

# LA CRÉATION DE BETTERAVES POLYPLOÏDES <sup>1)</sup>

D. KLOEN

Fondation pour l'Amélioration des Plantes de Grande Culture, Wageningen

## INTRODUCTION

Actuellement il est souvent question de betteraves sucrières polyploïdes. Cette année (1956), les agriculteurs aux Pays-Bas ont semé beaucoup de semences polyploïdes des variétés étrangères Polybeta, Maribo P, Hilleshög RP et Hilleshög SP et tout laisse à prévoir que leur superficie se développera considérablement si elles continuent à donner satisfaction, car jusqu'à maintenant les résultats ont été très prometteurs.

Les teneurs en sucre sont élevées que pour les variétés de betteraves sucrières tardives et elles possèdent précocement une teneur convenable si bien qu'elles peuvent être arrachées plus tôt. A ce propos il faut remarquer que les plus forts rendements sont obtenus pour les arrachages tardifs.

Les succès obtenus pour les betteraves sucrières polyploïdes peuvent probablement être réalisés de même pour les betteraves fourragères. Les exploitations de sélection de la betterave fourragère sont plus réduites que celles de la betterave sucrière, mais elles travaillent aujourd'hui en collaboration avec la Fondation pour l'Amélioration des Plantes de Grande Culture, qui peut leur fournir régulièrement du matériel tétraploïde de sélection. Il est probable que de cette façon le retard qui existe encore dans le domaine de l'amélioration du point de vue polyploïdie par rapport à l'étranger, pourra être réduit. Par collaboration de l'Etat et de la pratique, des résultats peuvent être obtenus plus rapidement qu'auparavant.

Les betteraves polyploïdes se rencontrent actuellement dans les variétés de betteraves tant sucrières que fourragères et c'est pourquoi elles seront étudiées en même temps.

Dans l'amélioration on parle souvent de polyploïdie; cette notion doit d'abord être élucidée quelque peu. Chez la betterave on peut distinguer la période végétative et la période de reproduction. Au cours de la première période se forment les feuilles, le système racinaire et la racine pivotante se développent; au cours de la seconde période les tiges montent, la plante fleurit et porte des graines. La croissance résulte d'une division suivie d'une extension des cellules. A la floraison a lieu la fécondation par fusion des ovules et des grains de pollen. Ces cellules sexuelles possèdent la moitié des chromosomes des cellules de la plante. Ces chromosomes sont porteurs des caractères héréditaires et ils sont localisés dans les noyaux des cellules, mais quand ceux-ci sont au repos, ils ne sont pas visibles. L'on ne peut les observer qu'au cours de la division cellulaire car alors les chromosomes se rangent dans la plaque équatoriale du fuseau qui prend naissance dans le noyau.

Ils se clivent longitudinalement et se dirigent vers les pôles. A l'emplacement de la plaque équatoriale se forme une membrane de séparation qui

---

<sup>1)</sup> Received for publication December 10, 1956.

s'avance dans la cellule ; il en résulte de cette façon la formation de deux cellules qui possèdent le même nombre de chromosomes que la cellule mère.

Les betteraves polypléïdes s'obtiennent par l'emploi de la colchicine. Cette substance est toxique, elle appartient au groupe des alcaloïdes. Elle est soluble dans l'eau et influe sur la division cellulaire de façon qu'il ne se forme plus de fuseau. Les chromosomes se rangent bien au milieu du noyau cellulaire où ils se clivent longitudinalement, mais la division du noyau s'arrête à ce stade. De cette façon la cellule possède un nombre double de chromosomes (tétraploïde). La colchicine est employée depuis 1937 pour l'amélioration des plantes et elle a été utilisée pour plusieurs plantes cultivées. A ce propos, les résultats paraissent les plus concluants si la valeur culturale de la plantation est déterminée en premier lieu d'après les parties végétatives telles que les feuilles et racines. Pour la production de graines, chez le seigle par exemple, il est beaucoup plus difficile d'obtenir une augmentation du rendement. D'autre part les plantes susceptibles de subir un traitement à la colchicine possèdent un nombre réduit de chromosomes, par exemple le seigle, le trèfle, la betterave.

Chez les plantes à autofécondation, un grand nombre de sujets doivent être traités du fait qu'ils sont homozygotes pour de nombreux caractères ; alors que pour les plantes à fécondation croisée, qui sont hétérozygotes pour beaucoup de caractères on peut se contenter de traiter moins de plantes par famille ou variété. A ce propos on peut remarquer qu'il faut traiter un nombre suffisant de plantes pour obtenir une base de sélection importante.

#### TRAITEMENT À LA COLCHICINE ET CRÉATION DE FAMILLES TÉTRAPLOÏDES

Dans l'amélioration de la betterave, on utilise la colchicine sur les plantes en germination, les betteraves en pleine croissance et les plantes en fleurs. La substance peut être solubilisée dans l'eau. A la Fondation pour l'Amélioration des Plantes de Grande Culture de très bons résultats ont été obtenus par traitement à la colchicine au stade de la germination. Cette méthode est très simple et la semence traitée (traitement à 0,2% de colchicine, 2 heures, 28° C), est semée en serre dans de la terre de jardin. Les plantes qui ont été touchées par la colchicine se remarquent immédiatement par le ralentissement de la croissance, la formation de feuilles foncées et bosselées, et un système racinaire mal développé. Elles sont cultivées dans des conditions favorables et par la suite repiquées en plein champ avec une motte de terre, lorsque le traitement a été pratiqué au printemps.

Comme nous l'avons déjà indiqué, polypléïde est un multiple de haploïde qui correspond au nombre de chromosomes des cellules sexuelles. Les plantes aberrantes ne possèdent pas un nombre de chromosomes tétraploïde, mais elles sont mixoploïdes, c'est à dire que, à côté des cellules qui possèdent un nombre double de chromosomes, il en existe des diploïdes. Ceci résulte du fait qu'au moment de la colchicination, toutes les cellules n'étaient pas en voie de multiplication, ce qui a pour effet que toute la plante ne possède pas un nombre double de chromosomes. Dans l'amélioration de la betterave, il faut s'efforcer de ne laisser monter à graines que les plantes dans lesquelles on rencontre le plus grand nombre de cellules tétraploïdes ; c'est dans ce but qu'il est



FIG. 1 AU DESSUS PLANTES NORMALES ; DESSOUS PLANTES TOUCHÉES PAR LA COLCHICINE AVEC DE FEUILLES FONCÉES ET BOSSELÉES.

nécessaire d'examiner les noyaux cellulaires dans lesquels les chromosomes peuvent être dénombrés. D'après ce qui précède il est clair que ceci n'est possible que pour les cellules en voie de multiplication. Pour l'étude cytologique (du noyau cellulaire), on prend actuellement la base des petites feuilles où on rencontre la maximum de cellules en voie de division. Il est préférable de prélever l'échantillon à examiner dans le coeur même de la betterave, et si possible au cours de la matinée lorsque se produisent le plus grand nombre de divisions cellulaires. Après fixation et préparation des jeunes feuilles, on compte le nombre de chromosomes à l'aide d'un microscope de grossissement 800 à 1000. Etant donné que seulement quelques divisions cellulaires ont été touchées l'on ne peut effectuer qu'un triage global. Des betteraves dans lesquelles on trouve des cellules diploïdes sont éliminées, seules sont conservées les plantes possédant un nombre double de chromosomes ( $4n = 36$ ). Si aucun autre contrôle n'était effectué au cours de la première année de végétation de la betterave, le pourcentage de semences tétraploïdes à la récolte serait faible car le tissu diploïde croît plus vite que la tétraploïde si bien qu'un petit secteur diploïde peut s'agrandir en un grand secteur qui devient relativement plus important que le tissu tétraploïde.

Après la conservation en silo des betteraves considérées provisoirement comme tétraploïdes, on pratique le plantage et un nouveau contrôle avant la floraison. Ceci se fait quand les tiges ont environ 20 cm de long et en l'occurrence sur de jeunes feuilles prises sur différentes faces de la même tige, pour s'en faire une bonne image. Si l'on ne rencontre aucune cellule diploïde, les autres tiges sont éliminées et on récolte les graines de la tige conservée. Si l'on trouve des cellules diploïdes on étudie une autre tige. Seulement 4% des glomérules traités atteignent le stade de la fructification.

La récolte des semences est une opération importante dans la création de variétés polyploïdes, car la graine est tétraploïde, triploïde ou diploïde. Les

triploïdes résultent de la fécondation d'ovules diploïdes par du pollen haploïde ou de fécondation d'ovules haploïdes par du pollen diploïde. Ces triploïdes sont inutilisables pour la suite de l'amélioration car ils sont stériles par suite des irrégularités au cours de la réduction chromatique, c.à.d. la formation des cellules sexuelles. Au cours de cette division a lieu de clivage des chromosomes en deux parties. Chez la betterave diploïde les cellules de la plante ont 18 chromosomes, donc les cellules sexuelles en ont 9. Une plante triploïde a 27 chromosomes qui ne peuvent se diviser en un nombre égal de chromosomes (9 ou 18), d'où résulte la stérilité de la plante. Ces triploïdes doivent être éliminées, ce qui ne peut se faire par examen macroscopique, car ils ne se distinguent généralement pas beaucoup des diploïdes. Il faut à nouveau avoir recours à l'étude cytologique, et il est préférable de faire l'observation sur une petite feuille quand la plante est au stade 4 feuilles. Les betteraves tétraploïdes sont mises en pots et on récolte leurs graines ; à ce propos il faut signaler que l'on pratique le plus souvent un nouvel examen microscopique pour être certain du résultat. Le pourcentage de tétraploïdes après le premier examen cytologique est d'environ 70 à 80 %.

Il va de soi que l'on veut voir les résultats le plus rapidement possible et c'est pourquoi on s'arrange pour récolter des graines dès la première année. Ceci se fait de la façon suivante : Les graines sont semées en automne et

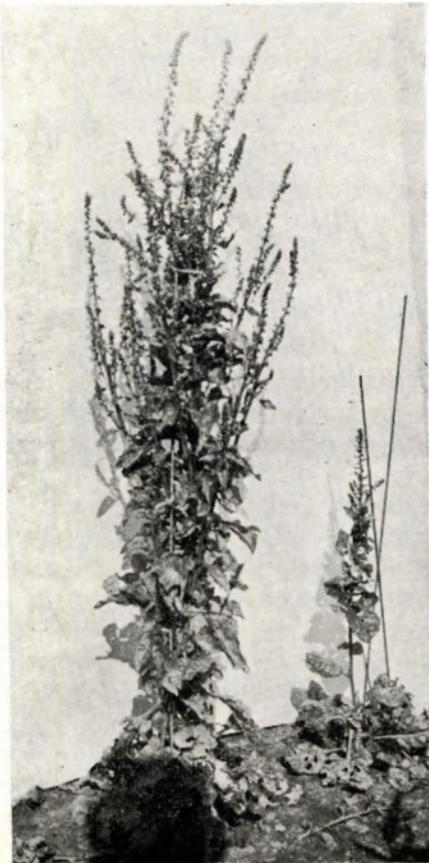


FIG. 2 QUELQUES  $C_0$  PLANTES QUI FLEURISSENT AVEC UNE TIGE.

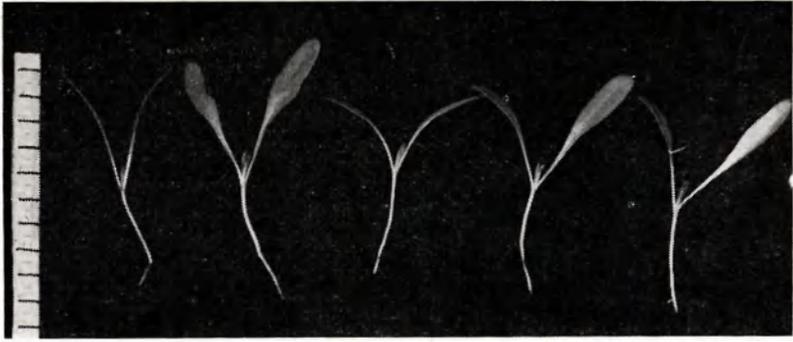


FIG. 3 C<sub>1</sub> PLANTES AU STADE 4 FEUILLES POUR EXAMINER CYTOLOGIQUE.

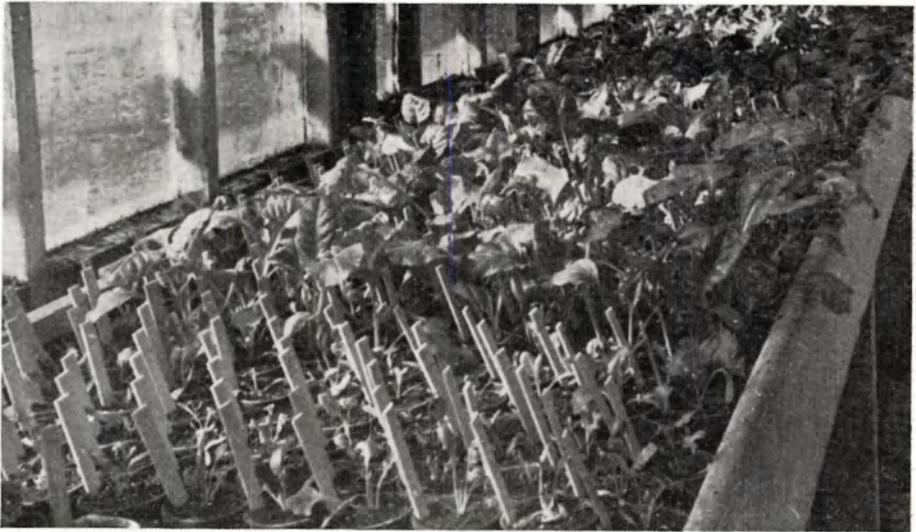


FIG. 4 BETTERAVES TETRAPLOÏDES (C<sub>1</sub>) MISES EN POTS EN SERRE.

vers la fin décembre on place les betteraves tétraploïdes en pots à des températures plus basses, c'est à dire que l'on pratique la vernalisation. A cet effet on peut très bien utiliser un local de conservation de plants de pommes de terre où la température est de l'ordre de 3° C. Il est recommandé d'avoir une faible lumière tuyaux T.L. pour que les plantes ne s'étirent pas trop et pour leur permettre d'assimiler. Dans la seconde quinzaine de février les betteraves en pots sont placées dehors, après la période des gelées, pour être plantées en plein champ la seconde quinzaine de mars. Les betteraves ont été assez longtemps en contact avec les basses températures pour pouvoir monter à graines quand la température s'élève et que les jours s'allongent. Sur une terre fertile elles donnent des betteraves à feuilles vigoureuses qui plus tard donnent une tige plus ou moins bien développée, produisant des graines assez grosses.

Les graines C<sub>2</sub> sont semées en champs d'essais et c'est alors que commence la création de variétés tétraploïdes. La pureté du matériel tétraploïde peut diminuer dans les générations suivantes pour des raisons multiples. L'appari-



FIG. 5 C<sub>1</sub> BETTERAVE MONTE À GRAINES APRÈS VERNALISATION DANS UNE ANNÉE.

tion de pollen haploïde est un grand danger car il se forme alors des triploïdes après fécondation (27 chromosomes) qui sont hautement stériles par suite des irrégularités au cours de la réduction chromatique. C'est pourquoi nous sommes très exigeants pour l'isolement du matériel tétraploïde. Von Rosen signale qu'il peut y avoir "break down" dans le jeune matériel tétraploïde, c'est à dire retour au stade diploïde. Nous étudierons de plus près dans quelle mesure ce phénomène se réalise dans la réalité, mais il faut tenir compte de son éventualité. Il s'ensuit que l'étude cytologique doit être poursuivie dans les générations futures. Les anaploïdes éventuellement présents, auxquels il manque un ou plusieurs chromosomes, se traduisant par une certaine stérilité, seront



FIG. 6 CHAMP DE BETTERAVES (C<sub>1</sub>) QUI FLEURISSENT DANS UNE ANNÉE (VE).

éliminés par sélection naturelle au cours des années. Ils produisent en effet moins de graines et en outre nous pouvons en éliminer un grand nombre à la récolte des betteraves en nous basant au cours l'été sur le type de feuille.

En 1956 nous avons pratiqué l'étude cytologique sur 3.035 portes graines ( $C_1$  et  $C_2$ ) et nous avons trouvé 293 plantes qui n'étaient pas tétraploïdes (triploïdes, anaploïdes), soit 9.6%. Nous en concluons qu'il est indispensable de poursuivre l'étude cytologique dans les générations futures.

La variabilité du matériel a beaucoup augmenté par doublement du nombre de chromosomes. Nous pouvons en tirer le maximum de profit si nous traitons à la colchicine un grand nombre de graines germées.

A la Fondation pour l'Amélioration des Plantes de Grande Culture nous nous efforçons de faire la récolte sur au moins 100 graines de betteraves  $C_0$  par variété, pour avoir une base de sélection plus importante.

Une difficulté dans l'amélioration des polyplloïdes réside dans le maintien de la pureté des familles tétraploïdes. Il faut attacher une grande importance à l'isolement du matériel. En premier lieu il faut attirer l'attention sur le fait que le pollen des betteraves diploïdes peut entraîner l'apparition de triploïdes inutilisables pour la suite de l'amélioration à cause de leur stérilité.

Pour continuer l'amélioration des variétés polyplloïdes, il est ainsi de première nécessité de pratiquer un examen cytologique sur les racines choisies pour éviter de laisser fleurir des diploïdes. En outre il faut les placer à une distance assez grande des familles diploïdes. La création de petites parcelles isolées au moyen de lignes de chanvre mérite d'être recommandée.

Passons maintenant aux variétés polyplloïdes qui en fait sont constituées par un mélange de tétra-tri- et diploïdes, résultant de croisements entre familles tétra- et diploïdes. Les grains de pollen des betteraves diploïdes sont plus petits que ceux des variétés tétraploïdes ( $\pm 20 \eta$  contre  $25 \eta$ ). Ils sont plus actifs et présentent une plus grande vitalité que le pollen diploïde des familles tétraploïdes et ils croissent plus rapidement dans les styles vers les ovules. Ainsi s'il tombe simultanément des grains de pollen de betteraves tétraploïdes et diploïdes sur des fleurs de sujets tétraploïdes, il se formera des graines triploïdes. Cette croissance plus rapide a comme conséquence l'obtention d'un fort pourcentage de graines triploïdes qui sont commercialisées par les sélectionneurs.

Dans la littérature on signale que les betteraves triploïdes ont un rendement supérieur aux tétra- et diploïdes et c'est pourquoi on trouve des triploïdes dans les semences polyplloïdes proposées dans le commerce. Ce pourcentage est néanmoins très variable et dépend de la plus ou moins grande simultanéité de floraison des familles tétra- et diploïdes, de la façon d'opérer le répiquage, la récolte, le triage, etc. ; ce point sera élucidé.

Théoriquement, il est possible d'obtenir un fort pourcentage de betteraves triploïdes quand la répartition de la plantation est la suivante : quatre plantes tétraploïdes pour une plante diploïde. Ce pourcentage peut atteindre 95% de triploïdes avec comme moyenne 75%, si les semences des tétra- et diploïdes sont récoltées en mélange.

Dans la pratique, on est satisfait quand on atteint 50% de triploïdes, 40% de tétraploïdes et 10% de diploïdes. Ce résultat s'obtient en mélangeant 1 unité (en poids) de graines diploïdes avec 3 unités de tétraploïdes. Il est préférable de ne pas semer trop dru pour que les betteraves puissent se

développer (et se trouver isolées), car les diploïdes croissent généralement un peu plus vite et à la récolte des betteraves celles-ci pourraient se trouver favorisées si on tenait compte uniquement de la grosseur. Après la conservation en silo, les betteraves sont plantées en plein champ et elles fleurissent en même temps. La semence ainsi récoltée est livrée au commerce. Le pourcentage des triploïdes n'est pas toujours ce que l'on aurait espéré car on ne peut pas contrôler la plantation.

Ceci est cependant possible si l'on sème séparément les semences tétraploïdes et diploïdes et si l'on transpose ultérieurement les betteraves dans un certain ordre; par exemple une rangée de diploïdes suivie de trois rangées tétraploïdes, ensuite une rangée de diploïdes, trois rangées tétraploïdes, etc. Cette façon de planter est exigeante en main d'oeuvre, mais on peut alors surveiller la simultanéité de floraison des betteraves diploïdes et tétraploïdes. Actuellement il est possible d'obtenir un fort pourcentage de semences triploïdes en éliminant les betteraves diploïdes après la floraison, mais la semence devient alors plus chère. Si l'on pratique un tamisage des semences de betteraves diploïdes et tétraploïdes, il est possible d'éliminer un fort pourcentage de diploïdes car les graines sont plus petites, mais alors le prix de revient est également plus élevé.

Pour commercialiser des semences polyploïdes il faut donc surmonter plusieurs difficultés. Dans le matériel apparaissent cependant des caractères de grande valeur qui compensent largement cet effort.

En conclusion signalons qu'à la Fondation pour l'Amélioration des Plantes de Grande Culture le plus souvent on plante une betterave tétraploïde au milieu de quatre betteraves diploïdes, ce qui permet de récolter sur les betteraves tétraploïdes 80 à 95 % de semences triploïdes. On recherche ce fort pourcentage pour pouvoir déterminer la capacité de production maximum des triploïdes.

Un essai dans lequel on planta 25 betteraves a mis en évidence la grande influence des grains de pollen des betteraves diploïdes sur la pureté des familles tétraploïdes. Une betterave de la bordure était une betterave rouge diploïde et les 24 autres étaient tétraploïdes. Le pourcentage de triploïdes était de 60 à 70 % pour les betteraves les plus proches et de 15 à 20 % pour les plus éloignées.

Le matériel tétraploïde résultant de variétés diploïdes s'écarte de celles-ci sur différents points de vue et c'est pourquoi elles sont considérées comme "variétés" nouvelles. Donnons d'abord quelques indications complémentaires :

"Variétés" de betteraves sucrières tétraploïdes :

Sx origine Kuhn P,

Sy origine Kleinwanzlebener E (K.W.E.).

"Variétés" de betteraves fourragères tétraploïdes :

VA origine Friso,

VB origine betterave fourragère sucrière CB (VSBCB).

"Variété" de betterave fourragère tétraploïde à forte teneur en matière sèche :

VC origine Alpha,

"Variété" de betterave fourragère tétraploïde à faible teneur en matière sèche :

VD origine Barres Strynø 10 (BS).

#### PARTICULARITÉS MORPHOLOGIQUES

Pour créer le champ d'essais il est nécessaire d'effectuer des essais pour reconnaître le pouvoir germinatif des semences des betteraves C<sub>1</sub>.

En même temps on détermine le poids de 1000 grains et il semble actuellement qu'il existe une grande variabilité dont il sera question plus loin. En général, les glomérules sont plus gros, mais on rencontre également de petites graines dont le pouvoir germinatif est décevant.

En poussant plus loin la sélection, l'uniformité de la semence récoltée augmentera certainement.

Dans les champs d'essais, la semence tétraploïde fut semée en même temps que le matériel diploïde, au cours de la première quinzaine d'avril. En 1955, on remarqua au cours du printemps où les conditions climatiques étaient défavorables, que les tétraploïdes se développaient un peu plus lentement que les diploïdes, mais plus tard les différences étaient beaucoup moindres. Les grands limbes foliaires larges qui se forment rapidement sont surtout très frappants. Elles ont des feuilles relativement plus larges et des pétioles plus courts. Le port est plus étalé, ce qui est visible surtout lors de la première quinzaine de juin. Au cours de cette période ces différences sont les plus prononcées par temps chaud, et elles s'atténuent par la suite.

En général les tétraploïdes se remarquent par leur port étalé qui recouvre le sol, ce qui est important pour la lutte contre les mauvaises herbes. Dans des parcelles de quelques familles on rencontre des plantes vigoureuses à côté de plantes plus petites. Ceci peut être une conséquence de l'anaploïdie car les betteraves plus petites ont souvent également un type de feuille quelque peu différent (plus étroit). Si l'on examine un champ d'essais à distance, on remarque la couleur un peu plus claire des tétraploïdes.

Les betteraves à sucre tétraploïdes forment les limbes foliaires les plus larges et on remarque surtout Sy dont les interlignes étaient déjà couvertes au 10 juin en 1956 (semis 10 avril, démariage vers le 15 mai).

Les betteraves fourragères tétraploïdes donnent un peu moins de feuilles, mais elles se distinguent cependant nettement du matériel diploïde de départ.



FIG. 7 A GAUCHE : FAMILLE DE "VARIÉTÉ" SX ; À DROITE : VARIÉTÉ KUIN P.

Les betteraves destinées à fournir des semences s'obtiennent par semis en avril par un certain écartement des graines de chaque famille et par un démariage ultérieur. Il est recommandé de marquer au cours du mois de juin les betteraves bien développées ce qui entraîne pour l'année suivante la possibilité de ne pas utiliser des anaploïdes pour l'obtention des semences.

Il est reconnu que les betteraves tétraploïdes croissent un peu moins vite physiologiquement. Vers la mi juin elles ont une à deux feuilles de moins que les diploïdes. Leurs cellules sont plus grandes et elles ont des stomates plus grands.

Les différences dans les types de feuilles sont réduites en automne. A l'arrachage, on remarque le plus souvent que les betteraves tétraploïdes ont un collet plus large que les diploïdes ce qui peut être la conséquence du nombre plus réduit de feuilles implantées sur le collet et les pétioles plus larges qui se forment.

La forme des betteraves est bonne, et on n'a pas trouvé de familles de betteraves sucrières à proprement parler fourchues. En général, les betteraves sont bien remplies et relativement longues. Les betteraves sucrières sont souvent tronconiques et les betteraves fourragères tétraploïdes sont le plus souvent plus grosses que les variétés diploïdes et la forme des VC, VD et VE est bonne. Souvent la couleur foncée des variétés colorées VD et VE pouvant résulter de croisements avec des betteraves non colorées est très frappante.

Les betteraves  $C_2$  destinées à l'obtention de graines sont mises en silo au début de l'automne. On s'efforce de récolter des betteraves bien développées qui pourront fournir une bonne quantité de semences au cours de leur deuxième année. Il est préférable de repousser à la deuxième année l'éventuel examen cytologique sur les jeunes feuilles du coeur, car en découpant la feuille prêt du point végétatif on provoque souvent quelques petites blessures qui rendent le milieu favorable à la pourriture. La mise en silo se fait de la

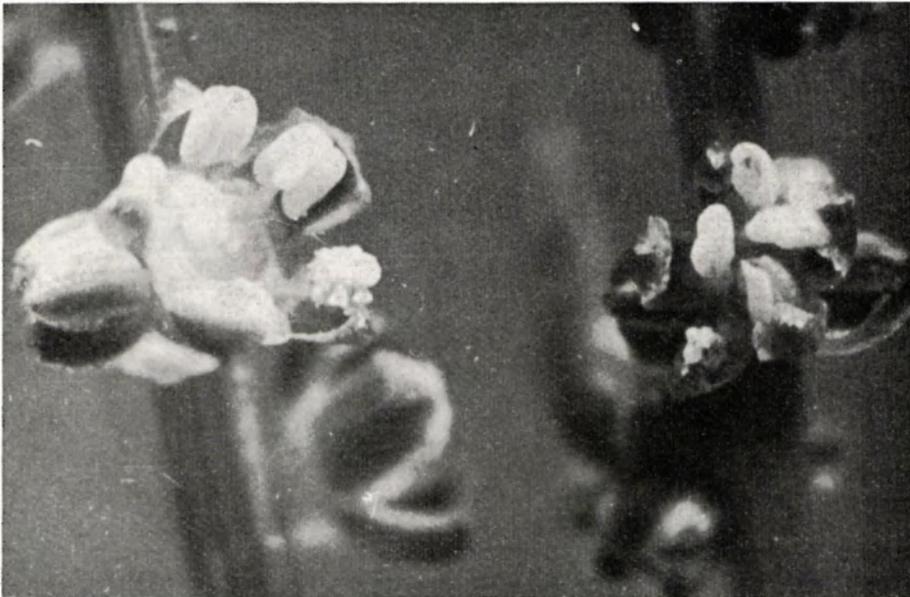


FIG. 8 UNE FLEUR DE BETTERAVE TÉTRAPLOÏDE ; UNE FLEUR DE BETTERAVE DIPLOÏDE.

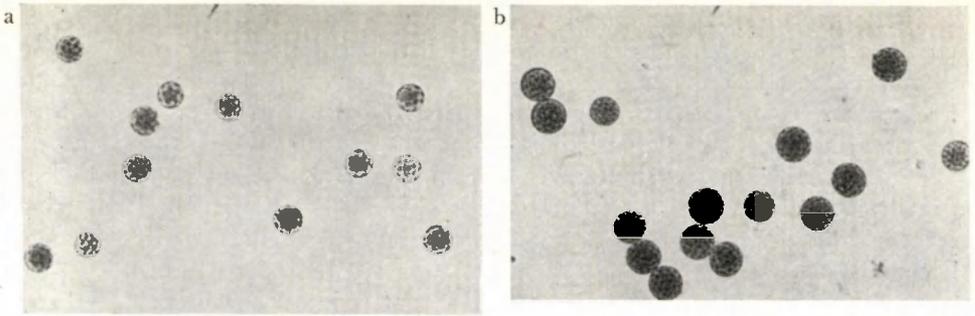


FIG. 9 a. GRAINS DE POLLEN MONOPLOÏDES (KWE) ; b. GRAINS DE POLLEN DIPLOÏDES (SY).

façon habituelle. L'expérience a montré que la conservation dans une atmosphère fraîche à température  $\pm 3^{\circ}$  C donne entière satisfaction. Il va de soi qu'il faille accorder au cours de la conservation le plus grand soin aux betteraves fourragères tétraploïdes peu riches.

Les betteraves sont plantées tôt en plein champ ce qui a permis d'établir qu'une plantation à profondeur assez grande donne bonne satisfaction. Si l'on effectue un examen cytologique au champ certaines difficultés peuvent surgir à cause des particules de terre sur les feuilles. Par l'étude cytologique d'échantillons pris sur les jeunes tiges on évite cet inconvénient.

Les betteraves tétraploïdes se développent bien au printemps et elles donnent des tiges vigoureuses qui se ramifient bien. Elles fleurissent généralement un peu plus tard que les betteraves diploïdes mais les différences ne sont généralement pas très grandes d'après des essais de croisement. Les grains de pollen sont généralement plus gros que ceux du pollen haploïde, mais il y a une grande variabilité. Il se forme moins de fleurs par glomérule si bien qu'il y a moins de glomérules par rapport aux variétés diploïdes. La maturation des graines se fait généralement bien, ceci n'a entraîné aucune difficulté. Il va de soi que les glomérules formés les premiers produisent les meilleures graines et en éliminant par tamisage les graines fines, formées les dernières, on obtient un bon lot.

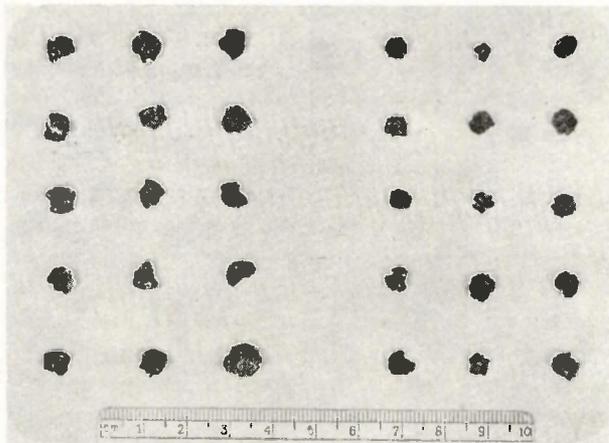


FIG. 10 A GAUCHE : GLOMÉRULES TÉTRAPLOÏDES (VC) ; À DROITE : GLOMÉRULES DIPLOÏDES (ALPHA).

## QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES

Pour le jugement de la valeur des betteraves  $C_1$ , qui descendent de la même betterave  $C_0$  on mélange les graines des betteraves de la  $C_1$ .

Le pouvoir germinatif du matériel  $C_2$  est bon en général, sauf quelques exceptions qui résultent probablement de l'apparition de betteraves  $C_1$  anaploïdes. Généralement, les glomérules produisent en moyenne une plantule de bonne qualité. Lors de la création du champ d'essais on s'efforce d'obtenir au moins 10 plantules par poquet.

L'aménagement du champ d'essais repose sur 3 ou 4 répétitions, les parcelles sont séparées par une rangée de Peragis rouges, ce qui limite au maximum les erreurs à la récolte. Les écartements sont de 40 cm entre les lignes et 30–33 cm sur les lignes, ce qui permet d'obtenir un nombre suffisant de betteraves à l'hectare.

Chaque année, le champ d'essais est aménagé sur du limon riche de rivière. Les semences sont semées à la main au cours de la première quinzaine d'avril. Au cours de l'été, on note le développement des familles, la surface couverte du sol, le type de feuilles, la résistance aux maladies, le nombre de manquants, le pourcentage de montées à graines, etc.

Les betteraves du champ d'essais sont arrachées, dans le courant d'octobre, en commençant par éliminer les rangées de bordure. Pour la détermination du poids vert, on utilise toutes les betteraves. En 1953, elles furent pesées au champ même à l'aide d'une balance à ressort, ce qui a donné entière satisfaction au cours de cet automne sec. Pour chaque parcelle de 100 betteraves, on détermine le poids moyen, et pour la détermination de la matière sèche, on choisit 25 betteraves qui au total représentent 25 fois le poids moyen. Ensuite elles furent coupées dans un coupe racines identique à celui utilisé par les cultivateurs. Dans ce matériel coupé grossièrement on choisissait un échantillon de quelques kgs que l'on mit dans un petit sac en cellophane, et qui par la suite était rapé finement. Dans cette râpüre furent déterminées les teneurs en matière sèche en desséchant deux échantillons au contact d'une substance desséchante à 104° C.

Au cours de l'année 1954 fut aménagé un laboratoire de betterave comprenant une machine à laver les betteraves, Alfelder, de 92 cm de diamètre, dans laquelle les betteraves tournent en rond sur un fond en tôle ondulée qui tourne à 130 tours minute. Des jets d'eau sous une pression de 5 atmosphères et sous un angle de 45°, dirigés en sens inverse du sens de rotation du fond, sont projetés sur les betteraves par des pulvérisateurs. En 1954 les betteraves à sucre étaient propres en 3 minutes et les fourragères au bout d'environ 1 minute. En 1955 la durée du lavage pouvait être réduite car les betteraves étaient plus propres à l'arrachage. Elles étaient coupées par 6 scies rotatives tournant à 3000 tours minute. Le produit était recueilli et par la suite mélangé dans le mélangeur Alkala qui pratiquait ce mélange en 10 secondes. Ensuite on prenait des échantillons en double pour la détermination de la teneur en matières sèches. En 1955 on détermina pour la première fois les teneurs en sucre et en 1954 et 1955 on détermina les teneurs en matières azotées par la méthode Kjeldahl dans la matière sèche de quelques "variétés" de betteraves sucrières et fourragères.

Comme critère pour la valeur des familles tétraploïdes on utilise en premier

lieu le poids de matières sèches. Les "variétés" de betteraves sucrières seront surtout utilisées dans le but de croisements et c'est pourquoi la production de matières sèches est un bon moyen pour en apprécier la valeur.

Pour l'utilisation des résultats des champs d'essais il a été tenu compte des manquants dans les différentes parcelles. S'il y avait plus de 10% de manquants la parcelle était éliminée. En 1954 on étudia un grand nombre de familles tétraploïdes et on pouvait corriger les erreurs graphiquement pour le nombre de manquants. En 1955 une correction se faisait car il y avait moins de familles.

En 1953, les deux "variétés" de betteraves sucrières tétraploïdes furent comparées avec les variétés commercialisées d'où elles étaient tirées. En 1954, on put également semer sur le champ d'essais pour la première fois 4 "variétés" de betteraves fourragères tétraploïdes, et en 1955 on recommença la même opération avec les mêmes 6 "variétés" tétraploïdes. On utilisa un nombre suffisant de parcelles d'une variété diploïde pour une correction éventuelle de la fertilité. Le plus souvent on plantait à intervalles réguliers 4 bandes sur toute la largeur du champ d'essais.

Quelques résultats obtenus des dernières années, après correction suivant le nombre de manquants, sont rassemblés dans les tableaux suivants :

FAMILLES TÉTRAPLOÏDES  
Rendements en matières sèches

1953

Sx 25 familles, 4 meilleures que Kuhn P  
Sy 19 " 15 " " K.W.E.

TENEURS EN MATIÈRES SÈCHES

Sx 22,3 26,6 % moyenne 24,5 % Kuhn P 25,6 %  
Sy 20,4 23,8 % " 23,0 % K.W.E. 23,8 %

1954 RENDEMENTS EN MATIÈRES SÈCHES PAR PARCELLE

Sx	25 familles,	11,4–14,4 kgs,	moyenne	13,1 kgs		
Sy	18 "	14,5–16,4 "	" "	15,6 "		
VA	60 "	13,2–17,4 "	" "	15,5 "	Friso	16,9 kgs
VB	78 "	13,9–18,8 "	" "	15,7 "	VSBCB	17,1 "
VC	46 "	14,4–17,3 "	" "	15,9 "	Alpha	17,4 "
VD	42 "	15,2–17,8 "	" "	16,6 "	BS	16,9 "

1955

Sx 16 familles, 4 meilleures que Kuhn P  
Sy 5 " 4 " " K.W.E.  
VA 25 " 7 " " Friso  
VB 15 " 8 " " VSBCB  
VC 10 " 9 " " Alpha

Les betteraves C<sub>2</sub> diffèrent sur beaucoup de points de vue du matériel diploïde d'origine. Le bouquet foliaire est plus important, il s'étale sur le sol qu'il recouvre davantage ce qui présente un intérêt dans la lutte contre les mauvaises herbes. Il est possible que de cette façon elles puissent assimiler davantage car il résulte des recherches de Boonstra que les betteraves qui ont formé un bouquet foliaire important pendant la deuxième quinzaine de juin, peuvent accumuler par la suite beaucoup de matériel dans leurs racines sous forme d'aliments de réserves. On ne nota pas de grosses différences dans

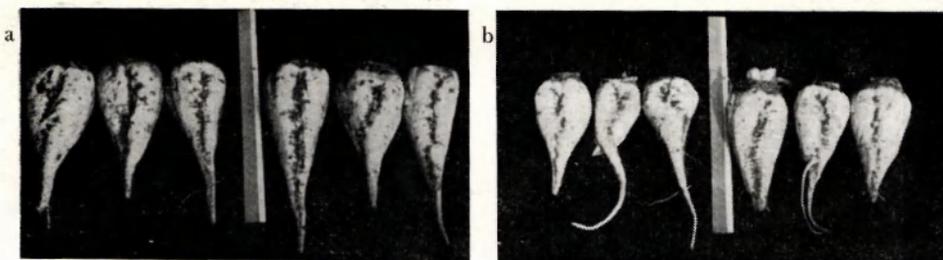


FIG. 11 a. BETTERAVES D'UNE BONNE FAMILLE SY ; b. BETTERAVES DE VARIÉTÉ KWE.

les teneurs en matières sèches, les matières azotées et la teneur en sucre entre les tétraploïdes et diploïdes. Il y a cependant une grande variabilité dans les tétraploïdes ce qui permet de faire la sélection dans le sens des teneurs élevées. D'autre part on peut se baser pour la betterave fourragère sur la teneur en matières sèches. Il reste encore à déterminer dans quelle mesure la teneur en matières azotées peut être introduite dans les recherches.

En général, on obtient un rendement supérieur en augmentant le poids vert des betteraves, qui en outre ont généralement une forme très convenable. A ce propos il faut noter qu'en moyenne les betteraves tétraploïdes des champs d'essais ont été arrachées un peu tôt pour pouvoir obtenir le rendement maximum car, du point de vue physiologique, leur croissance est un peu plus lente que celle des variétés diploïdes. Aussi les différences seront encore plus marquées pour les récoltes tardives en raison de la maturité plus précoce des variétés diploïdes.

Les différences de pouvoir germinatif et de la taille moyenne des glomérules des familles tétraploïdes sont très frappantes. Elles sont dues peut-être à la présence d'anaploïdes. Cette différence est également à considérer dans les champs d'essais où poussent des betteraves plus grandes à côté d'autres plus petites, avec un type de feuille différent. Par une sélection plus poussée ces différences vont s'atténuer, il faudra prêter l'attention à des betteraves qui se développent bien. D'autre part on peut tenir compte des variations du nombre de chromosomes par examen cytologique. Ce à quoi il faut attacher la plus grande importance dépend du but recherché. D'une part, on peut prêter beaucoup d'attention au nombre de chromosomes dans le jeune matériel ce qui implique l'étude d'un grand nombre de betteraves pour avoir une base de sélection assez vaste. D'autre part, le sélectionneur veut avoir le plus rapidement possible une idée sur la valeur de son matériel tétraploïde. Il n'effectuera pas une sélection sévère pour la pureté, mais il multipliera rapidement les familles tétraploïdes pour avoir au plus tôt les résultats des champs d'essais.

Par la suite en prêtant l'attention à la pureté des jeunes betteraves tétraploïdes et en pratiquant des examens cytologiques au cours de la deuxième année, il pourra également créer des familles tétraploïdes pures.

En général il importe de ne pas être trop catégorique dans le jugement de la valeur génétique du matériel  $C_2$ . Il est préférable de la multiplier rapidement et de sélectionner plus sévèrement par la suite.

Les résultats déjà acquis indiquent que les "variétés" tétraploïdes peuvent avoir un rendement au moins égal à celui des variétés diploïdes, ce qui ne veut pas dire qu'il faille abandonner les variétés polyploïdes qui comportent

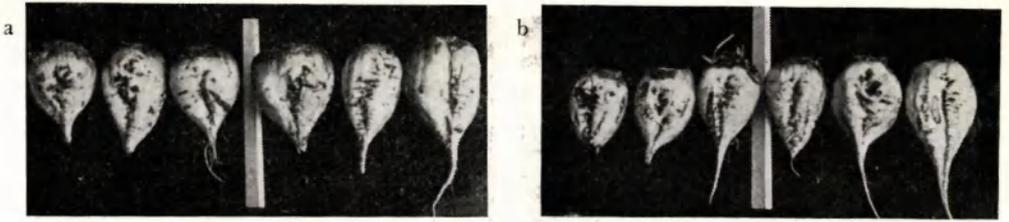


FIG. 12 a. BETTERAVES D'UNE BONNE FAMILLE VC ; b. BETTERAVES DE VARIÉTÉ ALPHA.

des betteraves tétraploïdes, triploïdes et diploïdes. On en conclut seulement que le matériel tétraploïde est très précieux et qu'il peut être utilisé à des fins diverses.

La résistance à la montée à graines est importante car en moyenne il y avait moins de montées à graines que dans les variétés diploïdes, du commerce, auxquelles on les a comparées dans des champs d'essais de montées à graines. Ces dernières années, le nombre de montées à graines était réduit dans les champs d'essais. On ne sait pas dans quelle mesure les graines peuvent être semées plus tôt, car il faut tenir compte de la température minima de germination de la semence tétraploïde et la résistance des plantules aux conditions atmosphériques déforables.

Les poids de 1000 grains sont nettement supérieurs à ceux des semences diploïdes (15–20 g). Il y a de grosses différences et par une sélection plus poussée nous nous orienterons dans le sens des graines de taille moyenne. Le



FIG. 13 CHAMP DE BETTERAVES DE BONNES FAMILLES ( $c_2$ ) QUI FLEURISSENT DANS LEUR DEUXIÈME ANNÉE.

nombre de germes est en moyenne inférieur à celui des diploïdes (1,5 à 2) sans que nous puissions parler pour autant de caractère monogène héréditaire.

Certaines familles qui au début paraissent médiocres peuvent donner de meilleurs résultats par la suite, quand les anaploïdes etc. auront disparu par sélection naturelle. Rasmusson signale qu'il n'est possible de sélectionner de façon efficace qu'à la C<sub>5</sub>.

D'après ce qui précède, le matériel tétraploïde possède différentes propriétés de grande valeur. Les sélectionneurs néerlandais en ont déjà eu à leur disposition, sous des conditions spéciales. Nous nous efforcerons de créer par sélection des familles, des "variétés" de betteraves sucrières et fourragères à rendements supérieurs à ceux des variétés diploïdes actuelles.

#### CROISEMENTS DE VARIÉTÉS TÉTRAPLOÏDES

Les "variétés" de betteraves sucrières et fourragères tétraploïdes seront également utilisées pour faire des croisements. La première idée qui vient à l'esprit est d'utiliser l'effet d'hétérosis par croisement entre betteraves sucrières et fourragères et entre des betteraves fourragères de teneur riche et pauvre. Tout d'abord, nous établirons les croisements les meilleurs et par la suite nous verrons si l'effet d'hétérosis peut être renforcé en croisant les meilleures familles entre elles.

L'emploi de "variétés" de betteraves colorées VD et VE permet d'établir la pourcentage de croisements, ce pourcentage peut même déterminé dès le démariage par comptage des plantules colorées. Un inconvénient de l'hétérosis réside dans le fait qu'il y a toujours un certain pourcentage d'autofécondations ce qui se rend la F<sub>1</sub> hétérogène. A la Fondation pour l'Amélioration des Plantes de Grande Culture, nous nous efforçons d'obtenir un fort pourcentage de croisements, qui sera maximum quand nous pourrons utiliser la stérilité mâle.

Il est possible d'obtenir de nouvelles variétés en faisant une sélection d'après la forme et la couleur dans la F<sub>1</sub> des croisements présédents, et d'adapter par la suite une sélection des familles. Les produits de sélection aussi obtenus deviennent plus homogènes au cours des générations suivantes et sont reconnus plus tôt dans la pratique.

Une autre forme d'amélioration consiste à appliquer une sélection récurrente sur laquelle nous n'insisterons pas. Nous étudions les possibilités d'améliorations offertes par les croisements de betteraves sucrières et fourragères, dont la F<sub>1</sub> est à nouveau croisée avec des fourragères.

Au cours des dernières années, nous avons fait des croisements de betteraves sucrières et fourragères tétraploïdes, dans le rapport 1/4, pour récolter en F<sub>1</sub> un fort pourcentage sur les betteraves sucrières (dans plusieurs cas jusqu'à 80% sur les betteraves sucrières).

Quelques croisements, par exemple Sy × VC semblent avoir donné satisfaction. Pour ces essais provisoires nous n'avions pas de renseignements sur les parents ; il va de soi que les résultats seront encore meilleurs quand nous croiserons les meilleures familles entre elles. En 1956 nous étudions le comportement d'un certain nombre de ces croisements en champs d'essais.

#### L'EMPLOI DES TRIPLOÏDES

Dans la littérature, on signale que les triploïdes peuvent donner des rendements les meilleurs, aussi les variétés de betteraves sucrières polyplloïdes com-

mercialisées comportent elles un mélange de tétraploïdes, triploïdes et diploïdes. Etant donné que le pollen monoploïde est environ deux fois plus actif que le pollen diploïde, ce sont surtout les betteraves diploïdes qui fournissent le pollen. En plantant une betterave diploïde pour quatre betteraves tétraploïdes, le pourcentage des triploïdes pourrait atteindre 75% (récoltées sur les betteraves tétraploïdes et diploïdes), mais dans la pratique il est au plus égal à 50% ou même moins. Ce pourcentage dépend de la plantation, de l'époque de floraison et de la façon de faire la récolte, de tamisage des graines etc. Si l'on sème un certain mélange de graines tétraploïdes et diploïdes, il est préférable de laisser un écartement suffisant parce que les diploïdes poussent un peu plus vite. Nous n'insisterons pas sur les autres difficultés rencontrées dans cette méthode d'obtention des graines. Il est à prévoir qu'il faut établir certaines exigences pour le pourcentage minimum des triploïdes dans les semences polyploïdes du commerce, mais le contrôle de ce pourcentage est très difficile étant donné qu'il ne peut être fait que par étude cytologique.

A la Fondation pour l'Amélioration des Plantes de Grande Culture nous employons des variétés tétraploïdes pour les croiser avec des variétés diploïdes, afin de combiner la triploïdie et l'effet d'hétérosis. Les meilleurs résultats s'obtiennent probablement par croisement de variétés de betteraves sucrières avec des variétés fourragères, et aussi par croisement avec des betteraves fourragères riches et des variétés plus pauvres. En règle générale les tétraploïdes et diploïdes sont dans le rapport  $1/4$ , d'où il résulte un pourcentage élevé de semences triploïdes récoltées sur les plantes tétraploïdes. Dans la plupart des cas, celui-ci est supérieur à 80–90%, ce qui peut se vérifier à la vue si le parent mâle étant coloré et par la suite on peut déterminer de quelle façon ceci est applicable dans la pratique, par exemple par l'utilisation de la stérilité mâle.

Les croisements de Sy avec Friso, Alpha et Eureka semblent avoir donné de bons résultats. La richesse est intermédiaire, mais par suite d'une certaine autofécondation dans les variétés tétraploïdes et diploïdes, elle se rapproche de celle de la variété sur laquelle on récolte les graines. Les meilleurs croisements étant connus, le résultat peut encore être amélioré en croisant entre elles les meilleures familles.

En 1956, nous étudions un certain nombre d'autres croisements en champs d'essais, certains sont promettants vu leur développement foliaire.

## RÉSUMÉ

L'emploi des semences polyploïdes est l'un des moyens pour augmenter le rendement des betteraves sucrières et fourragères. C'est dans ce but que, à la Fondation pour l'Amélioration des Plantes de Grande Culture nous avons traité des graines germées à la colchicine, et nous avons pratiqué l'étude cytologique sur les jeunes feuilles. Les plantes dans lesquelles nous n'avons pas trouvé de cellules diploïdes ont subi une nouvelle étude cytologique la deuxième année, ces tiges ont donc produit des graines n'ayant pas de cellules diploïdes (une tige par betterave).

Les graines récoltées sont semées en serre à l'automne. La pureté du matériel tétraploïde sera maintenue par étude cytologique.

Ces dernières années, nous avons créé des champs d'essais avec des familles tétraploïdes des variétés de betteraves :

sucrières Sy et Sy

foutragères sucrières VA et VB

foutragères VC (teneur élevé) et VD (teneur faible).

Les betteraves tétraploïdes se sont révélées différentes des variétés diploïdes du commerce du point de vue morphologique, forme des feuilles, développement des feuilles, forme des betteraves, tendance à la montée à graines, dimensions des glomérules et nombre de plantules par glomérule. Les semences des différentes familles ont été semées à la main avec 3 ou 4 répétitions dans des champs d'essais ; une rangée de betteraves rouges Peragis formait la bordure des parcelles.

Grâce à l'aménagement du laboratoire de betteraves la récolte de l'ensemble des parcelles peut être lavée, pesée et utilisée pour la détermination de la teneur en matières sèches en sucre et matières azotées parce que les graines pour l'obtention des betteraves sont semées dans des parcelles à part.

Les résultats montrent l'apparition de variations dans les différents teneurs ce qui permet une sélection. Ceci est valable également pour les rendements en matières sèches qui équivalent celles des variétés diploïdes commercialisées.

Les recherches se poursuivent.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BOONSTRA, A. E. H. R. : Grotere opbrengst bij bieten door verlenging van de groeiduur. *Med. v.h. Inst. v. Suikerbietenteelt* 11 (1941) 29-48.
- KLOEN, D. and G. J. SPECKMANN : The creation of tetraploid beets. *Euphytica* 2 (1953) 187-196.
- -, - - : The creation of tetraploid beets II. Selection in the first generation (the C<sub>1</sub>) from treated material. *Euphytica* 3 (1954) 34-42.
- -, - - : The creation of tetraploid beets III. Cytological checking in the second generation (the C<sub>2</sub>) of the treated material. *Euphytica* 3 (1954) 154-160.
- -, - - : The creation of tetraploid beets IV. Morphological and physiological characteristics of the C<sub>2</sub>. *Euphytica* 6 (1956) 308-322.
- RASMUSSEN, J. : Autotetraploid sugar beets. *Hereditas* 39 (1953) 257-269.
- ROSEN, G. VON : Problems and methods in the production of tetraploids within the genus *Beta*. *Socker* 5 (1949) 199-217.