

PROTOCOLE DE SÉLECTION



Objectif de sélection : augmentation du potentiel de rendement et de la précocité

Critère de sélection : poids de l'épi et floraison mâle

Objectif de recherche participative : évaluer l'efficacité de la sélection massale

Découvrez en fin de document les effets du protocole P2C étudié sur 5 populations de maïs. Cette étude nous a permis de nous rendre compte que la sélection négative sur floraison mâle **UNIQUEMENT** est à éviter ! Ce protocole est donc en partie caduc.

Etape 1 : Surveiller les floraisons et définir votre moment d'intervention

La **sélection massale négative** consiste à **exclure de la sélection** une partie des individus d'une population sur des caractères observables avant ou pendant les floraisons. L'idée est d'empêcher ces individus d'émettre leur **panicule** (fleur mâle) et de transmettre une génétique non désirée en fécondant d'autres individus susceptibles d'être sélectionnés à la récolte.

Dans ce protocole de sélection, notre objectif est de rendre la variété plus précoce. Pour cela, nous allons **castrer ou détruire les plantes les plus tardives de la population**.

Pour repérer ces plantes il faut surveiller attentivement la dynamique d'émission des panicules dans la population.

-Si vous souhaitez éliminer les **40%** des plantes les plus tardives, il faut intervenir lorsque **6 pieds sur 10** ont leur panicule visible.

-Si vous souhaitez éliminer les **30%** des plantes les plus tardives, il faut intervenir lorsque **7 pieds sur 10** ont leur panicule visible.

-Pour **20%**, **8 pieds sur 10**, etc.

Exemple :

Seuil d'intervention = 30% = 0,3

Date = 17 juillet

Date de semis = 15 avril

Votre seuil :

Seuil d'intervention =

Date =

Date de semis =





Etape 2 : Dimensionner la sélection

A. Identifiez le **besoin en semence (en nombre de grains)** pour l'année suivante.

Besoin en semence = densité de semis * la surface à semer + une quantité de sécurité

Dans ce protocole, nous prendrons un **nombre de grains de sécurité de 15 000 grains** (environ 4 kg)

Exemple :

$$\text{Besoin en semence} = 75\,000 * 0,5 + 15\,000 = 52\,500$$

Vos besoins :

$$\text{Besoin en semence} = \quad * \quad + 15\,000 =$$

B. Prévoir le **nombre moyen de grains par épi**

Il est presque impossible de prévoir le nombre de grain moyen par épi avant la fin du cycle de culture. En fonction de votre expérience et des potentiels de production de votre parcelle, vous pouvez estimer ce chiffre. Une année de sécheresse avec un fort stress hydrique vous donnera un minimum de **130 grains par épi** et lorsque les conditions culturales sont bonnes, on comptera d'avantage **500 grains par épi**. Par sécurité, nous vous conseillons de choisir un potentiel de **250 grains par épi**.

C. Calculez le **nombre d'épis à sélectionner**

Calculez le **nombre d'épis à sélectionner** en fonction du **nombre moyen de grains par épi** et de vos **besoins en semences**. Vous pouvez vous servir de la formule ou du tableau ci-dessous.

$$\text{Nombre d'épis à sélectionner} = \frac{\text{besoin en semence}}{\text{nombre de grains par épi}}$$

| Estimation du nombre de grains par épi | Besoin en semences (en nombre de grains) | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | 1000 | 3000 | 10 000 | 20 000 | 40 000 | 50 000 | 60 000 | 70 000 | 80 000 | 90 000 | 100 000 | 200 000 | 400 000 | 800 000 |
| bas potentiel 200 grains | 5 | 15 | 50 | 100 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| bas potentiel 250 grains | 4 | 12 | 40 | 80 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400 | 800 | 1600 | 3200 |
| potentiel moyen 300 grains | 3 | 10 | 33 | 67 | 133 | 167 | 200 | 233 | 267 | 300 | 333 | 667 | 1333 | 2667 |
| potentiel moyen 350 grains | 3 | 9 | 29 | 57 | 114 | 143 | 171 | 200 | 229 | 257 | 286 | 571 | 1143 | 2286 |
| haut potentiel 400 grains | 3 | 8 | 25 | 50 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
| haut potentiel 450 grains | 2 | 7 | 22 | 44 | 89 | 111 | 133 | 156 | 178 | 200 | 222 | 444 | 889 | 1778 |
| haut potentiel 500 grains | 2 | 6 | 20 | 40 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 400 | 800 | 1600 |

Avoir beaucoup d'épis à sélectionner représente beaucoup de travail, et à l'inverse, il existe un petit risque de dégénérescence génétique si on sélectionne moins de 100 épis.

Exemple :

$$\text{nombre d'épis à sélectionner} = \frac{52\,500}{250} = 210 \text{ épis}$$

Votre évaluation :

$$\text{nombre d'épis à sélectionner} = \quad =$$

D. Calculer la surface de votre zone de sélection

A l'aide du tableau ci-dessous ou grâce à la formule, calculez la **surface optimale de la zone de sélection**. Sélectionner dans une surface trop grande c'est se fatiguer inutilement et sélectionner dans une surface trop petite c'est diminuer ses chances de trouver les meilleurs individus.

Par habitude, nous considérons que la densité réelle à la récolte est de 60 000 pieds/hectares.

$$1^{\text{ère}} \text{ estimation de la surface de la zone de sélection} = \frac{\text{Nombre d'épis à sélectionner} * 40}{\text{Densité réelle}}$$

| Nombre d'épis à prendre | Densité à la récolte (estimation en pieds/ha) | | | | | | | | |
|-------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | 50 000 | 60 000 | 70 000 | 75 000 | 80 000 | 85 000 | 90 000 | 100 000 | 120 000 |
| 50 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 100 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| 150 | 0,12 | 0,1 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,05 |
| 200 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,1 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| 250 | 0,2 | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,1 | 0,08 |
| 300 | 0,24 | 0,2 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,1 |
| 350 | 0,28 | 0,23 | 0,2 | 0,19 | 0,18 | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 0,12 |
| 600 | 0,48 | 0,4 | 0,34 | 0,32 | 0,3 | 0,28 | 0,27 | 0,24 | 0,2 |
| 800 | 0,64 | 0,53 | 0,46 | 0,43 | 0,4 | 0,38 | 0,36 | 0,32 | 0,27 |

Exemple :

$$1^{\text{ère}} \text{ estimation de la surface de la zone de sélection} = \frac{210 * 40}{60\ 000} = 0,14 \text{ ha}$$

Votre évaluation :

$$1^{\text{ère}} \text{ estimation de la surface de la zone de sélection} = \frac{\quad * 40}{\quad} =$$

En effectuant votre sélection négative, vous allez éliminer une certaine proportion d'individus. Vous allez par exemple castrer entre **20%** et **40%** des plantes les plus tardives. Il est donc nécessaire **d'augmenter la 1^{ère} estimation de la surface** pour ne pas altérer l'efficacité de la sélection massale positive qui aura lieu en fin de cycle.

$$\text{Surface de la zone de sélection} = \text{seuil d'intervention} * 1^{\text{ère}} \text{ estimation} + 1^{\text{ère}} \text{ estimation}$$

Exemple :

$$\text{Surface de la zone de sélection} = (0,3 * 0,14) + 0,14 = 0,182 \text{ ha}$$

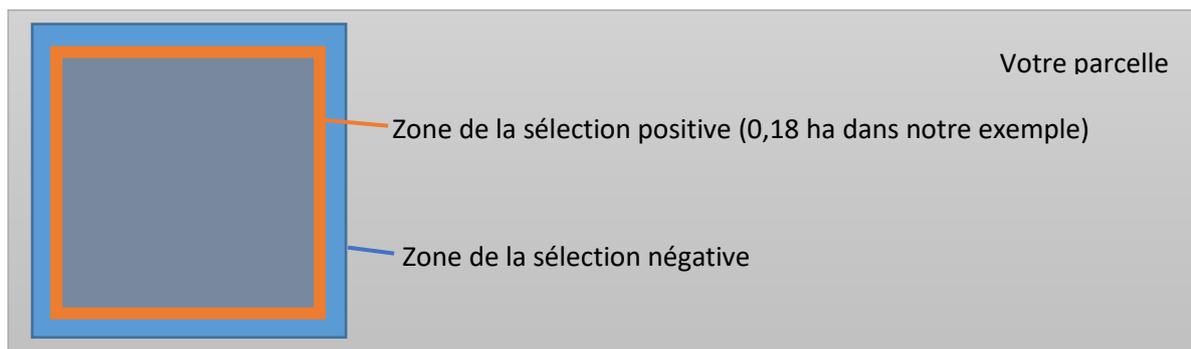
$$\text{Surface de la zone de sélection} = (\quad * \quad) + \quad =$$



Etape 3 : Définir la zone de sélection

Sur la parcelle de maïs destinée à la sélection, trouvez une zone de la surface optimale (calculée en étape 2) la plus homogène possible. Ne choisissez pas une zone en bordure de parcelle (pour éviter l'« effet bordure »).

En plus de cela, vous devez encore **augmenter légèrement** la surface de la zone de sélection négative pour éviter que des plantes tardives, voisines à la zone de sélection, viennent polliniser des plantes dans votre zone de sélection. Vous pouvez par exemple prendre un **tampon** d'environ 4 rangs.



Nous vous conseillons de placer des petits repères pour identifier la zone de sélection positive (rue balise, piquets...)

Etape 4 : castration ou destruction

Parcourez la zone de sélection négative et **castrez** (en coupant la tête de la plante) ou **détruisez tous les pieds sans panicule (fleur mâle)**.

Si vous castrez, attention à bien couper la plante en dessous de l'insertion de la future panicule. Il arrive parfois de ne pas couper assez bas et le pied finit par émettre une panicule rabotée qui produit quand même du pollen.

SELECTION MASSALE POSITIVE A LA FIN DU CYCLE

Etape 5 (facultative) : ré-estimer la surface optimale de la zone de sélection

Vous pouvez reprendre l'étape 2 afin de corriger votre première estimation de la surface de la zone de sélection à partir de l'estimation du nombre de grains moyen par épi (étape 2.B).

-Prendre au hasard 2/3 épis standards dans la population et compter le nombre de grains par épi (c'est environ le nombre de rangs multiplié par le nombre de grains par rang)

Exemple :



$$\text{nombre moyen de grains par épi} = 12 \text{ rangs} * 25 \text{ grains} = 300$$

Votre évaluation :

$$\text{nombre moyen de grains par épi} = \text{ rangs} * \text{ grains} =$$

Si vous refaites ce calcul, indiquez dans la case ci-dessous les nouvelles estimations en besoin d'épi et de la surface de la parcelle de sélection.

Exemple

$$\text{Nombre d'épis à sélectionner} = \frac{52\,500}{300} = 175 \text{ épis}$$

$$\text{Surface de la zone de sélection} = 0,15$$

Votre nouvelle estimation

$$\text{Nombre d'épis à sélectionner} =$$

$$\text{Surface de la zone de sélection} =$$

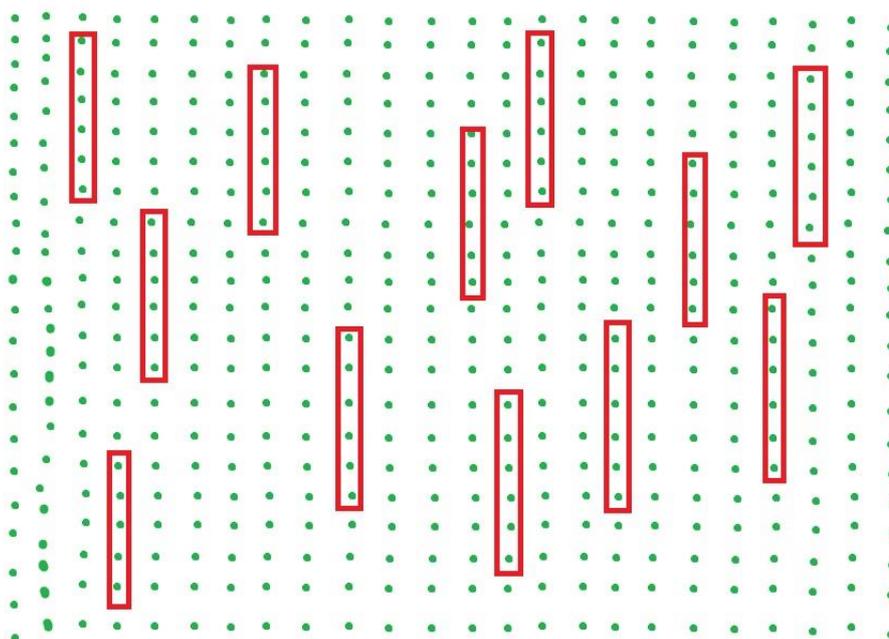


Etape 6 : Trouver le seuil de sélection ou la « jauge »

A. Récupérez 100 épis au hasard dans votre zone de sélection

Nous vous conseillons de faire ce prélèvement un peu partout dans la parcelle et de prendre à chaque fois, les cinq ou dix épis issus de cinq ou dix pieds consécutifs. Cette petite méthode permet de se forcer à ne pas choisir, sans s'en rendre compte, certains pieds plutôt que d'autres et ainsi obtenir un échantillon le plus représentatif de la zone.

Lors de votre prélèvement, séparez dans deux hottes/sacs différents les épis issus des pieds castrés et des pieds non castrés



Exemple de prélèvement aléatoire d'épis

B. Rangez directement dans un sac les épis prélevés issus des pieds castrés, c'est le sac « sans sélection castré », mettez une étiquette dans ce sac avec :

- le nom de la variété
- votre nom
- la mention : « sans sélection castré »
- l'année
- le nombre d'épis dans le sac

C. Etalez par terre le reste des épis issus des pieds non castrés ou sur une grande table. Ecartez à vue d'œil les épis les plus petits puis ordonnez les 15/20 épis les plus gros par ordre de taille. Ne vous formalisez pas trop sur l'ordonnancement, l'objectif est de repérer les quelques plus gros épis du lot.

- Si vous êtes seul-e à faire la sélection, prenez en main l'épi le plus gros, ce sera votre « jauge »
- Si vous êtes deux, prenez les deux épis les plus gros

-Si vous êtes trois, prenez en trois, etc.

Rangez tous ces épis, sauf les jauges, dans un sac, c'est le sac « sans sélection non castré» représentatif de la population dans la zone de sélection parmi laquelle vous allez sélectionner, mettez une étiquette dans ce sac avec :

-le nom de la variété

-votre nom

-la mention : « sans sélection non castré»

-l'année

-le nombre d'épis dans le sac (en comptant les jauges que vous remettrez dans le sac après la sélection au champ)

Etape 7 : sélection au champ

Avec votre jauge à la main, parcourez toute la zone de sélection à la recherche d'épis du même gabarit.

- Se soyez pas trop « tatillon » lors de votre sélection au champ, si vous hésitez sur un épi, prenez le quand-même. La sélection au champ est normalement assez rapide.
- Libre à vous de sélectionner sur d'autres critères mais vous aurez soit du mal à trouver suffisamment d'épi dans la zone (à moins de l'agrandir) ou alors vous diminuerez l'efficacité de votre sélection sur la taille de l'épi.
- **Ne prenez pas les épis issus des pieds castrés (cela paraît évident mais, dans l'action, on l'oublie vite !)**



Une fois la sélection terminée, lorsque vous sortez du champ, **remettez bien les jauges dans le sac « sans sélection »** (même si ce sont de très beaux épis et que vous êtes très tenté-e de les ajouter à votre sélection).



Etape 8 : sélection sur table

Déballez tous vos épis récoltés par terre ou sur une grande table. Normalement vous avez plus d'épis qu'il ne vous en faut (**Nombre d'épi à sélectionner** calculé à l'étape 1).

Ecartez les épis les plus petits pour **conserver uniquement le nombre d'épis nécessaire**.



Faites un sac avec les épis sélectionnés. Glissez une étiquette dans le sac avec les informations suivantes :

- le nom de la variété
- votre nom
- la mention : « sélection »
- le nombre d'épis sélectionnés
- l'année

Les épis récoltés au champ que vous avez écartés sur la table **ne serviront pas dans le cadre de l'expérimentation**, vous pouvez les donner aux poules ou bien en faire un stock de sécurité mais faites bien attention à ne pas confondre ce sac avec le sac « sélection » et les sacs « sans sélection ».



Etape 9 : mesures

Pesez le sac « sans sélection castré»

Poids du sac « sans sélection castré»:

Nombre d'épis dans le sac « sans sélection castré»

Pesez le sac « sans sélection non castré»

Poids du sac « sans sélection non castré»:

Nombre d'épis dans le sac « sans sélection non castré»

Pesez le sac « sélection » issu de votre sélection sur table.

Poids du sac « sélection » :

Nombre d'épis dans le sac « sélection »

Autres données utiles pour l'évaluation de l'efficacité de la méthode.

Combien de personnes étiez-vous pour faire la sélection ?

Combien de temps, au total, avez-vous mis pour réaliser ce protocole?

Retour d'expérience, vos commentaires, vos impressions, les limites du protocole, quelle facilité de mise en œuvre, difficultés rencontrées, clarté du document...

Etape 10 : et ensuite...

Renvoyez ce protocole rempli à l'animateur-trice de votre collectif, ces données serviront à étudier la sélection massale chez plusieurs dizaines d'agriculteurs. Puis, suite aux expérimentations qui seront menées en 2020, nous serons en mesure d'affirmer ou non si la sélection massale sur le maïs population fonctionne et dans quelle mesure.

Conservez précieusement les 2 sacs « sans sélection » car la semence servira en 2020 à évaluer le résultat de votre sélection.

Conservez aussi le sac issu de votre sélection, c'est votre semence pour 2020 et une partie sera utilisée dans les expérimentations menées en 2020 dans le cadre du projet COVALIANCE pour la comparer à vos « sans sélection » et ainsi mesurer le résultat de votre sélection. Votre réponse à la sélection sera aussi comparée à celles obtenues chez d'autres agriculteurs.



Bonus : évaluer en direct la « qualité » de votre sélection.

-Calculez la différence entre le poids moyen d'un épi sélectionné et le poids moyen d'un épi non sélectionné : cette différence est appelée « **différentiel de sélection** ».

Différentiel de sélection

$$= \frac{\text{poids du sac "sélection"}}{\text{nombre d'épis sélectionnés}} - \frac{\text{somme poids des 2 sacs "sans sélection"}}{\text{nombre d'épis (normalement 100)}}$$

Exemple

$$\text{Différentiel de sélection} = \frac{35,4}{175} - \frac{3+9,5}{100} = 0,203 - 0,125 = 0,078\text{kg} =$$

Votre résultat

$$\text{Différentiel de sélection} = \text{---} - \text{---} = \text{---} - \text{---} = \text{---} \text{ kg} = \text{---} \text{ g}$$

Théoriquement, plus le **différentiel de sélection** est élevé, meilleure est la réponse à la sélection. Pour que les différentiels de sélections puissent être comparables d'un agriculteur à un autre, d'une variété à une autre, d'un terroir à un autre, on peut calculer le **différentiel de sélection relatif** :

$$\text{Différentiel de sélection relatif} = \frac{\text{Différentiel de sélection}}{\text{Poids moyen d'un épi non sélectionné}}$$

Exemple

$$\text{Différentiel de sélection relatif} = \frac{0,078}{0,125} = 0,62 = + 62 \%$$

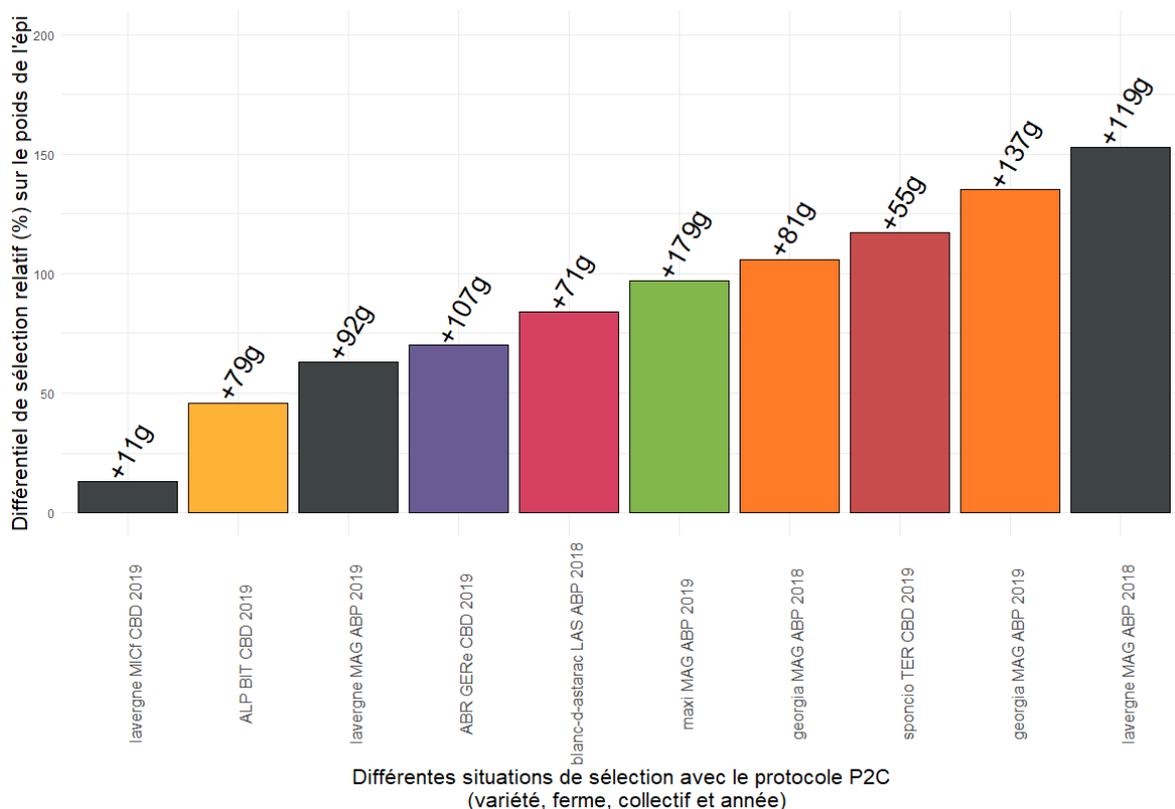
Votre calcul

$$\text{Différentiel de sélection relatif} = \text{---} = \text{---} = \text{---}$$

RESULTATS DE LA RECHERCHE PARTICIPATIVE SUR L'ETUDE DU PROTOCOLE DE SELECTION P2C

1. Le protocole P2C permet d'obtenir de grands différentiels de sélection

Selon l'équation du sélectionneur, l'efficacité attendue d'une sélection massale dépend de deux éléments : l'héritabilité du caractère sélectionné et le différentiel de sélection. Pour un caractère quantitatif donné (ex : poids épi, taille de plante), le différentiel de sélection correspond à la différence entre la moyenne des individus sélectionnés et la moyenne de la population avant la sélection.



Ce graphique présente des différentiels de sélection sur le poids des épis sortis du champ dans de nombreuses situations de sélection paysanne. Ces différentiels sont exprimés en % (différentiel relatif, axe vertical) et en gramme (différentiel absolu, étiquettes). La moyenne de tous ces différentiels est proche de +100%, ce qui veut dire que les épis sélectionnés sont en moyenne deux fois plus lourds que la population dont ils sont issus.

Le temps nécessaire pour effectuer la sélection massale négative (castration) n'a pas été mesuré.

Pour sélectionner **100 épis** avec ce protocole lors de l'étape de sélection positive, il est nécessaire de passer environ **4h** dans la zone de sélection (**à 1 personne**). Le confort de travail dépendra principalement de l'état de verse et d'enherbement de la parcelle.

I. Les effets du protocole P2C sur l'évolution des populations

Grâce à un dispositif expérimental mis en place dans les collectifs, les effets du protocole P2C ont pu être étudiés sur 5 populations différentes. Ainsi, sur un unique cycle de sélection, le protocole **P2C** permet, en moyenne :

- Une augmentation du **poids moyen des épis** de **+9%**
- Une augmentation du **rendement grain** de **+3% à +13%** selon les méthodes de calcul
- Une augmentation du **nombre de rangs par épi** de **+7%** et de la **longueur des épis** de **+6%**
- Une **diminution** de la proportion des **pieds sans épis** de **6%**



Cependant, cette sélection semble engendrer aussi des effets potentiellement indésirables :

- Une légère diminution de la date de floraison mâle et une légère augmentation de la floraison femelle dont il résulte une augmentation notable de la **protandrie (+19%)** (3 populations étudiées ici). Cette augmentation de la protandrie peut engendrer des défauts de fécondation et une plus grande **vulnérabilité à la sécheresse**.
- Une diminution du **PMG** de **4%**

Certaines autres caractéristiques ne semblent pas avoir particulièrement évolué comme :

- le nombre de grains par rang
- le taux de protéine du grain
- le taux d'amidon du grain



II. Pour aller plus loin

L'efficacité du protocole P2C est tributaire d'une bonne homogénéité de la zone de sélection. Si la zone n'est pas homogène, il sera nécessaire d'adapter le protocole et de faire de la **sélection stratifiée** (méthode non décrite ici).

Le poids de l'épi est un caractère peu héritable, ainsi, le protocole P2C pourrait être agrémenté d'une **sélection sur table** sur, par exemple, le nombre de rangs par épi (une composante de rendement plutôt héritable).

L'objectif de réduction de la tardivité n'a pas été atteint avec ce protocole. L'unique castration des pieds mâles tardifs semble permettre de réduire la proportion de pieds chétifs et des individus avec des gènes délétères induisant des stérilités mâles et/ou femelles.

Afin de réduire la tardivité d'une variété et d'éviter une augmentation de la protandrie, il est nécessaire d'ajouter une étape de **sélection négative** des pieds tardifs sur l'émission de la **fleur femelle**.

