de la variabilité (voir pp. 30-32) : $\sigma = \frac{E P_{D2}}{2}$

Les fluctuations des rendements autour d'une moyenne, dans les essais comparatifs, suivent les lois du hasard et peuvent être représentées par des courbes de fréquence analogues aux courbes de variabilité. Ces fluctuations sont appelées ici des *erreurs* et s'expriment par les mêmes formules.

D'où utilisation d'une mesure commune, la *déviatiion-type*, avec quelques

légères modifications : $E. P. i = e = 0.6745$, avec suppression de p (p étant ici égale à l'unité) et remplacement du diviseur n par le diviseur $n-1$, parce qu'on suppose qu'un des rendements correspond avec la moyenne (écart nul). D'ailleurs, si le nombre de résultats est assez élevé, la division par $n-1$ donnera un quotient presque identique à celui que donnerait la division par n .

En ce qui concerne l' $E. P.$ dont est affectée une moyenne de plusieurs résultats ($E. P. m$ ou E), elle est égale à $\frac{E. P. i}{\sqrt{n}}$ soit $\pm 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$

Formules de Peter.

$$E. P. \text{ ou } e = \pm 0.8453 \frac{-(+d)}{\sqrt{n(n-1)}}$$

$$E. P. m \text{ ou } E = \pm 0.8453 \frac{(+d)}{n \sqrt{n-1}}$$

où $(+d)$ indique que les écarts sont à totaliser sans faire attention au signe.

De la formule de Bessel, celle de Peter ne se distingue qu'en ceci, c'est que la deuxième est basée sur l'écart moyen de la moyenne $\left(\frac{\sum (+fd)}{n} \right)$, alors que la première dérive, comme nous venons de le voir, de la déviation-type.

Voici un exemple d'application des deux formules : il s'agit des rendements de 6 parcelles, chacune de 1.50 a., occupées, dans un essai comparatif, par une même lignée de froment :

N° des parcelles.	Rendement en grain, par parcelle.	d (écart de la moyenne).	d ²
1	71.4	0.5	0.3
2	72.8	1.9	3.6
3	69.4	- 1.5	2.3
4	70.0	- 0.9	0.8
5	68.8	- 2.1	4.4
6	73.2	2.3	5.3
Total = 425.6		$\sum(+d) = 9.2$	$\sum d^2 = 16.7$

M (moyenne) = 70.9.

Calcul de l' $E. P.$ d'après la formule Bessel :

$$E. P. i = e = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{16.7}{5}} = \pm 0.6745 \sqrt{3.3} \\ = \pm 0.6745 \times 1.82 = \pm 1.22$$

$$E. P. m = E = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{16.7}{n}} = \pm 0.6745 \sqrt{0.56} \\ = \pm 0.6745 \times 0.75 = \pm 0.51.$$

Calcul de l'E. P. d'après la formule Peter :

$$\begin{aligned} \text{E. P. } i = e &= 0.8453 \times \frac{9.2}{\sqrt{30}} = \pm 0.8453 \times 5.5 \\ &= \pm 0.8453 \times 1.7 = \pm 1.44. \\ \text{E. P. } m = E &= \pm 0.8453 \times \frac{9.2}{\sqrt{5}} = \pm 0.8453 \times 3.92 \\ &= \pm 0.8453 \times 0.7 = \pm 0.59. \end{aligned}$$

Remarquons que les deux méthodes nous donnent des valeurs de l'E. P. sensiblement égales, respectivement ± 1.22 et 1.44 pour e et ± 0.51 et 0.59 pour E .

Dans un essai comparatif, c'est généralement la moyenne d'un certain nombre de résultats qu'on prend comme base de comparaison. Discutons donc l'E. P. m , (ou E) trouvée dans l'exemple ci-dessus. La moyenne des rendements des 6 parcelles est affectée d'une E. P. de 0.51 kg. (Bessel) ; elle est donc de 70.9 kg. ± 0.51 kg. On aura autant de chances de voir tomber l'exacte valeur de cette moyenne entre 70.4 kg. et 71.4 kg., que de la voir tomber en dehors de ces limites : 50% des observations se trouvent entre ces limites et 50% en dehors d'elles.

L'E. P. représente ici 0.7% de la moyenne arithmétique (M), ce qui est une valeur qui n'est que rarement atteinte dans la pratique.

Cette E. P. exprimée en $\%$ de la moyenne est une très bonne mesure de l'exactitude d'un essai. ROEMER estime que dans beaucoup d'exploitations privées, cette exactitude ne dépasse guère une E. P. de 10% , alors qu'on doit exiger au moins 6% .

La technique des essais comparatifs doit être perfectionnée de plus en plus; à Halle-sur-Saale, où opère Roemer, l'exactitude des essais, qui, en 1920, pour le froment de printemps, l'avoine, la betterave sucrière et la betterave fourragère, était respectivement de 3.36% , 4.16% , 2.75% et 3% , passait, en 1923, grâce à des améliorations successives dans les détails techniques, à 1.24% , 1.68% , 1.31% et 2.48% .

La répétition des parcelles parallèles, pour une même variété ou lignée est un des moyens que nous avons préconisés pour diminuer les erreurs d'expérimentation : en effet, si nous atteignons, en moyenne, pour une observation isolée, une E. P. de 6% , l'utilisation de 4 répétitions réduira cette E. P. à 3 (d'après la formule $6 : 1/4$) et celle de 8 répétitions à 2.8% .

E. P. D'UNE DIFFÉRENCE. - Dans des essais comparatifs, il s'agit, essentiellement, de déterminer les différences de rendements existant entre plusieurs lignées.

Afin de contrôler l'exactitude d'un essai et de voir si les différences entre les diverses variétés ou lignées en observation, ou entre ces lignées ou variétés et les « témoins » sont « significatives » c'est-à-dire dues à de réelles différen-

ces dans leur valeur et non à des erreurs d'observation, il faut calculer l'E. P. des différences observées.

Cette E. P. d'une différence est égale à la racine carrée de la somme des carrés des erreurs probables des deux moyennes, soit

$$E. P. d \text{ ou } E. d = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

ou E. r = E. P. de la moyenne de la première lignée.
 E₂ = » » deuxième lignée.

Exemple : Comparaison entre deux lignées de froment d'hiver : la lignée 18 et la lignée 21.

Rendement moyen de 4 parcelles de la lignée 18 : 96.5 kg. ± 3.8 kg., et celui de la lignée 21 : 89.2 kg. ± 3.2 kg.

La différence de rendement : 7.3 kg.

E. P. de cette différence :

$$\sqrt{3.8^2 + 3.2^2} = \pm \sqrt{14.44 + 10.24} = \pm \sqrt{24.68} = \pm 5.0 \text{ kg.}$$

nous aurons donc : 7.3 kg. ± 5 kg.

Cette différence en fonction de l'E. P. est donc de $\frac{7.3}{5.0} = 1.5$ E. P., valeur tout à fait insuffisante : des tables spéciales nous renseignent, en effet, que, pour cette valeur, sur 10.000 cas, il y a seulement 6883 chances contre 3117 que la différence est « significative » et non due à des erreurs d'observations, soit 2.21 : 1.

Si l'E. P. de la différence de 7.3 kg. était elle-même de ± 7.3 kg., la différence en fonction de l'E. P. serait de 1 E. P. et les chances en question seraient de 1 : 1.

Pour qu'une différence soit significative l'on admet qu'elle doit être au moins égale à 3 fois l'E. P. : dans ce cas, les probabilités sont de 22.3 : 1, c'est-à-dire qu'il y a 22.3 probabilités que cette différence est réelle contre 1 qu'elle est due à la variabilité normale, à des erreurs d'expérimentation.

On trouvera, page 183, quelques extraits d'un tableau donnant diverses probabilités.

Formule de Student (1).

L'emploi des formules ordinaires de l'E. P. a été critiqué dans certains cas spéciaux, tels que ceux-ci : supposons qu'interviennent, dans un essai, des *erreurs systématiques* dues à une grande hétérogénéité du sol ou encore que des essais — cas qui se réalisent souvent — s'étendent sur une période de plusieurs années, à allure saisonnière très différente ou s'effectuent en des em-

(1) D'après un travail paru dans la revue « *Biometrika* » en 1903, sous la signature anonyme « Student ».

Ecart en fonction de l'E. P. D E. P.	Sur 10.000 cas		PROBALITÉ
	Chances que la différence est due au hasard	Chances que la différence est « significative	
0.00 E. P.	10000	0	∞
0.10	9462	538	18 : 1
0.50	7359	2641	2,8 : 1
1.00	5000	5000	1 : 1
1.10	4581	5419	1 : 1,18
1.50	3117	6883	1 : 2,21
1.70	2515	7485	1 : 2,98
2.00	1773	8227	1 : 4,64
2.50	918	9082	1 : 9,89
2.70	686	9314	1 : 13,58
3.00	430	9570	1 : 22,26
3.25	284	9716	1 : 34,21
3.50	182	9818	1 : 53,95
3.75	114	9886	1 : 86,72
4.00	70	9930	1 : 141,86
5.00	7	9993	1 : 1427,57

placements très divers, la même année, dans ces cas l'E. P., calculée d'après les méthodes Bessel ou Peter, sera beaucoup trop élevée et il faudra, entre les variétés ou lignées en compétition, des différences de rendement bien trop considérables pour qu'elles dépassent 3 ou 4 fois l'E. P.

Voici une application de la formule de Student, empruntée à LOVE et BRUNSON (15), qui montre le mécanisme de cette méthode : il s'agit des résultats de six essais sur deux variétés (A et B) (six parcelles parallèles par variété, sur une sole très hétérogène ou rendements moyens annuels des deux variétés, pendant six années consécutives), les rendements étant exprimés en boisseaux par acre. On verra qu'il s'agit de déterminer, non pas les déviations de la moyenne des rendements, mais les écarts d'avec la moyenne des déviations d'essais *appariés* (rangés 2 par 2).

Variétés		d	d'	d ²
A	B	(B-A)	(Diff. avec M)	
79.6	77.2	— 2.4	9.5	90.25
49.7	53.5	3.8	3.3	10.89
46.5	66.1	19.6	12.5	156.25
63.8	65.8	2.0	5.1	26.01
42.4	52.4	10.0	2.9	8.41
49.7	57.3	9.6	2.5	6.25
		+ 45.0		298.06
		— 2.4		6
— M = $\frac{42.6}{6} = 7.1$		42.6		— 49.677

$$\sigma = 1 / 49.677 = 7.05$$

$$z = \frac{M - 7.1}{\sigma} = \frac{7.05 - 7.05}{7.05} = 1.007$$

Dans des tables *ad hoc*, on trouvera que si $Z = 1.007$ pour n (nombre d'observations) = 6, il y a 25.8 chances contre 1, que la différence de 7.1 boisseaux entre les deux variétés A et B est « significative », c'est-à-dire est due à une différence réelle de valeur entre A et B

Un bel exemple d'opportunité d'application de la formule Student — alors que les formules ordinaires se montrent ici inapplicables — est donné par ces expérimentateurs américains dans leur travail sur l'interprétation des essais appariés (15). Je ne puis m'empêcher de le reproduire ici :

Il s'agit des rendements donnés par 2 variétés d'avoine, en neuf ans :

E. P. calculé d'après Bessel :

Rendements moyens des 9 années (1912 à 1920) :

Variété « Great Northern » : 58.2 boisseaux \pm 3.05 b.

» « Big Four » : 50.8 » - 2.26 b.

Différence entre les deux variétés : 7.4 b. \pm 3.80 b.

$$\begin{array}{r} \text{Différence} \quad 7.4 \\ \text{E. P.} \quad = 3.8 \end{array} = 1.95$$

Probabilité : 4.3 : 1, soit une probabilité beaucoup trop petite pour qu'on puisse dire avec certitude que les différences entre les rendements des deux variétés sont significatives, et *cependant, chacune des neuf années, la variété « Great Northern » l'emportait sur « Big Four » !*

Certains auteurs semblent accepter, comme une valeur définitive, la moyenne d'une série de plusieurs années de rendements parcellaires. Or, une telle moyenne est obtenue d'après un ensemble de variables et ne peut qu'exprimer la moyenne autour de laquelle ces variables fluctuent. Les résultats annuels sont des faits isolés, dont la valeur dépend des conditions saisonnières et de la fertilité des parcelles. Il faut « apparier » les rendements *annuels* des 2 variétés : or les formules de Bessel et de Peter ne font pas attention à cet appariement des résultats de chaque année, *dans l'ordre où ces résultats se présentent.*

Appliquant, au contraire, à cette série d'essais la formule de Student, qui est basée sur la différence des rendements *annuels*, LOVE et BRUNSON obtien-

nent comme valeur de Z : $\frac{7.4}{4.68} = 1.58$, valeur correspondant à une

probabilité de 908 : 1, c'est-à-dire qu'il y a 908 chances que la différence de rendements entre les deux variétés d'avoines « Great Northern » et « Big Four » soit due à une réelle différence de valeur intrinsèque, en faveur de la première variété, contre 1 chance que cette différence n'est due qu'à des erreurs d'expérimentation.

*
**

Une méthode qui a beaucoup d'analogie avec la précédente est celle de **WOOD** et **STRATTON** (22), méthode *qui exclue l'emploi des « témoins »*; elle est, comme celle de Student, basée sur l'appariement des résultats, deux à deux.

Supposons qu'on compare un certain nombre de lignées, à raison de 4 répétitions (4 parcelles parallèles) par lignée.

Pour chaque lignée, on détermine le rendement moyen entre la 1^{re} et la 2e parcelle parallèle, et entre la 3e et la 4e; on calcule ensuite l'écart entre les rendements de chaque parcelle formant un couple et la moyenne et on exprime cet écart en % des moyennes.

La somme de tous ces écarts exprimés en % est alors divisée par le nombre *n* de couples; le produit obtenu en multipliant le rendement moyen de toutes les parcelles par ce quotient divisé par 100 représente l'**E. P.** du rendement pour chaque parcelle isolée.

Un exemple fera mieux saisir la technique de la méthode :

Lignée	Parcelles	Rendement	oyenne par couple	Ecart entre les z rendements et leur moyenne	Ecart en % de la moyenne
N° 18	a	69 kg.	70.5	1.5	2.1
		72			
	d	71	73.0	2.0	2.7
		75			
	Total	287		3.5	4.8
	Moyennes	71.8		1.8	2.4
		$\frac{71.8 \times 2.4}{100} = 1.72 = \text{E. P. de chaque observation}$			

Cette formule peut être appliquée soit à un essai comparatif s'étendant, pendant une année, à un certain nombre de lignées, et alors surtout en un sol très hétérogène, soit à des essais reportés sur plusieurs années. Ajoutons encore qu'aux Etats-Unis son utilisation est préconisée dans les essais en lignes ou par groupes de 3-4 lignes, où le nombre de répétitions peut être très élevé.

A la station de Saint-Paul du Minnesota, **HAYES** et **GARBER** (7) emploient cette formule en vue de déterminer quelles sont les lignées à éliminer de l'amélioration : dans ce but, ils multiplient par 3 le quotient obtenu en divisant l'**E. P.** calculée d'après la formule Wood et Stratton, par la racine carrée du nombre d'observations, soit, dans le cas ci-dessus :

$$\frac{1.72}{4} \times 3 = 2.6 \text{ kg.}$$

Ce nombre est alors retranché du rendement le plus élevé des séries annuelles ou du rendement le plus élevé des 3-4 années qu'a duré l'expérience; et toutes les lignées dont la valeur, au point de vue rendement, est inférieure à ce nombre sont éliminées.

A la station susdite, on emploie de préférence une modification de la méthode Wood et Stratton, qui consiste à élever au carré l'écart en % de la moyenne, avant sa division par le nombre de « paires », puis à extraire la racine carrée du quotient.

Ecart en % de la moyenne	Carré de cet écart	
2.1	4.4	
2.7	7.3	
Total : 4.8	11.7	
Moyenne : 2.4	5.9	$\sqrt{5.9} = 2.4 \text{ kg.}$ $\frac{2.4}{\sqrt{4}} \times 3 = 3.6 \text{ kg.}$

Les témoins théoriques.

Nous avons décrit (pp. 67-72) la méthode par *lignes* qu'ont adoptée la plupart des stations d'amélioration des Etats-Unis; l'interprétation des résultats repose, dans cette méthode, presque exclusivement sur des déterminations assez compliquées de l'E. P.

Voici un exemple montrant certains détails d'application de la méthode utilisée à la Station d'Amélioration de la Cornell University :

Stade des 10 lignes non adjacentes, par lignée, avec intercalation chaque 5e ligne d'une ligne « témoin ».

Calcul, pour chaque lignée, du rendement moyen des 10 lignes. — Calcul, pour ce rendement moyen, de l'E. P., par la méthode Bessel. — Calcul du rendement moyen de chaque ensemble de 10 témoins. — Calcul de l'E. P. de ce rendement moyen. — Calcul de l'E. P. moyenne de tous les témoins, par la détermination de la moyenne de tous les E. P. %. — Application de cette E. P. (exprimée en %), aux *témoins théoriques* : ceux-ci sont basés sur la graduation supposée régulière du sol entre deux témoins avoisinants, ou, ce qui revient au même, sur l'accroissement (ou la diminution) régulière du rendement entre les deux témoins.

	Rendement			
Ex. 1 ^{er} témoin :	24.4			
2 ^e » :	21.1	24.4 — 21.1	3.3	
Entre les 2 témoins 4		5	5	— 0.66
lignées en observation				

d'où

1^{er} témoin réel : 24.4
 4 témoins théoriques successifs : 23.7 — 23.1 — 22.4 — 21.8
 20 témoin réel : 21.1

E. P. moyenne de tous les témoins, l'année de l'essai : 4.7 %.

Application de cette E. P. moyenne à chaque témoin théorique :

23.7	X	4.7	1.11,	d'où	23.7	±	1.11
23.1	X	4.7	1.09,	d'où	23.1	±	1.09
22.4	X	4.7	1.05,	d'où	22.4	±	1.05
21.8	X	4.7	1.02,	d'où	21.8	±	1.02

La différence entre le rendement réel de chaque lignée en observation et celui du « témoin théorique » correspondant nous renseignera sur la valeur de celle-là : chacune de ces différences en plus ou en moins (gain ou perte) est affectée, à son tour, d'une E. P. calculée d'après la formule connue

$$E. P. d = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}.$$

Voici, à titre documentaire, un extrait de l'analyse d'une récolte (stade des 10 lignes) à la Station de la Cornell University à Ithaca (N. Y.) :

Variété ou lignée	Rendements des 10 répétitions en boisseaux par acre									
Témoin	25.9	19.5	28.0	19.9	20.0	21.0	31.3	18.2	25.4	35.0
Fulcaster	25.9	23.0	27.3	28.2	35.2	27.2	37.2	22.0	26.0	38.8
Sélection 133-115	31.1	24.5	30.2	29.1	35.8	30.0	43.1	28.0	29.7	46.3
» 133-114	20.2	15.5	27.3	26.1	35.5	36.3	30.4	25.7	20.0	33.7
» 133-229	29.3	21.3	30.7	30.2	36.4	37.4	35.6	27.8	24.7	36.3
Témoin	19.0	20.4	18.1	24.3	24.6	18.9	23.6	18.8	15.4	28.3

	Rendement moyen par acre	Témoin théorique	Gain ou perte
	24.4		
Idem	29.1 ± 1.26	23.7 ± 1.11	5.4 ± 1.68
	32.8 ± 1.47	23.1 ± 1.09	9.7 ± 1.83
	27.1 ± 1.50	22.4 ± 1.85	4.7 ± 1.83
	31.0 ± 1.16	21.8 ± 1.02	9.2 ± 1.54
	21.1		

Les résultats sont interprétés dans ce sens, qu'aucun gain ou aucune perte ne seront considérés comme étant « significatifs » (dus à des différences **variétales**, et non pas à des erreurs d'expérimentation), s'ils ne sont au moins égaux à 3 fois l'E. P.

**

Nous venons de voir, dans les pages précédentes, les diverses formules utilisées par les expérimentateurs, américains surtout, pour mesurer l'exactitude des essais comparatifs; voyons maintenant quelles sont les idées de **ROEMER** (18) à ce sujet. Le distingué professeur de Halle ne voit dans l'emploi des formules de l'E. P.

$$t = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}, \quad t = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}} \text{ qu'un}$$

seul avantage, celui de déterminer les limites entre lesquelles se trouvent 50 des observations, avantage qui ne justifie pas à ses yeux la complication de la multiplication par la constante 0.6745.

Aussi préconise-t-il, pour mesurer l'erreur d'une *observation isolée*, l'emploi de l'écart-étalon (*déviatiion type* ou *déviatiion standard*), dans la formule duquel on change simplement le dénominateur n en $n-1$, soit $\sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}$ et, surtout, l'emploi de cet écart exprimé en % de la valeur que l'on veut corriger (en % : *coefficient de variation = y*); c'est l'erreur d'une *moyenne* (m) ($\frac{\sum d^2}{n(n-1)}$ ou $\sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$) et surtout cette erreur exprimée en % de la moyenne (m %) que ROEMER estime être la meilleure mesure du degré d'exactitude d'un essai, (elle ne peut dépasser 3 %) à condition que le nombre de répétitions (parcelles parallèles) soit le même pour chaque variété ou lignée en compétition; sinon, il faudrait utiliser 7.

Roemer est même d'avis que, pratiquement, une formule encore plus simple peut être d'une utilisation suffisamment exacte, celle de l'Erreur moyenne d'une moyenne :

$$\frac{\sum d}{(n-1) \sqrt{n}}$$

formule d'application rapide, facile, sans élévation à une puissance quelconque et sans extraction compliquée de racine, les $\sqrt{\quad}$ des nombres simples exprimant les répétitions de parcelles, étant déterminées une fois pour toutes (1).

Si nous déterminons l'erreur de l'essai de la page 180, au moyen des quatre principales méthodes que nous avons développées, nous enregistrons les résultats suivants :

Bessel : E. P. $m = 0.51$

Peter id. $= 0.59$

$$\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.70$$

E. moyenne de la moyenne : 0.75

Pour la détermination de l'erreur d'une différence, Roemer emploie aussi une formule simplifiée : $E \frac{1}{2}$, c'est-à-dire la moyenne arithmétique entre les erreurs des deux résultats.

Ex. : Variété A : 4.5 kg. ± 0.6

id. B : 3.8 kg. ± 0.4

Différence : A — B : 0.7 kg. $\pm \frac{0.6 + 0.4}{2} = 0.7$ kg. ± 0.5 kg.

(1) $\sqrt{2} = 1.41$; $\sqrt{3} = 1.73$; $\sqrt[3]{4} = 2$; $\sqrt[3]{5} = 2.24$; $\sqrt{6} = 2.45$; $\sqrt[3]{7} = 2.65$
 $\sqrt{8} = 2.83$; $\sqrt{9} = 3$; $\sqrt{10} = 3.16$.

La différence de rendement entre les deux variétés étant ici inférieure à *deux* fois son erreur, elle n'est pas considérée par Roemer comme étant suffisamment établie.

En ce qui concerne des essais faits en divers emplacements ou pendant une période de quelques années (3 à 5), **Roemer** préconise la méthode suédoise, dans laquelle les rendements sont calculés en comparaison avec une variété ou une lignée *témoin* (« standard »), dont la valeur est considérée = 100 et qui est répétée dans tous les essais de chaque année.

Bibliographie des essais comparatifs de rendements.

On trouvera des listes bibliographiques très étendues dans Roemer (18) — surtout de travaux d'auteurs allemands, Mitscherlich, par exemple — et dans Swederski (21) et Zaleski (23) — pour ce qui concerne la Pologne.

Voici une série de travaux, la plupart très récents, qui m'ont fourni une large documentation (*les nombres, entre parenthèses, qui, dans les pages qui précèdent, suivent les noms d'auteurs, se rapportent aux numéros d'ordre ci-dessous*) :

1. ARNY A. C. — 1922. — *Border effect and ways of avoiding it.* (Les effets de bordure et les moyens pour les éviter).
Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy, 14, n° 7, 1922, pp. 266-278.
2. ARNY A. C. et HAYES H. K. — 1918. — *Experiments in field technic in plot tests.* (Essai sur la technique de l'expérimentation sur parcelles en plein champ).
Journ. of agricult. Research, 15, n° 4, 1918, pp. 251-262.
3. BOEUF F. — 1927. — *Eléments de biologie et de génétique appliqués à l'amélioration des plantes cultivées.*
(Tunis, 1927, 272 p.)
4. GRÉGOIRE ACH. — 1912. — *Les recherches agronomiques et l'interprétation de leurs résultats.*
(*Annales de Gembloux*, 1912, 78 p.)
5. HAYES H. K. — 1923. — *Controlling experimental error in nursery trials.* (Le contrôle de l'erreur expérimentale dans les essais en petites parcelles ou en lignes).
Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy, 15, 1923, n° 5, pp. 177-192.
6. HAYES H. K. et ARNY A. C. — 1917 — *Experiments in field technic in rod row tests.* (Essais sur la technique de l'expérimentation en plein champ, méthode par lignes).
Journ. of agricult. Research, II, n° 9, 1917, pp. 399-419).
7. HAYES H. K. et GARBER R. J. — 1919. — *Breeding small grains in Minnesota. Part I. Technic and results with wheat and oats.* (L'amélioration des céréales au Minnesota. i^{re} partie : La technique et les résultats avec le froment et l'orge).
(*The University of Minnesota Agricult. Experiment Station, Bull.* 182, 44 pages, 1919) .

8. **KIESSELBACH** T. A. — 1918. — *Studies concerning the elimination of experimental error in comparative crop tests.* (Études sur l'élimination de l'erreur expérimentale dans les essais comparatifs de rendements). (*Nebraska Agricult. Experiment Station, Research Bull.* **13**, 95 p., 1918).
9. **KOSTECKI**. — 1927. — *Sur les modes d'ensemencement des champs comparatifs, avec les variétés de céréales.* (*Bull. de l'Assoc. internat. des Sélectionneurs*, r, n° 1, pp. 16-25, Gembloux et Paris, 1927).
10. **KRANTZ** F. A. — *Further studies in field plot technic in potato yield tests.* (Nouvelles études sur la technique des essais comparatifs de rendements chez la pomme de terre). (*Proc. of the 30th Annual Meeting of the Potato Assoc. of America*, pp. 174-179).
11. **LOVE** H. H. — 1922. — *The application of probable error to agricultural experimentation.* (L'application de l'erreur probable à l'expérimentation agricole). (*Proc. of the 36th annual convention of the Assoc. of Land-Grant colleges*, pp. 129-140, 1922).
12. **LOVE** H. H. — 1923. — *The importance of the probable error concept in the interpretation of experimental results.* (L'importance du concept de l'erreur probable dans l'interprétation des résultats expérimentaux). (*Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy*, **15**, pp. 217-224, 1923).
13. **LOVE** H. H. — 1924. — *A modification of Student's table for use in interpreting experimental results.* (Une modification de la table de Student en vue de son utilisation dans l'interprétation des résultats expérimentaux). (Idem, **16**, n° 1, 1924).
14. **LOVE** H. H. — 1924. — *The role of Statistics in agronomic experimentation.* (Le rôle de la Statistique dans l'expérimentation agricole). (*Scientific Agriculture*, **5**, n° 3, pp. 84-92, 1924).
15. **LOVE** H. H. et **BRUNSON** A. M. — 1924. — *Student's method for interpreting paired experiments.* (La méthode de Student et l'interprétation des essais appariés). (*Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy*, **16**, n° 1, 1924).
16. **LOVE** H. H. et **CRAIG** W. T. — 1924. — *Methods now in use in cereal breeding and testing at the Cornell Agricultural Experiment Station.* (Méthodes actuellement en usage à la Station Agronomique expérimentale de l'Université Cornell, pour l'amélioration et l'essai des céréales). (Idem, **16**, pp. 109-127, 1924).
17. **MYERS** C. H. et **PERRY** F. R. — 1923. — *Analysis and interpretation of data obtained in comparative tests of potatoes.* (Analyse et interprétation de données fournies par des essais comparatifs sur pommes de terre). (Idem, **15**, n° 6, pp. 239-253, 1923).

18. R **EMER** TH. — 1925. — *Der Feldversuch. Eine kritische Studie auf naturwissenschaftlich-mathematischer Grundlage.* (L'essai en plein champ. Une étude critique sur des bases scientifiques et mathématiques).
(*Arbeiten der D. L. G.*, n° 302, 2^e édition, 132 p., 1 carte avec liste bibliographique de 176 numéros, Berlin, P. **Parey**, 1925).
 19. R **EMER** TH. — 1928. — *Leistungsprüfungen.* (Les essais comparatifs de rendements).
(*Bull. de l'Assoc. internat. des Sélectionneurs*, I, n° 4, 1928).
 20. S **CHARNAGEL**. — 1924. — *Zur Technik der Stammes — und Sortenprüfung in Zuchtwirtschaften und Versuchstationen.* (Contribution à la technique des essais de lignées et de variétés dans les établissements de sélection et les stations de recherches).
(*Mitteil. d. D. L. G.*, 39, 1924).
 21. S **WEDERSKI** W. — 1927. — *Bibliographie de l'expérimentation agricole polonaise.*
(Varsovie et **Lwów**, 3.036 titres, 1927).
 22. W **OOD** T. B. et S **TRATTON** F. J. M. — 1910. — *The interpretation of experimental results.* (L'interprétation des résultats expérimentaux).
(*Journ. of Agricult. Science*, 3, pp. 415-440, 1910).
 23. Z **ALESKI** E. — 1928. — *Liste des publications polonaises les plus importantes, relatives à l'expérimentation agricole.*
(*Bull. de l'Assoc. internation. des Sélectionneurs*, I, n° 3, pp. 139-147, 1928).
- Ajoutons encore les travaux suivants pour la documentation de ceux qui veulent pénétrer davantage encore dans l'étude des diverses méthodes de détermination des erreurs d'expérimentation
24. H **AYES** H. K. et I **MMER** F. R. — 1928 — *A study of probable error methods in field experiments.* (Une étude des diverses méthodes de détermination de l'erreur probable dans les essais en plein champ).
(*Scientific Agriculture*, 8, n° 6, pp. 345-352, 1928).
 25. R **ICHEV** F. D. — 1924 — *Adjusting yields to their regression on a moving average as a means of correcting for soil heterogeneity.* (La correction de l'hétérogénéité du sol par l'ajustement des rendements à leur retour vers une moyenne mobile).
(*ourn. of agric. Research*, 27, pp. 79-30, 1924).
 26. R **ICHV** F. D. — 1926. — *The moving average as a basis for measuring correlated variation in agronomic experiments.* (La moyenne mobile comme base de la mesure de la variabilité corrélative dans les essais agronomiques).
(*Idem*, 32, pp. 1161-1175, 1926).
-

APPENDICE II

La production des semences améliorées. — Son contrôle. — La protection des nouveautés végétales.

Nous venons de voir, au cours des pages précédentes, quelles sont les **méthodes** générales que suivent les sélectionneurs, chercheurs de stations officielles d'amélioration, techniciens des entreprises privées, pour créer des races **perfectionnées** de plantes économiques.

Mais rien ne sert de créer des variétés améliorées : il faut savoir, en outre, assurer leur *diffusion* sûre, rapide parmi les cultivateurs et maintenir, par un *contrôle* sévère et bien conduit, leurs qualités et principalement leur pureté. De plus, il faut que des *lois protègent* le sélectionneur consciencieux contre la concurrence déloyale de collègues peu scrupuleux ou de marchands véreux, tout en lui assurant le bénéfice très sérieux auquel lui donnent droit les multiples années d'efforts continus, qu'il a dû réaliser avant de pouvoir lancer une variété améliorée nouvelle.

LA PRODUCTION DE SEMENCES AMÉLIORÉES ET SON **CONTROLE**. — La question de la production des semences améliorées et de leur lancement ne se pose pas, ici, pour les entreprises privées : c'est l'affaire du grand commerce. Il n'en est plus de même quand il s'agit des lignées améliorées, créées à une Station officielle de Recherches, où diffusion et contrôle doivent toujours aller de pair.

Voici les modalités que nous avons adoptées à **Gembloux** : aussitôt qu'une lignée nouvelle a été reconnue, au cours d'une longue période de sélection, comme étant absolument supérieure et après qu'éventuellement son adaptation à telle ou telle région spéciale a été établie par des cultures comparées à des sous-stations régionales, elle est mise à la disposition de la grande culture, simultanément par trois **méthodes** différentes :

1. Envoi, avec deux ou trois autres variétés, par petites quantités, généralement par 5 kg., à des expérimentateurs officiels, répartis dans tout le pays et désignés par les Agronomes de **l'Etat** (conseillers agricoles qui sont à la tête d'une « circonscription », à raison de deux ou trois **circonscriptions** par province), afin de prendre part aux essais de variétés, institués annuellement, par

l'Administration de l'Agriculture. Si dans ces essais, où la lignée en question entre, le plus souvent, en compétition avec des variétés étrangères, celle-ci s'avère supérieure, elle est adoptée, naturellement, par le cultivateur-expérimentateur, qui la répand parmi ses amis et, conseillée d'ailleurs par l'Agro-nome, elle essaimera rapidement dans la région.

Si, de cette manière, le but immédiat, c'est-à-dire la diffusion de la lignée, est atteint, au point de vue de la Station, cette méthode n'est pas toujours la meilleure. Ces essais, en effet, ne sont pas, jusqu'ici, conduits de manière à se rapprocher de l'exactitude requise dans de sérieux essais comparatifs de rendement. Très souvent aussi, la Station, ne pouvant réunir les renseignements nécessaires, ne peut suivre ses lignées et les perd rapidement de vue.

2. Répartition de la graine, au prorata des disponibilités, par quantités de 50 à 250 kg., entre des praticiens réputés, qui en font, au préalable, la demande. La Station leur impose, le plus souvent, comme condition, de soumettre la lignée à son contrôle (voir ci-dessous). Le but que la Station se propose est atteint; mais l'éparpillement des cultures à travers le pays rend le contrôle très difficile et disons-le, aléatoire.

3. Première multiplication des lignées qui sont destinées à entrer dans la grande culture, sous le contrôle constant de la Station, soit à la Ferme annexée à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux, soit chez un ou deux fermiers réputés de la région, auxquels on rachète la production, au prix de la graine commerciale, augmentée de 25 % environ.

Après cette première multiplication contrôlée, avant, pendant et après laquelle toutes les mesures pour le maintien de la pureté ont été prises, la graine est vendue à des *associations de producteurs*, qui la répartissent entre leurs associés. Ces associations envoient à la Station, chaque année, la liste de leurs membres, avec l'indication de la surface emblavée par chacun avec telle ou telle lignée. Quelque temps avant la maturité, la Station effectue un premier *contrôle sur pied*, qui porte principalement sur la *pureté de la variété* (la « franchise d'espèce », comme disent certains marchands *grainiers*), ainsi que sur la *résistance aux maladies*, et, accessoirement, sur la résistance à la verse, l'état de propreté de l'emblavure, etc. Un deuxième contrôle se fait chez chaque producteur associé, lors du *battage*, et un troisième, au siège même de l'Association, lors du *triage*, par un délégué permanent. Ce n'est qu'après avoir satisfait à ces trois épreuves que la graine est acceptée par la Station, cette acceptation étant ratifiée par l'introduction, dans chaque sac, d'un certificat et par l'apposition du plomb officiel. (Voir fig. 52 et 53).

Station officielle de Recherches
pour l'Amélioration des
A GEMBLoux

954

Commune de
Producteur : ... Paul Se ...
Sorte cultivée,
contrôlée sur pied
et au battage

ESCOURCEON 5
Professeur D naseaux

La Station certifie :

1° Que cette semence provient d'une lignée pure, produite à la dite Station
2. Qu'elle est pure.
3° Qu'elle est indemne de maladie.

Le Contrôleur au triage, Le Contrôleur au battage, Le Directeur de É Station



Fig. 52. — La carte-certificat d'authenticité délivrée par la Station officielle d'Amélioration des plantes.

(Cliché de l'Association Belge des Producteurs de Semences améliorées A. B. P. S. A.)

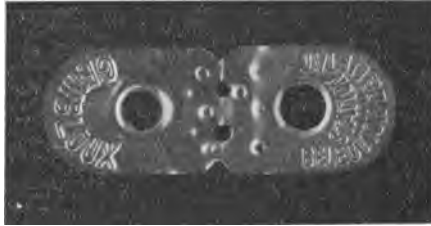


Fig. 53. — Le plomb de garantie de la Station.
(Cliché de l'A. B. P. S. A.)

Voici, à titre documentaire, le règlement (1) pour l'approbation des semences par la Station de Recherches pour l'Amélioration des Plantes, ainsi que les instructions pour le contrôle au battage et au triage.

Règlement pour l'approbation des semences par la Station des Recherches pour l'Amélioration des Plantes

Art. 1. — Afin de faire progresser la production des bonnes semences et leur commerce, la S. R. A. P. établit un contrôle de semences, graines et plants, ainsi qu'une expertise des plantes sur pied

(1) Règlement actuel, mais qui peut être modifié si les circonstances l'exigent.

Art. 2. — Le but de ce contrôle est de donner à l'acheteur de semences **reconnues** des garanties de bonne culture, d'origine, de pureté ainsi que de traitement rationnel, et de favoriser ainsi les intérêts des producteurs.

Art. 3. — Ce contrôle s'étend à tout producteur de semences qui satisfait aux conditions exigées par la S. R. A. P.

Art. 4. — Les producteurs ou les associations de producteurs de semences qui désirent soumettre leurs cultures à l'approbation de la Station, sont tenus d'en faire la demande écrite au Directeur de la Station au moins huit jours avant le semis.

Ils doivent s'engager à ne cultiver qu'une seule variété ou lignée. Dans des cas particuliers, plusieurs variétés ou lignées pourront être cultivées.

Art. 5. — Les demandes seront rédigées sur des formules *ad hoc* qui doivent être remplies très exactement, faute de quoi elles ne pourront être admises.

Les renseignements à fournir comporteront notamment le nom de la variété, le numéro de la lignée, son origine (semence originale, première ou deuxième jetée ou plus ancienne multiplication), la surface cultivée, la composition du sol, l'emplacement.

Art. 6. — Celui qui demande le contrôle de ses cultures doit payer une contribution de 5 francs par hectare de culture proposée.

Les parcelles plus petites que un hectare sont comptées pour un hectare.

En cas d'approbation, une seconde contribution de 5 francs par 100 kg. devra être versée au profit de la Station, lors du battage.

Art. 7. — Le Directeur de la Station désigne le personnel chargé de l'inspection des cultures et des contrôles ultérieurs.

Art. 8. — L'expertise des cultures sur pied se fait par l'inspecteur de la Station assisté, le cas échéant, par un ou plusieurs spécialistes.

Art. 9. — Les semences provenant des cultures approuvées seront l'objet d'un second contrôle au battage et, éventuellement, d'un troisième, au triage.

Ce n'est qu'alors qu'elles pourront recevoir le **certificat** définitif de reconnaissance.

Art. 10. — Des échantillons seront prélevés au battage et au triage par le délégué de la Station. Ils seront munis du numéro d'ordre du cultivateur et envoyés immédiatement au siège de la Station ou à un autre endroit désigné d'avance par celle-ci. Ces échantillons seront examinés par un délégué de la Station.

Celui-ci peut opposer son veto à la reconnaissance. En cas de litige, celui-ci sera porté devant le Directeur de la Station assisté de l'Agronome de l'Etat de la région et du Président du groupement. Les frais de cette contre-expertise seront à charge du perdant.

Art. 11. — Les cultivateurs sont obligés de fournir à l'inspecteur de la Station tous les renseignements dont il croit avoir besoin.

Art. 12. — L'inspection ne s'étend pas seulement aux plantes, mais aussi aux installations techniques nécessaires au nettoyage et à la manutention ultérieure des semences.

Art. 13. — Les cultivateurs qui ont demandé la reconnaissance d'une cul-

ture doivent permettre aux délégués de la Station d'avoir accès, en tout temps, aux champs et dans les locaux où la récolte est conservée.

Ils doivent aussi permettre leur présence au semis, au battage, au nettoyage, ainsi que lors des traitements ultérieurs ou à l'expédition.

Si le délégué constaté des négligences ou que l'une ou l'autre cause rend impossible l'obtention d'une bonne semence, la culture n'est pas approuvée ou la reconnaissance est retirée.

Art. 14. — Les cultivateurs qui agiraient en contradiction avec les stipulations du présent règlement, peuvent être exclus de la reconnaissance par le Directeur de la Station.

Art. 15. — Pour être reconnues, les cultures doivent satisfaire à des exigences déterminées de régularité, de pureté de lignée, d'origine, d'absence de mauvaises herbes et de maladies, éventuellement de protection contre la fécondation croisée et les mélanges accidentels, selon qu'en jugera le délégué de la Station.

Art. 16. — Lors de l'expertise des échantillons, on examinera, entre autres, si la semence satisfait à des exigences déterminées de pureté, de siccité, de pouvoir germinatif, d'odeur, de couleur, de poids.

Art. 17. — Après examen des échantillons, on décide aussitôt que possible quels lots peuvent être reconnus et l'on donne avis du résultat au cultivateur.

Art. 18. — Tous les sacs de semences reconnues seront plombés, à la marque de la S. R. A. P. (accompagnée ou non de la marque du groupement vendeur) et renfermeront un certificat signé par le délégué et portant les indications suivantes : nom de la commune, du producteur, de la lignée contrôlée, attestation d'origine, de pureté, d'absence de maladie, etc.

Art. 19. — Les groupements qui se chargent de la vente des semences contrôlées par la S. R. A. P. doivent soumettre leurs statuts à l'approbation de la Station.

Instructions pour le contrôle au battage.

Messieurs les contrôleurs au battage sont tenus d'observer scrupuleusement les observations ci-après :

I. — BATTEUSE.

1. — Sont seules admises à battre les grains contrôlés les batteuses munies d'un double nettoyage.

2. — Avant le battage, la batteuse sera soigneusement nettoyée en présence du contrôleur; puis on la fera tourner à vide et à grande vitesse pendant quelques minutes.

3. — Pendant le battage, la vitesse de rotation du batteur ne pourra, en aucun cas, dépasser 1100 tours par minute.

4. — L'écartement entre le batteur et le contre-batteur devra être réglé de manière à ne donner que le plus faible pourcentage possible de grains cassés.

Dans le même but, la vitesse de **rotation** du batteur sera éventuellement réduite.

II. - SACS.

1. — Il ne sera fait usage que de sacs neufs.

S'il était exceptionnellement fait emploi de sacs usagés, ceux-ci devront être trempés pendant 10 (dix) minutes dans une solution de formol d'un demi litre de formol commercial pour 100 litres d'eau.

2. — En tout cas, le contrôleur s'assurera de la parfaite propreté des sacs et de l'absence de toute graine en leur intérieur.

III. - BATTAGE.

1. — Le contrôleur examinera, au préalable, de quelle façon les grains ont été **enmagasinés**.

S'il y a plusieurs espèces ou variétés dans la même grange ou la même meule, il restreindra le contrôle aux seules parties dont la situation exclut toute possibilité de mélange; il notera toutefois sur le certificat de contrôle le fait que la variété contrôlée se trouvait dans la même grange ou la même meule que d'autres espèces ou variétés.

2. — Les trois premiers sacs provenant du battage de chaque variété ne seront pas retenus.

3. — L'attention du contrôleur devra particulièrement porter sur la présence de :

- a) grains d'autres espèces ou variétés;
- b) graines ou fruits de mauvaises herbes;
- c) grains cassés;
- d) petits grains et grains échaudés;-
- e) grains cariés;
- f) grains vêtus;
- g) balles et débris d'épis;
- h) grains germés.

4. — Les sacs où ces impuretés dépasseront 5 % (cinq) devront être rejetés. Il en sera de même quand les grains seront insuffisamment secs ou bien auront déjà subi un commencement de germination.

5. — Le contrôleur veillera également à ce que les gerbes soient engrenées régulièrement et sans excès.

IV. - CERTIFICATS, PLOMBS, ETC.

1. - Le contrôleur tiendra un registre des certificats où, en regard des numéros des certificats utilisés, seront inscrits les nom et adresse du producteur, la variété, la date du battage ainsi que les observations visées à l'article suivant. A la fin de chaque journée de battage et à la fin du battage de **cha-**

que variété, le contrôleur y inscrira le nombre total de sacs battus et fera signer son registre par le cultivateur.

2. — Il renseignera sur les certificats, outre les mentions générales (commune, producteur, variété, date, etc), la présence éventuelle de maladies ou d'impuretés (carie, grains d'une autre espèce ou variété, etc) quand leur importance sera assez faible pour permettre la reconnaissance du grain comme semence sélectionnée, ainsi que toute autre observation qu'il jugerait utile.

3. — Un certificat dûment daté et signé sera placé à l'intérieur de chaque sac de grain admis comme semence sélectionnée.

Le sac sera ensuite *immédiatement* muni d'une étiquette portant le nom de la variété et le nom du producteur et plombé au plomb de la Station.

4. — Le contrôleur ne pourra, sous aucun prétexte, se dessaisir des certificats, registre, étiquettes, plombs et pinces à plomber.

5. — A la fin de chaque journée de battage le contrôleur renseignera au délégué de la Station le nom des cultivateurs où le battage a eu lieu et, pour chacun, le nombre de sacs contrôlés par variété, les numéros des certificats utilisés, des indications sur la qualité du grain ou toutes autres observations utiles. Il renseignera également le nom du cultivateur qui sera contrôlé le lendemain.

Un double, signé par le contrôleur, sera remis au cultivateur.

6. — Toute fraude ou tentative de fraude constatée par le contrôleur entraînera la cessation immédiate du contrôle et le contrôleur enlèvera les plombs, étiquettes et certificats des sacs déjà contrôlés au cours de la journée.

Toute négligence du contrôleur à cet égard entraînera son renvoi immédiat, sans préjudice à la réparation du dommage moral causé à la Station.

7. — Les contestations qui surgiraient entre le contrôleur au battage et le cultivateur seront tranchées sans appel par le directeur de la Station qui sera immédiatement informé.

Le contrôleur devra continuer le contrôle jusqu'à la fin du battage, mais il gardera les certificats par devers lui et ne plombera pas les sacs. Ceux-ci seront provisoirement remisés dans un local fermé dont toutes les ouvertures seront scellées par les soins du contrôleur, de manière à en interdire l'accès jusqu'à l'arrivée du directeur de la Station ou de son délégué.

Instructions pour le contrôle au triage.

Art. 1. — Le contrôleur s'assurera de la parfaite propreté du trieur, il le fera tourner à vide pendant quelques minutes.

Art. 2. — Le local sera ensuite nettoyé soigneusement, de manière à n'y laisser aucun grain de quelque espèce ou variété que ce soit.

Art. 3. — Ne seront admis au triage que les sacs munis extérieurement du plomb et de l'étiquette de la Station et renfermant le certificat de battage. Les grains échauffés ou trop peu secs seront refusés.

Art. 4. — Les pourcentages de grain de semence, de grain marchand,

de petit grain et d'impuretés seront inscrits dans un registre *ad hoc*, en regard du numéro du certificat, de la date du triage et du nom de l'expéditeur, ainsi que toute autre observation utile.

Le pourcentage de grain de semence sera inscrit sur le certificat de battage.

Apt. 5. — Le grain trié sera remis dans les sacs dans lesquels il aura été expédié.

Chaque sac, réglé à 80 kg. pour le froment et 75 pour l'avoine, ou, sur demande, à 100 kg., recevra un certificat de battage complété avec les indications de triage et signé par le contrôleur; puis il sera plombé et muni de son étiquette portant la mention « trié ».

Art. 6. — Les numéros de certificat de triage seront pointés sur le registre; les étiquettes et les certificats de battage inutilisés seront retournés au délégué de la Station.

Art. 7. — A la fin de chaque journée de triage, le contrôleur enverra au délégué de la Station un relevé des sacs triés, avec indication du nombre, des numéros des certificats reçus, des numéros des certificats inutilisés, des variétés et autres observations utiles. Ce relevé sera également signé par le préposé au triage qui en recevra un double.

Art. 8. — Le contrôleur ne pourra, sous aucun prétexte, se dessaisir des certificats, étiquettes, plombs et pinces à plomber.

Art. 9. — Toute fraude ou tentative de fraude constatée par le contrôleur entraînera la cessation immédiate des opérations de triage et le contrôleur enlèvera les plombs, étiquettes et certificats des sacs déjà triés au cours de la journée.

Toute négligence du contrôleur à cet égard entraînera son renvoi immédiat, sans préjudice à la réparation du dommage moral causé à la Station.

Art. 10. — En cas de contestation entre le contrôleur et le préposé au triage, le Directeur de la Station en sera immédiatement informé et le triage sera suspendu jusqu'à son arrivée ou celle de son délégué.

Les contestations seront jugées sans appel par le Directeur de la Station.

Les données principales de cette organisation de contrôle sont empruntées aux règlements sur la matière, en Hollande.

En Belgique, il n'existe, jusqu'ici que ce contrôle effectué par la Station d'Amélioration des Plantes sur la production de ses propres semences. Un règlement de *contrôle général* de toutes les graines de semence est en élaboration : il sera assuré par un Comité central, dont feront, sans doute, partie les Directeurs des Stations d'Amélioration, le délégué du Ministère de l'Agriculture, un ou deux agronomes de l'Etat, les Directeurs des Associations de Producteurs et les délégués des grandes associations agricoles.

En Hollande, les producteurs de semences et de plants peuvent faire contrôler leurs cultures et leurs productions par deux organisations : par le « Comité central pour le contrôle des plantes cultivées » (1), patronné par

(1) On peut se procurer les prescriptions pour ce contrôle du « *Centraal Comité inzake keuring van gewassen* », éditées sous forme d'une petite plaquette de 8 p., en s'adressant au

les Sociétés agricoles provinciales et annexe de l'École supérieure d'Agriculture de Wageningen, et aussi par un organisme institué par les marchands.

Les cultivateurs, qui soumettent leurs produits au contrôle du Comité, doivent, généralement, satisfaire aux conditions ci-après :

1° La semence employée à l'emblavement de la parcelle contrôlée doit être « originale » c'est-à-dire produite par le cultivateur lui-même ou bien provenir d'un champ contrôlé l'année antérieure.

2° Une seule variété de la plante contrôlée peut être cultivée dans l'exploitation, à moins que des garanties suffisantes soient fournies, excluant toute possibilité de mélange ou d'erreur.

3° Le contrôle sur pied doit établir la très grande pureté de la race, ainsi que l'absence de maladies et de plantes étrangères.

4° Tout mélange doit être évité lors de l'emmagasinage de la récolte, le battage, etc.; les lots de semences doivent être de bonne qualité, bien triés, exempts de mélanges nuisibles et de germes de maladie, secs et de bonne énergie germinative.

Toute semence ou tous plants qui satisfont à ces exigences, sont munis du certificat et du plomb du Service de Contrôle et sont commercables.

Ajoutons que, dans la plupart des pays, les producteurs et les marchands ont la faculté de pouvoir faire analyser leurs échantillons de semences, et tout particulièrement, les semences de graminées, de trèfle, de betteraves et de plantes horticoles, à des Stations officielles de contrôle de semences.

•

LA PROTECTION DES NOUVEAUTÉS VÉGÉTALES.

Quelques pays ont déjà, plus ou moins efficacement, réalisé la protection des nouveautés végétales; il est urgent qu'une entente internationale permette de la généraliser (1).

« Il existe encore trop de négociants peu scrupuleux », écrit M. Journée, directeur de la Station officielle d'amélioration des plantes, à Gembloux (2), « qui malheureusement bénéficient trop facilement du mouvement en faveur des graines sélectionnées, en lançant sur le marché des semences ordinaires, auxquelles une réclame tapageuse attribue un nom et des qualités de variétés

Directeur de ce Comité, à Wageningen (Hollande). Voir aussi : Broekema C. — *La production de semences améliorées en Hollande*. (Bull. de l'Assoc. Internat. des Sélectionneurs, I. pp. 48 à 59, Gembloux et Paris, 1928).

(1) La protection légale des nouveautés agricoles a été inscrite, quasi simultanément, aux ordres du jour des assemblées de l'Association internationale des sélectionneurs de plantes de grande culture, de l'Institut international d'Agriculture de Rome et des Congrès internationaux de Génétique (Berlin, 1927).

(2) Journée C., Lathouwers V. et Larose E. — *La Station officielle de Recherches pour l'Amélioration des Plantes, à Gembloux, depuis sa création (1913) jusqu'en 1927. Son activité, ses méthodes, ses résultats*. (Annuaire de la Station Agronomique de l'Etat, à Gembloux, T. 3, 1928, Bruxelles, Ministère de l'Agriculture).

réputées. Une loi sévère contre la répression des fraudes est nécessaire en Belgique, pour protéger les agriculteurs et mettre fin aux **manœuvres** frauduleuses en forçant les vendeurs à abandonner, dans leurs catalogues-réclames, les formules vagues ou trop « enveloppées » et à faire connaître et vendre leur marchandise sous une étiquette réelle ».

Cette protection peut être assurée, par une loi relative à la répression des fraudes, édictant des pénalités sévères à l'égard des contrefaçons, à toute nouvelle variété, qui a été jugée digne d'être inscrite dans un registre *ad hoc*, tenu de préférence par un organisme central officiel.

En Hollande, d'après une communication de M. **BROEKEMA** (1), directeur de l'Institut d'Amélioration des Plantes de Wageningen, un Arrêté du 21 octobre 1924, a fixé les règles de l'admission des variétés de plantes cultivées et de **l'enregistrement** de leurs graines ou plants par cet Institut. En voici le texte :

Art. 1. — Chaque année, au mois d'août, l'Institut pour l'Amélioration des Plantes de Wageningen, publiera la liste descriptive des variétés de plantes cultivées considérées comme les plus importantes pour l'agriculture des Pays-Bas. Cette liste comprendra non seulement les variétés d'origine néerlandaise, mais aussi celles **d'origine** étrangère. Elle mentionnera les noms et les adresses des sélectionneurs et des cultivateurs ou importateurs admis par l'Institut, sur la demande des sélectionneurs ou de leurs ayants-droit.

Art. 2. — Chaque expert ou intéressé aura le droit de faire à l'Institut des propositions pour l'insertion ou la radiation des variétés. Dans ce but l'Institut préparera chaque année, avant le 1^{er} juillet, une liste provisoire qui sera envoyée aux conseillers agricoles de **l'Etat**, aux directeurs du Service **phytopathologique**, de la Station expérimentale de contrôle des semences, au Comité central chargé de juger des plantes sur pied et à tous ceux qu'il estimera utile ou qui en feront la demande.

Art. 3. — Des variétés promettantes, dont la valeur pour la culture n'a pas encore été constatée dans la pratique, seront provisoirement inscrites dans cette liste. A **l'exception** de cas spéciaux, l'insertion provisoire d'une variété ne sera faite que pour trois années au plus.

Art. 4. — Les sélectionneurs et ayants-droit aux termes de l'article premier du présent décret, seront autorisés à vendre leurs semences reconnues comme « enregistrées par **l'I. v. P.** » à condition de la soumettre aux mesures imposées par l'Institut pour assurer la conservation de la variété et la vente de semences pures. L'autorisation pourra être immédiatement annulée par l'Institut si les conditions imposées ne sont pas remplies.

Art. 5. — Les sélectionneurs qui désirent l'enregistrement de leurs semences doivent adresser leur demande chaque année, avant le 1^{er} juin, au directeur de l'Institut. Cette demande fera mention de l'étendue et de la **situation** des champs où leurs variétés sont cultivées et indiquera les variétés cultivées **dans** ces champs pendant les deux années précédentes. Cette demande doit être

(1) Voir Bussard L. — *La protection des nouveautés végétales*. (Bull. Assoc. internat. Sélectionneurs, 1, 1928, p. 119).

accompagnée d'une description exacte de la méthode de sélection employée et de l'indication des qualités ou caractères par lesquels la variété se distingue des variétés analogues. Les sélectionneurs sont tenus d'informer immédiatement le directeur de l'Institut de tous les événements et circonstances pouvant avoir une influence défavorable sur la valeur de la récolte des semences ou plants de la variété considérée.

M. BROEKEMA, dans son travail mentionné p. 201, en note, commente clairement ce règlement; il dit :

« L'arrêté ministériel du 21 octobre 1924 autorisa l'Institut pour l'Amélioration des Plantes à publier, annuellement, une liste descriptive des variétés, résumant, autant que possible, et communiquant au public tous les résultats et observations fournis par les champs d'essais et la grande culture. Environ 1500 personnes, choisies dans toutes les régions agricoles du pays, collaborent à l'édition de cette liste. Parmi elles, les unes effectuent des essais spéciaux, les autres rassemblent des observations dans le monde agricole. La possibilité existe, ainsi, de pouvoir se faire, en très peu de temps, un jugement suffisamment exact sur la valeur d'une race nouvelle. Dès qu'une nouveauté est proposée, l'Institut prend soin d'en confier la culture, sur petites étendues, à divers expérimentateurs. Si les premiers résultats sont favorables, elle est signalée dans la liste des « *nouvelles variétés* », et, par là même, le public est invité à la prendre en considération. Si les essais ultérieurs continuent à lui être favorables, la nouvelle variété est signalée à la deuxième rubrique, celle des « *racés qui méritent d'être essayées* », ce qui veut dire qu'on recommande à tous d'en faire l'essai. Enfin, si la variété semble posséder des qualités supérieures, elle peut passer à la rubrique « *racés recommandables* ». Pour cela, il est, d'ordinaire, exigé qu'elle ait démontré cette supériorité sur les champs d'essais interprovinciaux établis par les **Conseillers d'Agriculture**, sous la direction de l'Institut. Les sortes, qui, dans les essais ultérieurs, ne donneraient plus satisfaction, les variétés qui seraient remplacées par d'autres ou qui, pour n'importe quel motif, ne pourraient plus être prises en considération dans la liste des variétés, sont éliminées de celle-ci et leur nom, pour que nul n'en ignore, est signalé dans une rubrique spéciale, à la fin de la liste.

Les bons résultats obtenus par l'institution de cette liste des variétés sont encore corroborés par le fait que le Comité central, dont il a été question, n'admet à son contrôle que des variétés mentionnées dans la liste des races. En outre, l'arrêté ministériel du 21 octobre 1924 fournit aux sélectionneurs-producteurs l'occasion de se soumettre au contrôle de l'Institut d'Amélioration des Plantes et l'on peut dire qu'ils ont, sans exception, su profiter de cette faveur. Si les lots de semences satisfont à toutes les exigences établies par cet Institut, en ce qui concerne leur origine, leur multiplication, leur pureté, leur faculté germinative, etc., ils sont « enregistrés » par l'Institut, qui applique son cachet sur le certificat du producteur. Ceci uniquement pour les races admises sous la rubrique « recommandables » et avec exception faite pour les pommes de terre. Des races qui auraient été admises dans la liste, sous des rubriques de valeur inférieure, sont astreintes à un contrôle préalable, de même nature.

Ce droit de regard sur les exploitations de sélection et de production de

semences, qui peut empêcher une extension non motivée de la multiplication d'une semence originale et qui a été accepté même par les producteurs étrangers, s'est confirmé comme étant très utile à différents points de vue. Le contact entre l'Institut et les sélectionneurs s'en est, en outre, trouvé considérablement renforcé ».

En Pologne (1), d'après de dr. **Kostecki**, directeur de la Station de Semences de l'Union des Associations agricoles polonaises, ce sont les stations de semences régionales qui présentent les variétés nouvelles, en instance d'inscription, au Registre des nouveautés végétales de la Station centrale de semences.

Cette dernière station examine s'il y a lieu d'inscrire la variété à titre provisoire et, dans l'affirmative, la soumet à trois années d'essais comparatifs dans les diverses régions agricoles du pays.

Si ces essais sont favorables, la variété est définitivement inscrite au registre des variétés originales.

En **Tchéco-Slovaquie** (1), la certification des variétés, des semences et des plantes, est régie par la loi du 17 mars 1921.

« L'article premier de cette loi spécifie que les appellations « variété originale », « semences certifiées », « variété enregistrée » ne sont admises que conformément aux dispositions ci-après indiquées.

Une Commission centrale, nommée par le Ministère de l'Agriculture, est chargée d'examiner les demandes de certificats formées par les producteurs. C'est sur sa proposition que les variétés présentées sont inscrites au Registre officiel des variétés originales et que l'autorisation est donnée de les désigner comme originales. La Commission de certification délivre, d'autre part, des certificats pour les semences ou les plants *reconnus*; ceux-ci, classés en plusieurs catégories, figurent sur les listes des Associations agricoles et la copie de ces listes est transmise au Ministère de l'Agriculture. Des commissions régionales sont prévues pour l'inspection des cultures des intéressés.

Au registre des variétés originales et à celui des variétés éprouvées sont annexés des échantillons types de grains, d'épis, de fruits, etc., de ces variétés. L'entretien, pendant toute la durée de l'inscription, de ces échantillons, fournis par les producteurs intéressés, incombe aux stations ou instituts officiels qui les reçoivent.

Les variétés *éprouvées* sont celles que plusieurs années d'essais comparatifs, exécutés par les stations officielles, ont fait reconnaître comme convenant particulièrement à des régions déterminées du pays. Un registre spécial leur est affecté.

Les sélectionneurs et établissements de sélection officiellement autorisés à vendre les variétés originales peuvent faire emploi pendant toute la période où ces variétés sont considérées comme originales de marques déposées, conformément à la loi du 6 janvier 1890.

Le contrôle du commerce des semences et des plants et la surveillance de

(1) Voir Bussard, 1. c.

l'application des dispositions légales sont exercés par les stations et les Instituts officiellement chargés des analyses de semences. Ces établissements doivent signaler aux autorités compétentes toutes les contraventions constatées. Les délits en pareille matière sont punis soit de prison, avec maximum de six mois, soit d'une amende de 200 à 20.000 couronnes tchécoslovaques; en outre, la marchandise peut, éventuellement, être saisie et vendue au profit de l'Etat. En cas de récidive, la peine de prison est toujours appliquée, en même temps que l'amende de 20.000 couronnes.

Le Ministère de l'Agriculture dispose du produit des amendes, dont il fait **emploi** pour l'amélioration de la production végétale.

Les sélectionneurs ou cultivateurs qui useraient de procédés frauduleux pour obtenir la certification de leurs produits peuvent être privés, pour une période allant jusqu'à dix années, de toute inscription aux registres spéciaux.

Un décret du 2 juin 1921, pris en exécution de la loi précédente, précise les mesures destinées à en assurer l'application.

L'article 2 définit la *variété originale*; c'est, indique-t-il, celle qui a été obtenue par une sélection systématique dont la preuve peut être fournie.

Le décret (art. 3) divise les semences et plants éprouvés en quatre groupes :

- 1° Semences ou plants certifiés d'une variété originale;
- 2° Semences ou plants certifiés de première reproduction de la variété originale ;
- 3° Semences ou plants certifiés des deuxième et troisième reproductions de la variété originale et exceptionnellement des reproductions ultérieures;
- 4° Semences ou plants certifiés des variétés régionales.

La certification d'une variété originale correspond assez exactement à l'inscription au Registre français des Plantes sélectionnées, dont il a été précédemment question.

Elle est accordée par le Ministère de l'Agriculture, pour une durée maximum de 3 années, après inspection de l'établissement de sélection par deux membres de la Commission régionale de certification, qui examinent les registres de sélection, visitent les laboratoires, les champs d'expériences et de **multiplication**, les magasins et toutes installations de nettoyage et de préparation des semences ou plants.

Dans l'appellation des variétés originales, doivent toujours figurer le nom du sélectionneur ou de l'établissement de sélection, ou l'indication du siège de cet établissement. Quand la sélection d'une variété originale est continuée par un autre sélectionneur, celui-ci est tenu de faire la preuve qu'il a réellement **amélioré** la variété primitive, et son nom doit être également mentionné dans l'appellation du nouveau produit de sélection.

L'indication, pour la variété originale, du mode de sélection — individuelle ou en masse — est obligatoire.

La certification des semences et des plantes est basée sur : 1° l'inspection des cultures par un membre de la commission régionale ou un inspecteur officiel; 2° l'analyse par une station d'essais d'échantillons des semences ou plants disponibles pour la livraison. Le procès-verbal d'inspection et le bulletin d'analyse sont communiqués à la Commission centrale de certification, qui

décide de la suite à donner à la demande. La certification n'est valable que pour la récolte soumise à l'examen.

Au livre des variétés originales sont inscrits :

- 1° Le nom et l'adresse du sélectionneur ou de l'établissement de sélection;
- 2° La désignation complète de la variété;
- 3° La marque déposée;
- 4° La méthode de sélection;
- 5° Les caractères essentiels de la variété;
- 6° Le matériel initial employé pour la sélection;
- 7° Le sens dans lequel la variété a été améliorée;
- 8° La durée de validité de l'inscription.

En ce qui concerne les semences ou plants certifiés, l'inscription comporte l'indication de la quantité à laquelle elle se rapporte. Les vendeurs sont tenus de noter les noms et adresses des acheteurs, les types et les quantités livrés, en vue d'un contrôle administratif éventuel ».

En France (1), les décrets du 5 décembre 1922 et du 8 juillet 1923 instituent un « *Registre des plantes sélectionnées* » et fixent les conditions d'inscription à ce registre ; un troisième décret, celui du 26 mars 1925 régleme le commerce des semences de blé.

Voici quelles sont les principales stipulations du décret de 1922; je me permets de les extraire d'un autre travail de M. Bussard, paru au *Bulletin de l'Association internationale des sélectionneurs* (1) :

L'article premier du décret de 1922 est ainsi conçu :

« Toute personne qui a obtenu, inventé, découvert une espèce ou une variété nouvelle et déterminée de plante, peut demander l'inscription de cette variété ou de cette espèce nouvelle au Registre des Plantes sélectionnées tenu au Ministère de l'Agriculture (Office de renseignements agricoles). »

Mais l'article 2 précise :

« Les dispositions du présent décret sont applicables au blé-froment, et il sera statué, par arrêté du Ministre de l'Agriculture, sur l'application des dispositions du présent décret aux plantes autres que le blé ».

L'article 2 se rapporte à la description des nouveautés et aux échantillons à fournir par le déclarant, ainsi qu'aux obligations administratives auxquelles il est tenu de souscrire.

L'article 3 laisse, sous certaines conditions, la faculté au déclarant de conserver secret un procédé spécial de production.

L'article 4 énonce : « Pour être inscrite sur le registre des plantes sélectionnées, la variété doit posséder non seulement le caractère de la nouveauté, mais présenter, en outre, des mérites indiscutables, mérites confirmés par les essais culturaux prévu à l'article 5 ».

L'article 5 stipule qu'en vue de vérifier leurs caractéristiques, les variétés

(1) Bussard L. — *La protection de la propriété des nouveautés végétales et la répression des fraudes en matière de variétés de blé*. (Bull. Assoc. internat. Sélectionneurs, i, 1928, p. 60-65).

nouvelles seront soumises à des essais culturaux, confiés à l'Institut des recherches agronomiques. A la fin de la première année, pour les plantes annuelles, d'un cycle suffisant, pour les autres, si les résultats des essais sont satisfaisants, il est délivré à l'obteneur de la nouveauté un certificat d'inscription provisoire. Ce certificat est maintenu ou retiré à la fin de la seconde année ou du second cycle. A l'expiration de la troisième année ou du troisième cycle, il est transformé en certificat définitif, sur avis favorable du comité de contrôle dont la composition est définie par les articles 9 et 10 du décret.

Il serait à craindre, pour le déposant, qu'au cours de ces trois années, son obtention ne tombât dans le domaine public, si l'article 8 n'y avait pourvu, en spécifiant que : « dès qu'il est en possession de l'accusé de réception de la demande d'inscription, le déposant peut revendiquer l'usage exclusif de la dénomination donnée à la variété nouvelle, mais, dans le commerce de cette variété, il ne pourra faire état de sa demande d'inscription qu'après délivrance du certificat définitif ».

Le certificat définitif n'est valable que pour douze ans (art. 6) pendant lesquels (art. 7) il est révocable si les essais de culture auxquels la variété continue à être soumise en font constater la dégénérescence. Sous cette réserve, durant ces deux années, le détenteur du certificat a seul droit de se réserver la mention « Semences inscrites au registre des plantes sélectionnées », mais « la reproduction et le commerce des semences de la variété inscrite sont autorisées à moins d'interdiction expresse de l'inventeur » (art. 8.)

La répression des fraudes est assurée par le décret du 26 mars 1925, dont les dispositions s'appliquent non seulement aux commerçants, mais à tous les syndicats ou associations agricoles fournisseurs de semences. Il leur fait obligation de ne mettre en vente et de ne livrer du blé de semence que sous emballage portant une étiquette mentionnant : le nom de la variété, le pourcentage en nombre de grains de la variété existant dans la semence, la provenance du blé (pays étranger ou région française). Ces indications doivent être reproduites dans le contrat de vente ou la facture de livraison. Le vendeur prend ainsi la responsabilité de la désignation et du degré de pureté de la semence, pour lequel toutefois aucun minimum n'est fixé.

La vente d'une variété sous un nom supposé, le *démarquage*, tromperie sur l'identité de la marchandise qui a sévi longtemps, déterminant des confusions dont trop de cultivateurs ont été victimes, est visée par l'article 2 du décret, article ainsi conçu :

« Il est interdit de désigner un blé de semence par une dénomination autre que celle sous laquelle la variété est habituellement désignée en vertu des usages locaux, loyaux et constants, ou que celle sous laquelle la variété est inscrite soit au catalogue synonymique (établi par M. Jacques de Vilmorin et publié au Journal officiel du 30-4-25 sous le titre « *Classification agricole des principales variétés de blé cultivées en France et dans l'Afrique du Nord française* »), soit au registre prévu pour les plantes sélectionnées par l'article premier du dit décret ».

Ajoutons encore, que le décret du 26 mars 1925 ne se borne pas aux prescriptions concernant la désignation, la pureté des variétés, la provenance du

blé mis en vente. Il précise que seuls ont droit au qualificatif de « sélectionnés », les blés provenant d'une sélection individuelle, et stipule que la faculté **germinative** des semences de blé doit être expressément mentionnée par le vendeur toutes les fois qu'elle n'atteint pas 85 p. c. au moins.

✽

Toutes ces mesures de protection qui ont été prises — comme nous venons de le voir — par divers groupements ont, comme résultat, de garantir contre la concurrence déloyale les variétés créées par un sélectionneur, en empêchant leur lancement sous une autre dénomination que celle qui leur a été donnée à l'origine.

Mais ce sélectionneur, qui, au prix de multiples années d'un travail acharné et de dépenses souvent considérables, a enfin réussi à fixer une lignée nouvelle, intéressante, constituant vis-à-vis de ses devancières un réel perfectionnement, ne se verra que rarement récompensé par un bénéfice vraiment adéquat à l'effort fourni. Seule, la vente à un prix très rémunérateur des premières semences lancées dans le commerce peut compenser partiellement la dépense engagée, compensation qui s'accroît si la renommée de sa maison lui assure une vente importante et continue.

Quoiqu'il en soit, aussitôt que, par la vente des premiers kilogrammes de graines, la nouvelle variété est tombée dans le domaine public, tout producteur ou marchand de semences a, jusqu'ici, le droit de multiplier cette nouveauté, à condition de lui conserver **sa dénomination** originale.

Contrairement ce qui se passe, entre autres, dans le domaine de la mécanique, de la littérature, de l'art musical, où un brevet ou un constat de dépôt assurent au créateur d'une nouveauté, la propriété légale et, pendant un certain nombre d'année, l'exploitation commerciale exclusive de son invention, le créateur d'une nouveauté végétale perd tout droit sur celle-ci, du moment qu'elle est lancée sur le marché.

La France vient de prendre, sous ce rapport, une initiative intéressante en insérant dans une loi nouvelle sur les *brevets d'invention*, un article (l'art 66), ainsi conçu :

« Les dispositions de la présente loi sont applicables aux inventions et découvertes réalisées dans le domaine de l'Agriculture et de l'Horticulture ».

Tout sélectionneur, créateur d'une variété nouvelle, vraiment méritoire, inscrite au *Registre des Plantes sélectionnées*, institué par le décret du 5 décembre 1922, pourra donc faire breveter celle-ci; l'article premier de la nouvelle loi française sur les brevets stipule, en effet, que « toute nouvelle découverte ou invention confère à son auteur le droit de prendre un brevet d'invention et (*l'exploiter à son profit exclusif la dite découverte ou invention*) » et, d'après l'art. 4, la durée de ce brevet est de *vingt ans*.

On trouvera un aperçu sur les autres articles de cette loi dans l'intéressant travail documentaire que M. BUSSARD a consacré à « *la protection de la propriété des nouveautés végétales* ». dans le n° 3 (juin 1928) du Vol. I du « Bulletin de l'Association internationale des Sélectionneurs de plantes de grande culture », auquel je renvoie le lecteur.

APPENDICE III

Le phénomène de **xénie**.

FOCKE (1) avait déjà attiré l'attention, en 1881, sur l'influence directe que pouvait exercer du pollen étranger sur le tissu maternel de la graine; il avait donné à ce phénomène le nom de **xénie**.

Le maïs a fourni un bel exemple de **xénie**. Dans des croisements d'un maïs dit « sucré », à graines ridées, vitreuses, avec du maïs « à fécule », qui possède des graines lisses, farineuses, le caractère « grain lisse » se montre dominant vis-à-vis du « grain ridé ».

Si l'on féconde, avec du pollen provenant d'une lignée pure de maïs à fécule (géniteur mâle), les épis d'une plante appartenant à une lignée pure de maïs sucré (géniteur femelle), on constate déjà sur le géniteur femelle de la génération parentale (P I), les effets de l'hybridation : en effet, les épis fécondés par le pollen portant le caractère « graine lisse », montreront des graines lisses, alors que, **autofécondés**, ils auraient porté des graines ridées; en un mot, *les graines de la P* (génération parentale) *montrent déjà les facteurs dominants qui, normalement, ne s'extérioriseraient qu'à la F⁻* (génération hybride).

La découverte, par le russe **NAWASCHIN** (2) (1898) et le français **GUIGNARD** (3) (1899), du fait que le tissu de la graine, dit « *endosperme* », résulte de la fécondation du deuxième noyau du sac embryonnaire (du parent femelle) par le deuxième noyau génératif du tube pollinique (du parent mâle) — tout comme **l'embryon** inclus dans la graine est le produit de la fusion de **l'oosphère** femelle et du premier noyau génératif mâle — donna la clef du phénomène.

Or, chez le maïs, ces caractères « **vitrosité** » ou « **farinosité** », « aspect ridé » ou « lisse » sont des caractères de *l'endosperme* de la graine.

Les cas réels de **xénie** qui ont été constatés après croisement ont tous la même origine : influence directe et immédiate de certains caractères **endospermiques** (couleur, forme, composition, etc) de la graine du géniteur femelle lui-même (P I) par le pollen du parent mâle.

(1) Focke W. — *Die Pflanzenmischlinge*. (Les hybrides chez les plantes). Berlin 1881.

(2) Nawaschin S. — *Résultats d'une révision du processus de la fécondation chez Liliun Martagon et Fritillaria tenella*. (Bull. Acad. Imp. Sciences, St-Petersbourg, Série 5, T. 9, N° 4, pp. 377-382, 1898).

(3) Guignard M. — *Sur les authérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes..* (Rev. génér. de Botan., 11, pp. 129-135, 1899).

APPENDICE IV

La variabilité corrélative.

J'avais crû, un instant, ne pas aborder, dans ce manuel, la question des « corrélations » ou manifestations de la variabilité corrélative; toute réflexion faite, il m'a semblé cependant utile de nous y arrêter quelque peu, sans toutefois nous y attarder.

Quand on parle « amélioration », on désigne comme corrélatifs, deux caractères qui s'extériorisent ensemble ou qui, au contraire, s'excluent, et cela chez des individus appartenant à une même lignée pure.

Plusieurs de ces corrélations ne sont que de simples « *symplesies* » ou interdépendances physiologiques : il en est ainsi, entre mille, des caractères « précocité » (courte période de végétation) et « rendement » qui s'excluent jusqu'à un certain degré et des caractères « longueur des *entrenœuds* », du rachis d'un *épi* (distance entre les épillets) et « grosseur » des graines.

Dans les sens ci-dessus indiqués, nous avons des corrélations *positives* et *négatives*, selon que, chez un même individu, deux caractères se manifestent ensemble ou, au contraire, s'excluent ou que les degrés de deux caractères varient toujours dans le même sens ou, au contraire, qu'à l'augmentation de l'intensité d'un caractère correspond une diminution de celle de l'autre caractère.

Voici quelques exemples de corrélations : il y a, à des degrés divers, corrélation positive entre une haute teneur en matière sèche chez la betterave et une teneur élevée en sucre, corrélation négative entre la *ventrosité* de la graine d'orge et sa teneur en matières azotées, corrélation positive entre la prédominance d'épillets bi- et surtout *triflores*, chez l'avoine, et le rendement en grain, corrélation négative entre le poids de la racine, chez la betterave, et sa teneur en sucre.

Le fait de ce que l'on a trouvé chez la plupart des corrélations, à l'exception des interdépendances physiologiques évidentes, des cas souvent très importants et nombreux où ces corrélations ne jouent pas, a singulièrement diminué l'intérêt que les sélectionneurs portent, actuellement, à ces phénomènes.

La corrélation réelle, il faut aller la chercher, en génétique, soit dans la dépendance de deux ou plusieurs caractères d'un seul facteur, soit dans les liaisons factorielles entre gènes situés le long d'un même chromosome, liaisons

qui font que deux ou plusieurs caractères **mendélisent** toujours ensemble, par exemple, le caractère « fragilité du rachis » et « fermeture intime des **glumelles** autour de la graine », chez l'épeautre.

Ces corrélations là, aucun croisement ne peut les briser, ce qui n'est pas le cas pour celles des sélectionneurs.

Faisons remarquer que la génétique ne connaît pas le mot « corrélation » et que cette notion est en voie de disparaître dans la nomenclature biologique.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

Remarque : n = note en bas de page ; s = « et pages suivantes ».

A

Adaptation de variétés étrangères, 8.
« Advanced tests », 69.
Agrumes (mutations **gemmaires** chez les)
161.
AKERMAN, 126 ri.
Allogames (plantes), 36, 152.
Amélioration généalogique, 18 s., 35 s.,
massale, 9 s.
par croisements, 110 s., 134 s.
par mutation, ¹53.
par voie végétative, 156 s.
Amplitude de la variation, 29.
Amygdalopersica, 158.
Analyse des récoltes, 84 s., 89 s., 97 S.,
104.
Analyses (registre des), 109.
Appareils Kraus, 88, zoo.
pour compter **500** graines, 103.
pour déterminer le poids du 1 / 4 de
litre, 98.
pour les semis-plantations des élites
54 s., 62.
Appariés (essais), 183 s.
Approbation des semences (règlement
pour l'), 195 s.
ARNY, 166, 169, 170, 190.
Associations de producteurs de semen-
ces améliorées, 194.
Autogames (plantes), 36.
Avena fatua, 123.

B

Balance automatique de **Svalof**, 87.
de **Korant**, 96.
BATESON, 124, 129.
Battage des récoltes, 105 s., 176.
Batteuse à broches, 107.
Martinet, 106.
BAUR, 34 n., 35, 126, 160.
BESELER, 3, 14.
BESSEL (formules de), 179.

Betteraves sucrières (sélection continue
des), 26.
Binomiale (formule), 33.
Biométrie, 28.
(ouvrages sur la), 35.
Bizarria (chez *Citrus*), 158.
BLARINGHEM, 93.
BŒUF, 4, 190.
Bordure (influence de la), 169.
Bordures **régularisatrices**, 52.
BORRIES (von), 3.
« *Boston fern* », 161.
Brevets d'invention, 208.
BRIDGES, 130.
BROEKEMA, 201 n., 202, 203.
BRUNSON, 183, 184, 191.
« Bud sports », 160.
BUSSARD, 202, 204, 206, 208.

C

Cadre de Lang, 55.
Cadres pour les semis-plantations des
élites, 55 s.
Campanula Medium, É24.
mut. *monantha*, ¹53.
Caractères acquis (hérité des), 26.
Carotte sauvage (sélection de la), 26.
Castration, 138 s.
« Checks », 168 n.
Chiasmatic, 134.
Chimères, ¹57.
Choix unique de plantes-mères, 36, 89.
répété de nouvelles élites, 39, 78.
CIMBAL, 3.
Citrus, 158, 161.
trifoliata, 159.
Classification agricole des blés français
207.
Clones, 156.
Coefficient de variabilité, 33.
Coiffes isolatrices, 142.
Coleus, 161.
Complications de l'hérédité mendélien-
ne, 121 S.

Compteur automatique, 103.
Conservation des semences, 108.
Contrôle des semences améliorées à la Station de **Gembloux**, 193 s.
 au battage, 194, 197.
 au triage, 194, 199.
 sur pied, 194, 196.
 en Hollande, 200.
Cornell University (méthodes d'amélioration à la), 68 s.
Corrélations, 210.
CORRENS, 2, 121.
Courbes à deux ou à plusieurs sommets, 34.
 de sommation, 34.
 de variabilité, 28 s.
CRAIG, 67 n., 84 n., 191.
Crataegomespilus A snieresii, 158.
 Dardari, 158.
Crataegus monogyna, 158.
CRÉPIN, 151.
Croisements **dihybrides**, 116 s.
 monohybrides, III s.
 trihybrides, 118 s.
 (technique des), 138 s.
« Crossing-over », 129.
Cytisus Adami, 158.
 purpureus, 158.
 Laburnum, 158.

D

DANIEL, 159.
DARWIN, I.
Datura, 2.
DAVENPORT, 28 n.
DE BRUYKER, 28 n.
Densité des épis, 9, s.
Dessiccation des graines, 08.
Déviation-standard ou type, 30, 179.
DE VRIES, 2, 28 n., 153.
Différence (erreur probable d'une), 181.
DIPPE, 3.
Disjonction d'un **dihybride**, 117.
 d'un monohybride, 112.
 d'un **trihybride**, 118.
 intermédiaire, 121, 128.
 transgressive, 128.
Disjonctions compliquées, 121 s.
Dominance, 112.
 incomplète, 121.
DORSEY, 161.
Draba verna, 20.
« Drill plots », 70.
Drosophila, 130.
DUCELLIER, 4.

E

EAST, 123, 162.

Echantillons (parcelles à), 38.
 (register des), 109.
Ecimage, 77.
EDLER, 3.
Egrenage des récoltes, 105.
Egreneur, 106.
Elites I (de première année), 38, 41.
 II (de deuxième année), 39.
 de contrôle, d'observation, 39 n.
Endosperme, 209.
Engrangement, 81.
Epi (concours du plus bel), 26.
Epiaison, 73.
Epibiotés, 159.
Epis (choix d'), 16.
Erreur probable, 177 s.
 d'une différence, 181.
 moyenne, 188.
Espèce (1'), 19.
Espèces élémentaires, 20.
 (petites), 20.
Essais appariés, 183 s.,
 comparatifs, 64, 80.
 (technique des), 163 s.
Expériences de rendement (parcelles d'), 63.

F

F1 (Première génération hybride), III, 146.
F, (Deuxième génération après hybridation), 113 s., 117, 119, 148.
F,-, (Troisième et quatrième générations après hybridation), 116, 118, 120, 149.
Facteurs mendéliens, II 1 n.
FAIRCHILD, I.
Fiches descriptives des lignées, 109.
Filets, 43.
FLORELL, 73, 100.
Fluctuations, 25.
FOCKE, 209.
Fougère de Boston, 161.
France (protection des nouveautés végétales en), 206.
Fréquence, 29.
FRUWIRTH, 3, 27.

G

GAERTNER, I.
GARBER, 185, 190.
GAUSS (courbe de), 33.
Gènes, III n, 131.
Généteurs (choix et culture des), 137.
GIESECKE, 3.
GISEVIUS, 3.
Graines (choix de), 17.
Grand Soleil, 159.

Greffe (hybrides de), 156 s.
Greffon (influence du sujet sur le), 158s.
GRÉGOIRE, Ach., 80 n., 190.
GRÉGOIRE, V., 134.
GUIGNARD, 209.

H

HALLETT, 2, 14.
Hangar de la Station d'amélioration de la « Cornell University », 83, 84, spécial de la Station de **Gembloux**, 82
HAYES, 123, 166, 169, 171, 179, 185, 190, 192.
« Head-rows », 68.
Helianthus annuus, ¹59.
tuberosus, 159.
tuberosus var. *Dangeardi* 159
Hérédité, 19.
Hétérozygotes, 113.
(élimination spontanée des), 151, 152.
Hieracium, 2.
Hiver (résistance à 1'), 72.
HOLDEFLEISS, 3.
Hollande (protection des nouveautés végétaives en), 202.
Homozygotes, 113.
Hybridations (technique des), 138 s.
Hybrides de greffe, 156 s.
Hyperbiotes, 159.

I

IMMER, 192.
Instructions pour le **contrôle** au battage, 197.
au triage, 199.
Interactions factorielles, 122 S.
Intermédiaires (disjonctions), 116, 128.
Introduction de variétés étrangères, 8.

J

JANSSENS, 134.
Jardin d'amélioration, 41 s.
ambulant, 42, 44.
choix d'un emplacement, 41.
fumure, 44.
parcellation, 47.
permanent, 42 s.
protection, 43, 45.
semis, 47 S.
superficie, 44.
travaux, 46 s.
JOHANNSEN, 21, 28 n. 34.
JORDAN, 2, 20.
Jordanons, 20 n.
JOURNÉE, 104, 201 ri.

K

Kherson (avoine), 123.
KIESSELBACH, 170, 191.
KIESSLING, 3.
KOELREUTER, I.
KOSTECKI, 173, 191, 204.
KRANTZ, 191.
KRAUS, 3.
(appareils de), 88, É00.

L

Laboratoire de sélection, 85 s.
Laburnum Adami, 158.
vulgare, 158.
LANG, 3, 55.
Lapins (protection contre les dégâts de), 46.
LAROSE, 201 ri.
LATHOUWERS, 88, 124, 201 n.
Laihyrus, 124, 129,
LE COUTEUR, I.
Levée, 72.
Liaisons factorielles, 129 s., 210.
Lignées pures, 21, 22, 34.
leur immuabilité, 23, 40.
végétaives, 156.
Lignes de séparation, 54.
Lignes (méthode américaine par), 38, 67
LINNÉ, 19.
Linnéons, 20.
« Linkage », 130.
Livre des champs, 74.
Locales (races), 7.
LOCHOW (von), 3, 14.
LOTSY, 20 n.
LOVE, 67 n., 84 n., 169, 179, 183, 184 191.

M

MAC LEOD, 2 n., 28 B.
Maduria, 60.
Maïs, 123, 209.
Maladies des céréales, 46, 74, 102.
Marqueur de **Svalof**, 57.
MARTINET (batteuse), 106.
Maturité, 74.
MAYLIN, 139 n.
MENDEL, 2, III.
Mésobiotes, 159.
Mespilus germanica, 158.
Méthode américaine par lignes, 38, 67.
généalogique, 18 s., 35 s.
massale, 9 s.
par croisement, 110 S., 134 s.
par mutation, 153.
par voie végétative, 156 s.
Crépin, 151.

METTE, 3.
 Microessais, 176.
 MIÈGE, 4, 9, 74.
Mirabilis Jalapa, 121.
 MITSCHERLICH, 173, 190.
 Mode, 33.
 Modifications, 25.
 MORGAN, 130.
 MULLER, H. J., 130 n.
 Multiplication (parcelles de), 39, 64, 67.
 végétative, 156.
 Mutations, ¹53
 (amélioration par), ¹45.
 gemmaires, 160.
 MYERS, C. H., 191.

N

NAUDIN, 2, 110, 112.
 NAWASCHIN, 209.
 NEERGAARD (von), 2.
 Néo-mendélisme, 130.
Nephrolepis exaltata, 161.
 var. *bostoniensis*, 161.
 Nettoyage des semoirs, 66.
 des graines, 107.
Nicotiana, 2.
 NILSSON-EHLE, 126, 127.
 NILSSON (Hjalmar), 14.
 Non-disjonction, 132.
 Nombres chromosomiques, 131.
 Noyaux purs, 40, 62.

O

Observations, 72 s.
Oenothera Lamarckiana, ¹53.
 Oiseaux (protection contre les), 45.

P

Parcellation, 47.
 PAULSEN, 3.
 PEARL, 28 D.
 PERCIVAL, 94.
 PERRY, 191.
 PETER (formules de), 180.
Pivocyclonia, 158.
Pisum, 2.
 Planches à semer les élites, 57.
 « Plant-rows », 68.
 Plantes entières (choix de), 16.
 Plantes-mères, 37 S., 41, 89, 152.
 Poids de 100-1000 graines, 96, 103.
 de l'hectolitre, du quart de litre, 98.
 Pollinisations, 142 s.
 Pologne (protection des nouveautés en)
 204.
 Polysymbioses par greffe, 60.

POMEROY, 161.
 Pomme de terre (mutations gemmaires
 chez la), 162.
 Pommiers (mutations gemmaires chez
 les), 161.
 Populations 22, 26, 151.
 Précocité chez les céréales, 73, 74, 100.
 Production de semences améliorées,
 193 S.
 Protection des nouveautés végétales,
 201.
 en France, 206
 en Hollande, 202.
 en Pologne, 204.
 en Tchécoslovaquie, 204.

PUNNETT, 129.

Q

Quantité de grains à semer à l'are, 65,
 172.
 Quartile, 30.
 QUETELET, 33.

R

RABBETHGE, 3.
 Radis sauvage (sélection continue du),
 26.
 Récessifs (caractères), 112.
 Récolte, 77 s., ¹45, ¹47, ¹75.
 Registre officiel des plantes sélection-
 nées, 206, 208.
 Registres divers, 109.
 Réglage des semoirs, 66, 174.
 Règlement pour l'approbation des se-
 mences améliorées, 195 s.
 Rendement pratique, 104.
 « Renodlad Squarehead », 15.
 Répression des fraudes, 207.
 Résistance à l'hiver, 72, 100, 126.
 Revues traitant de l'amélioration des
 plantes, 5.
 de Génétique, 4.
 RICHEV, 192.
 RICHTER, 3.
 RIMPAU, I, 2, 3, 14.
 « Rod-rows », 68, 69.
 ROEMER, 3, 164, 165, 168, 169, 171, 172,
 175, 181, 187, 188, 189, 192.
Rudbeckia, 160.
 RUMKER (von), 3, 14.

S

SCHARNAGEL, 170, 176, 192.
 SCHRIBAUX, XI.
 SCOTT, 161.
 « Seed-rows », 71.

SEELHORST (von), 3.
Sélection massale unique, 9.
 répétée, 10.
 avec séparation de formes, 12.
 (critique de la), 14.
Semis au jardin d'amélioration, 47 s.
 des F₁, 146
 des F₂, 149
 des parcelles de multiplication, 67
 des parcelles d'essais comparatifs
 64, 172, 173.
 des parcelles pour choix de plantes-mères, 47.
 (méthode américaine de), 67 s.
 - plantation des élites I, 50 s., 59
 (appareils pour le), 54.
 - plantation des élites II, 60 s.
 (appareils pour le), 62.
Semoirs, 64 n., 66, 174.
Sentiers, 54.
Séparation de formes, 12.
SHAMEL, 161.
SHIREFF. I.
Soins d'entretien, 77.
Solanum Darwinianum, 158.
 Gaertnerianum, 157.
 Koeleruterianum, 157.
 lycopersicum, 157.
 nigrum, 157.
 proteus, 157.
 tubingense, 158.
« Sports », 160.
Standards (parcelles), 168.
STEGLICH (von), 3.
STRATTON, 185, 192.
STRUBE, 3.
STUDENT (formule de), 182.
STURTEVANT, 130.
Supports pour dessiccation des gerbes,
 77.
SURFACE, 123.
Svalof, 2, 3 106.
SWEDERSKI, 190, 192.
Symplasies, 210.

T

Tableau noir pour le choix des plantes-mères, 89.
Tallage, 50, 72, 97.
Tchéco-Slovaquie (protection des nouveautés végétales en), 204.

Témoins (parcelles), 6. 41, 63, 168.
 théoriques, 18
Théorie Chromosomique de l'hérédité,
 III n., 131.
Topinambour, 159.
Transgressives (disjonctions), 128.
Travaux de génétique avant 1901, 5.
TROUARD RIOLE (Mlle) 27.
Trousse de castration, 139.
TSCHERMACK (Er. von), 2, 144.

U

Unités héréditaires, III n.

V

Valencia (orange), 161.
Variabilité (coefficient de), 33.
 corrélative, 210.
 fluctuante, 24.
Variation (courbes de), 28 s.
 (polygones de), 29.
Variétés locales, 7.
Végétation (allures de la), 73.
Verse, 46, 74-77, 100.
Vides dans les parcelles, 53.
 (influence sur le rendement), 171.
VILMORIN (André et Louis Levêque de) 1.
 (Jean Levêque de), 26 n.
 (les de), 14, 142.
 (Louis de), I, 26.
 (Philippe de), 23.

W

WACKER, 170.
WAGNER (méthode de), 80, 175.
Washington Navel Orange, 161.
WINKLER, 157.
WOLTMANN, 3.
WOOD, 185, 192.

X

Xénies, 209.

Z

ZALESKI, 190, 192.

BibliothèqueAgronomique Belge

MANUEL DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES CULTIVÉES

(Plantes agricoles, horticoles et coloniales).

PAR V. LATHOUWERS

*Docteur ès-Sciences (barre) de Cours à l'Institut Agronomique de l'Etat.
Titulaire de la Station officielle de Recherche Scientifique pour l'Amélioration des Plantes à Gembloux.*

TOME I : L'Amélioration générale 30.00

TOME II : L'Amélioration spéciale (*Paraîtra en janvier 1920*).

ÉLÉMENTS DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

Les principales maladies cryptogamiques et physiologiques
des plantes cultivées en Belgique.

PAR ÉM. MARCHAL

*Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat de Gembloux.
Membre de l'Académie des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts de Belgique.*

1 volume 42.00

ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Les bases scientifiques de la Phytotechnie.

PAR ÉM. MARCHAL

*Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat de Gembloux.
Membre de l'Académie des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts de Belgique.*

1 volume 42.00

LE SOL ET LES ENGRAIS

PAR C. SCHREIBER

*Ancien professeur de l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux.
Directeur général au Ministère de l'Agriculture*

PREMIÈRE PARTIE: Le Sol — 17,00

DEUXIÈME PARTIE: Les Engrais 25.00

TRAITE DE SYLVICULTURE

PAR A. POSKIN

Professeur de l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux.
1 volume 50.00

LE DESSOUCHEMENT

LES DESSOUCHÉES LES DÉRACINÉES LES EXPLOSIFS

PAR G. BOUCKAERT ET A. POSKIN

Professeurs à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

1 volume 17.50