

Fiche ressource

Différentes stratégies de brassage de la diversité des céréales à paille dans un programme de sélection participative

Version 1 du 19 décembre 2024
Pierre Rivière et Frédéric Latour

Table des matières

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | Brassage de la biodiversité cultivée pour sélectionner | 2 |
| 2 | Lignées pures | 2 |
| 3 | Mélange de lignées pures | 3 |
| 4 | Populations | 4 |
| 5 | Mélange de populations | 4 |
| 6 | Croisements | 5 |
| 6.1 | Croisements bi-parentaux | 5 |
| 6.2 | Croisements multi-parentaux CCP | 6 |
| 6.3 | Populations mâle-stérile | 7 |
| 7 | Mise en place d'une stratégie | 7 |



collectif_metis@riseup.net
<https://collectif-metis.org/>

Ce document est sous licence creative commons BY-NC-SA.



Vous êtes autorisé à partager et à adapter son contenu tant que vous citez les auteurs de ce document et indiquez si des changements ont eu lieu, que vous ne faites pas un usage commercial de ce document, tout ou partie du matériel le composant, que vous partagez dans les mêmes conditions votre travail issu de ce document. Plus d'informations: creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr.

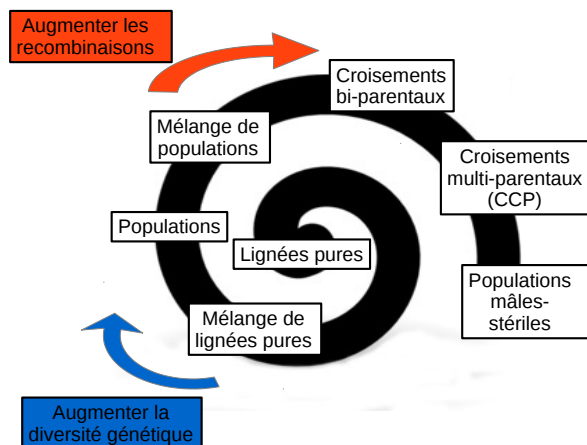
Pour citer ce document: *Différentes stratégies de brassage de la diversité des céréales à paille dans un programme de sélection participative. Fiche ressource. Pierre Rivière et Frédéric Latour. Collectif Mètis. Version 1 du 19 décembre 2024. Licence CC BY NC SA.*

1 Brassage de la biodiversité cultivée pour sélectionner

Brasser la diversité permet d'augmenter la diversité et ainsi d'avoir plus de possibilité pour sélectionner des plantes ou des variétés d'intérêt. Avant de définir une stratégie pour brasser cette diversité, il faut se procurer les semences et commencer à les multiplier.

Plusieurs stratégies sont possibles pour brasser la diversité :

- les lignées pures
- les mélanges de lignées pures
- les populations
- les mélanges de populations
- les croisements bi-parentaux
- les croisement multi-parentaux (CCP pour « Composite Cross Population »)
- les populations mâles-stériles



Gradient de brassage dans une population de blé tendre. [1]

Inspiré de [2]

Il y a un gradient pour chacune de ces stratégies avec d'une part de plus en plus de diversité génétique et d'autre part de plus de plus de recombinaisons. Les recombinaisons correspondent aux combinaisons possibles entre deux plantes parents suite à un croisement : plus les parents seront différents et plus les recombinaisons apporteront des combinaisons de caractères nouveaux dans la descendance. Le blé tendre est majoritairement autogamme avec un taux de croisement mesuré dans des populations très diversifiées autour de 5% (entre 2 et 10% selon les populations et les lieux de cultures [3]).

Le tableau ci-dessous présente le niveau de sélection possible selon la stratégie employée. La sélection peut se réaliser à trois niveaux :

- La sélection naturelle : les individus les plus adaptés aux pratiques, au sol, à l'environnement, se reproduisent plus : il y a une évolution de la fréquence des individus au sein de la population
- La sélection intra-population qui consiste à sélectionner au sein d'une population de plantes, on parle aussi de sélection massale ¹
- La sélection inter-population qui consiste à sélectionner entre des populations de plantes

Ce tableau donne une indication mais tout dépend du type de variété utilisé, en effet un mélange d'un nombre très important de lignées pures très différentes pourrait être plus diversifié qu'une population basée sur peu de parents.

| Type de diversité sélection | naturelle | intra | inter |
|-------------------------------|-----------|-------|-------|
| Lignées pures | -- | -- | +++ |
| Mélanges de lignées pures | + | + | +++ |
| Populations | ++ | ++ | +++ |
| Mélanges de populations | +++ | +++ | ++ |
| Croisements bi-parentaux | +++ | +++ | ++ |
| Croisements multi-parentaux | ++++ | ++++ | ++ |
| Populations mâles-stériles | ++++ | ++++ | ++ |

Niveau de sélection possible selon différentes stratégies de brassage de la biodiversité. -- : très faible ; + ; ++ ; +++ ; ++++ : efficacité de sélection de faible à très fort.

La suite du document détaille les éléments pour chaque stratégie.

2 Lignées pures

Au sein d'une lignée pure, toutes les plantes sont identiques entre elles, ce qui signifie :

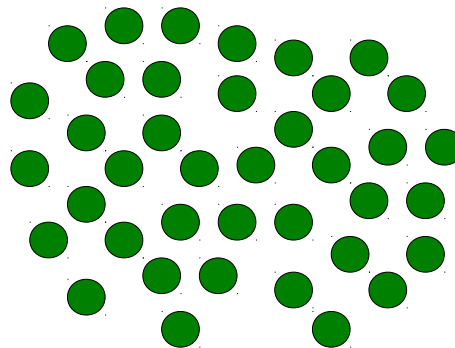
- qu'il n'y a aucune possibilité d'évolution

1. Plus d'information dans la fiche *La sélection massale au champ sur les céréales à paille* [4]

- qu'il n'y a aucune possibilité de sélection au sein de la variété car toutes les plantes sont identiques : la différence observée n'est pas dû à la génétique de la plante mais au sol.
- que si les plantes se croisent entre elles, les plantes issues du croisement seront identiques génétiquement aux plantes parents.
- qu'il est très efficace de sélectionner entre des variétés lignées pures. En effet, comme il n'y a aucune variation au sein d'une variété, il est facile de différencier les variétés et donc de sélectionner entre variétés.

| sélection de lignée pure | | |
|--------------------------|-------|-------|
| naturelle | intra | inter |
| -- | -- | +++ |

Niveau de sélection possible. -- : très faible ;
+ ; ++ ; +++ ; ++++ : efficacité de
sélection de faible à très fort.



[5]
Diversité au sein d'une lignée pure : chaque
cercle représente une plante. Ici toutes les
plantes sont identiques génétiquement, il n'y
a aucune diversité.

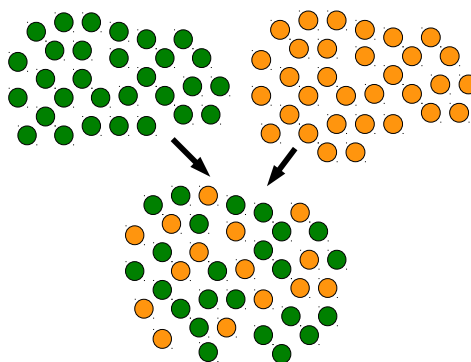
3 Mélange de lignées pures

Au sein d'un mélange de lignées pures, il y a autant de types de plantes que de lignées pures. Les plantes différentes peuvent se croiser et donner de nouvelles plantes avec des combinaisons des parents. Dans ce cas :

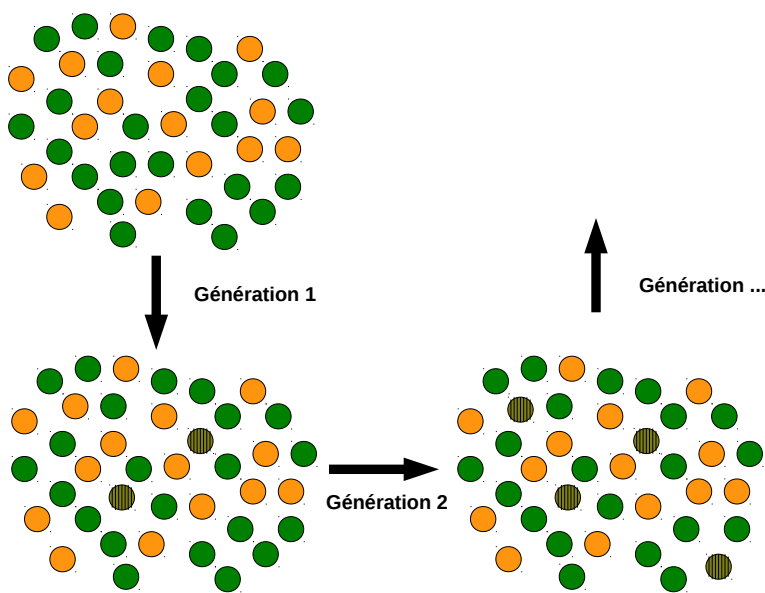
- il y a une petite possibilité d'évolution : les plantes différentes vont pouvoir de croiser et créer de nouvelles plantes. Cela reste limité car la diversité de départ est faible (sauf dans le cas d'un énorme mélange avec des lignées pures très différentes).
- il y a une petite possibilité de sélection au sein du mélange après quelques années car il y a différents types de plantes et de nouvelles plantes issues de croisements.
- si le mélange concerne peu de lignées pures, alors il reste efficace de sélectionner entre le mélange et d'autres variétés. En effet, la variation au sein du mélange reste faible et il est facile de différencier avec d'autres variétés et donc de sélectionner.

| sélection de mélange de lignées pures | | |
|---------------------------------------|-------|-------|
| naturelle | intra | inter |
| + | + | +++ |

Niveau de sélection possible. + ; ++ ; +++ ;
++++ : efficacité de sélection de faible à
très fort.



[5]
Diversité au sein d'un mélange de lignées
pures : chaque cercle représente un type de
plante. Ici il y a deux lignées pures qui ont
été mélangées donc deux types de plantes, il y
a une faible diversité au sein de la variété.



[5]

Diversité au sein d'un mélange de lignées pures qui évolue : chaque cercle représente un type de plante. Ici il y a deux lignées pures qui ont été mélangées donc deux types de plantes. Dans le cas du blé où les croisements sont de l'ordre de 5%, certains croisements ont eu lieu et ont permis d'ajouter de nouveau type de plante dans le mélange (rond hachuré). Au fil des générations, le mélange augmente en diversité même si celle-ci reste faible.

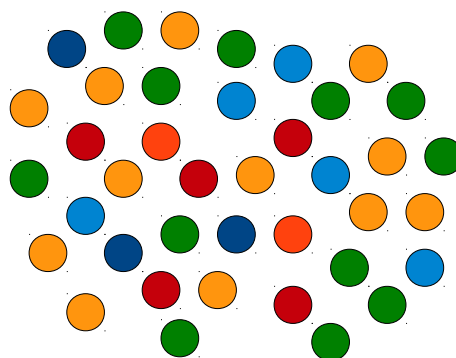
4 Populations

Au sein d'une population, toutes les plantes peuvent être similaires sur des caractères phénotypiques, comme la hauteur ou la couleur par exemple, et présentent une diversité génétique qui peut être importante, ce qui signifie :

- qu'il y a une possibilité d'évolution assez forte : les plantes les plus adaptées vont mieux se reproduire et augmenter en fréquence dans la population notamment sur des caractères d'adaptation comme la précocité [6].
- qu'il y a une possibilité de sélection au sein de la variété car certaines plantes vont montrer des différences
- que la probabilité que des plantes différentes se croisent est assez élevée, ce qui générera de nouvelles plantes avec de nouvelles combinaisons alléliques.
- qu'il est assez efficace de sélectionner entre des variétés populations car elles ont en général un « type » particulier. Par exemple une population avec des barbes sera facile à différencier d'une population sans barbes.

| sélection de populations | | |
|--------------------------|-------|-------|
| naturelle | intra | inter |
| ++ | ++ | +++ |

Niveau de sélection possible. + ; ++ ; +++ ;
 +++ : efficacité de sélection de faible à très fort.



[5]

Diversité au sein d'une population : chaque cercle représente un type de plante.

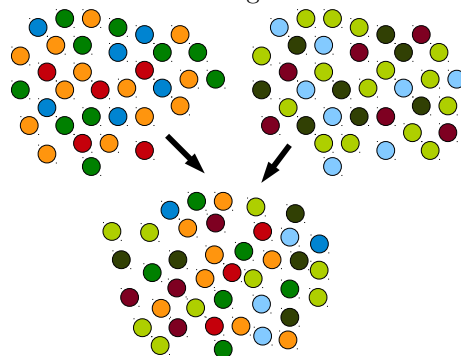
5 Mélange de populations

Au sein d'un mélange de populations, de nombreuses plantes vont présenter des différences entre elles, ce qui signifie :

- qu'il y a une possibilité d'évolution supérieure à des populations seules. Un mélange de population évolue assez vite les premières années avant de se stabiliser autour d'un comportement moyen [6].
- qu'il y a une possibilité de sélection au sein de la variété car de nombreuses plantes sont différentes
- que la probabilité que des plantes différentes se croisent est élevée, ce qui générera de nouvelles plantes avec de nouvelles combinaisons alléliques.
- qu'il peut être assez difficile de sélectionner entre des mélanges de variétés populations car ils sont très diversifiés et peuvent présenter de nombreuses similitudes avec d'autres mélanges.

| sélection de mélange de populations | | |
|-------------------------------------|-------|-------|
| naturelle | intra | inter |
| +++ | +++ | ++ |

Niveau de sélection possible. + ; ++ ; +++ ;
 + + + + ; + + + + + : efficacité de sélection
 de faible à très fort.



[5]

Diversité au sein d'un mélange de populations : chaque cercle représente un type de plante.

6 Croisements

Il existe des méthodes de croisements pour brasser la diversité :

- les croisements bi-parentaux
- les croisements multi-parentaux
- les populations mâles-stériles

Le principal avantage des deux premières méthodes est qu'elles permettent de contrôler les parents qui seront utilisés dans les croisements afin de mettre en œuvre une stratégie de sélection pour associer tel et tel caractère dans la nouvelle population.

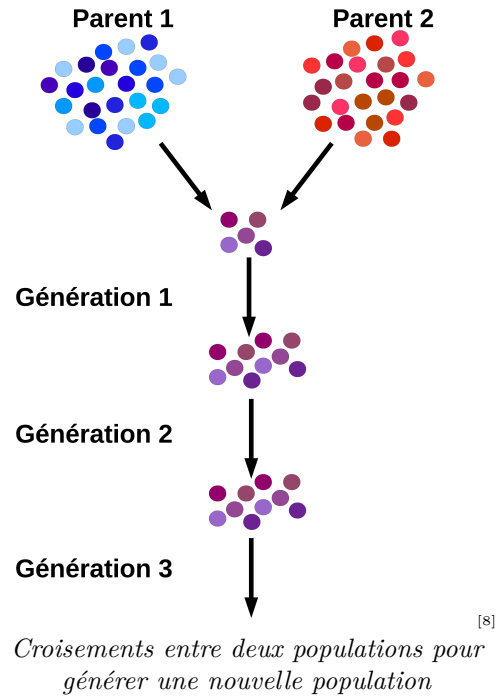
6.1 Croisements bi-parentaux

Une nouvelle population issue de croisements va présenter une diversité d'autant plus grande que les parents étaient éloignés². On se retrouve alors dans le cas des mélanges de populations présenté précédemment.

². Plus d'information dans la fiche *Le croisement pour augmenter la diversité dans un programme de sélection participative sur les céréales à paille* [7]

| sélection de population issue de croisements bi-parentaux | | |
|--|-------|-------|
| naturelle | intra | inter |
| +++ | +++ | ++ |

Niveau de sélection possible. +; ++; +++; ++++;
 ++++ : efficacité de sélection de faible à très fort.



6.2 Croisements multi-parentaux CCP

Les croisements multi-parentaux (CCP = Composite Cross Population) sont le fait de croiser plusieurs parents deux à deux et de mélanger les graines issues de ces croisements. Ce travail est très lourd et ne peut être réalisé que dans le cadre de partenariat avec des équipes de recherche.

Après plusieurs générations, la nouvelle population va présenter une diversité d'autant plus grande que les parents étaient éloignés et que le nombre de croisements différents ont été réalisés. On se retrouve alors dans le cas présenté précédemment mais avec beaucoup plus de diversité, ce qui signifie :

- qu'il y a une grande possibilité d'évolution et d'adaptation à des environnements très variables [9].
- qu'il y a une grande possibilité de sélection au sein de la variété car de nombreuses plantes sont différentes
- que la probabilité que des plantes différentes se croisent est très élevée, ce qui générera de nouvelles plantes avec de nouvelles combinaisons alléliques.
- qu'il peut être très difficile de sélectionner entre des variétés issue de croisements multi-parentaux car une large diversité est en général recherché dans les parents.

| Parent | 1 | 2 | 3 | 4 | ... | $n-1$ | n |
|--------------|---|-----------|-----------|-----------|-----|-----------------|---------------------|
| 1 | | C-[1]-[2] | C-[1]-[3] | C-[1]-[4] | ... | C-[1]-[$n-1$] | C-[1]-[n] |
| 2 | | | C-[2]-[3] | C-[2]-[4] | ... | C-[2]-[$n-1$] | C-[2]-[n] |
| 3 | | | | C-[3]-[4] | ... | C-[3]-[$n-1$] | C-[3]-[n] |
| 4 | | | | | ... | C-[4]-[$n-1$] | C-[4]-[n] |
| ... | | | | | ... | ... | ... |
| Parent $n-1$ | | | | | | | C-[$n-1$]-[n] |

Combinaisons de croisements réalisés à partir de n populations parents : tous les croisements sont réalisés deux à deux avant d'être mélangés. Par exemple C-[1]-[2] correspond au croisement entre le parent [1] et le parent [2].

| sélection de population issue de croisements multi-parentaux | | |
|---|-------|-------|
| naturelle | intra | inter |
| ++++ | ++++ | +++ |

Niveau de sélection possible. +; ++; +++; ++++ : efficacité de sélection de faible à très fort.

De manière générale, toutes les combinaisons de croisements sont envisageables : hybride deux voies, trois voies, etc.

6.3 Populations mâle-stérile

La population « mâle-stérile » est une population hautement recombinante (dite MAGIC!) développée par l'INRA du Moulon entre 1976 et 1980 qui a un fort taux d'allogamie [10]. 60 parents ont été croisés deux à deux au départ puis croisé avec la variété *Probus*, qui détient naturellement un gène de stérilité mâle ce qui permet un brassage permanent des fleurs des plantes. Cette population est très exigeante à gérer car il faut maintenir le taux d'épis mâle stériles dans la population pour maintenir le brassage. La moitié des plantes dans la descendance est mâle-stérile, ce qui signifie qu'un croisement est obligatoire par une plante voisine mâle-fertile. Si on ne resème que les plantes mâle-stérile (voir photo ci-dessous), alors la population est brassée en continue. Si on ne sélectionne pas les plantes mâle-stérile, la stérilité mâle va disparaître au bout de quelques générations. Cette population MAGIC a, peu ou prou, les même caractéristiques que les populations issues de croisements multi-parental vu précédemment. Cette population a été développée par la recherche pour être un réservoir de combinaisons intéressantes pour être ensuite utilisées en programme de sélection.



Epi fertile de blé tendre dans la population MAGIC [11]



Epi stérile de blé tendre dans la population MAGIC [12]



Epi stérile de blé tendre marqué par une laine rouge [13]



Epi stérile de blé tendre marqué par une laine rouge dans la population MAGIC [14]

| sélection de population issue d'une population mâle-stérile | | |
|---|-------|-------|
| naturelle | intra | inter |
| +++ | +++ | ++ |

Niveau de sélection possible. + ; ++ ; +++ ; ++++ : efficacité de sélection de faible à très fort.

7 Mise en place d'une stratégie

Afin de choisir la meilleure stratégie à mettre en œuvre il faut prendre en compte ses objectifs et ses contraintes. Pour les mélanges ou les croisements contrôlés, un travail en amont est nécessaire pour choisir quoi mélanger ou

croiser selon ses objectifs. Les croisements manuels peuvent être réalisés à la ferme, via une organisation collective type Maison des Semences Paysannes ou via une station de recherche partenaire. La disponibilité en semences et la connaissances des variétés ou des parents à croiser sont des points clés.

De manière générale, plus on générera de diversité, plus il faudra veiller à cultiver les populations sur des grandes surfaces pour ne pas perdre de diversité par dérive. Répartir la population dans plusieurs fermes permet aussi d'éviter cet écueil.

| Type de diversité | | faisabilité technique | temps nécessaire | remarques |
|---------------------------|--------|-----------------------|------------------|---|
| Mélanges de lignées pures | | – | – | |
| Populations | | – | – | |
| Mélanges de populations | | – | – | |
| Croisements parentaux | bi- | + | ++ | Le croisement en tant que tel est faisable à la ferme mais prend un peu de temps avec des risques d'échec en extérieur avec les pluies qui peuvent empêcher une bonne fécondation. Il faut ensuite mettre en place un petit protocole l'année suivante pour vérifier si le croisement a fonctionné. |
| Croisements parentaux | multi- | + | +++ | La technique est la même que pour les croisements biparentaux mais le temps de travail est décuplé du fait des nombreux croisements à réaliser. |
| Populations stériles | mâles- | ++++ | ++++ | Le marquage des plantes mâles-stériles est très très long ... Et le choix des parents n'est pas forcément adapté à ses objectifs. |

A quelles contraintes faire face selon le type de diversité concernant la faisabilité technique et le temps nécessaire.

– : très facile ou rapide ; + faisable ou peu de temps ; ++ : assez technique et temps assez important ; +++ : très technique et beaucoup de temps ; ++++ : très très technique et énormément de temps

Références

- [1] Pierre RIVIÈRE. *Gradient de brassage dans une population de blé tendre*. 2021.
- [2] Isabelle GOLDRINGER et Estelle SERPOLAY. *Varieties and populations for on-farm participatory plant breeding*. 2017. URL : https://diversifood.eu/wp-content/uploads/2018/06/Diversifood_innovation_factsheet2_VarietiesPopulations.pdf.
- [3] Jérôme ENJALBERT et al. "The relevance of outcrossing for the dynamic management of genetic resources in predominantly selfing *Triticum aestivum* L.(bread wheat)". In : *Genet Sel Evol* 30 (1998), p. 197-211.
- [4] Pierre RIVIÈRE et Frédéric LATOUR. *La sélection massale au champ sur les céréales à paille*. v1. 2024. URL : <https://collectif-metis.org/index.php/2024/12/19/la-selection-massale-au-champ-sur-les-cereales-a-paille/>.
- [5] Pierre RIVIÈRE. *Différentes stratégie de brassage de la biodiversité*. 2021.
- [6] Bénédicte RHONÉ et al. "Evolution of flowering time in experimental wheat populations : a comprehensive approach to detect genetic signatures of natural selection". In : *Evolution* 64.7 (juill. 2010), p. 2110-2125. ISSN : 0014-3820. DOI : 10.1111/j.1558-5646.2010.00970.x. URL : <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2010.00970.x> (visité le 04/02/2025).
- [7] Pierre RIVIÈRE et Frédéric LATOUR. *Le croisement pour augmenter la diversité dans un programme de sélection participative*. v1. 2024. URL : <https://collectif-metis.org/index.php/2024/12/19/le-croisement-pour-augmenter-la-diversite-dans-un-programme-de-selection-participative-sur-les-cereales-a-paille/>.
- [8] Pierre RIVIÈRE. *Croisement puis descendance*. 2021.

- [9] Odette D. WEEDON et al. “High Buffering Potential of Winter Wheat Composite Cross Populations to Rapidly Changing Environmental Conditions”. en. In : *Agronomy* 13.6 (juin 2023). Number : 6 Publisher : Multidisciplinary Digital Publishing Institute, p. 1662. ISSN : 2073-4395. DOI : 10.3390/agronomy13061662. URL : <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/6/1662> (visité le 04/02/2025).
- [10] Stéphanie THÉPOT et al. “Efficiently Tracking Selection in a Multiparental Population : The Case of Earliness in Wheat”. In : *Genetics* 199.2 (fév. 2015), p. 609-623. ISSN : 1943-2631. DOI : 10.1534/genetics.114.169995. URL : <https://doi.org/10.1534/genetics.114.169995> (visité le 04/02/2025).
- [11] *Epi fertile de blé tendre dans la population magic.*
- [12] *Epi stérile de blé tendre dans la population magic.*
- [13] *Epi stérile de blé tendre marqué par une laine rouge dans la population magic.*
- [14] *Epi stérile de blé tendre marqué par une laine rouge dans la population magic.*