

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins

L'évolution chez les oursins et les équilibres évolutifs ponctués
<https://www.youtube.com/watch?v=rVILgtoGBpw>

Cycle de vie d'un clypeasteroïde actuel
<https://www.youtube.com/watch?v=KelvSE5S2yQ>

Voir la méthode: [Le modèle de Hardy-Weinberg](#)



Biodiversité intra-spécifique chez l'oursin de méditerranée (*P. lividus* Lamarck 1816)

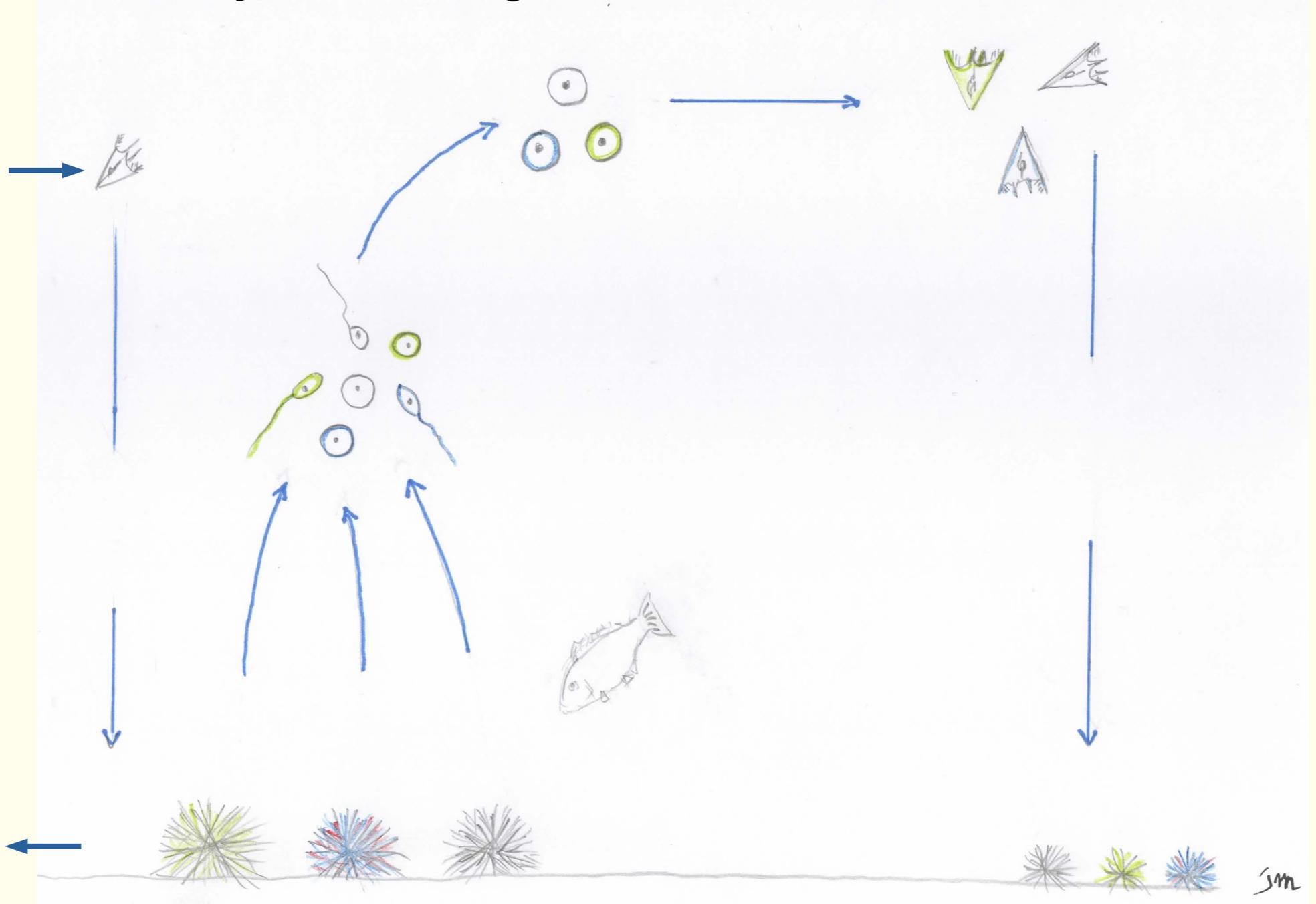
Mr Hardy, Dr Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Il s'agit d'un exemple permettant de poser les hypothèses du modèle.

**L'auteur a peu de doutes quant à l'existence de <<forces évolutives>>
s'exerçant sur les populations d'oursins.**

D'ailleurs ils ont évolué!

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

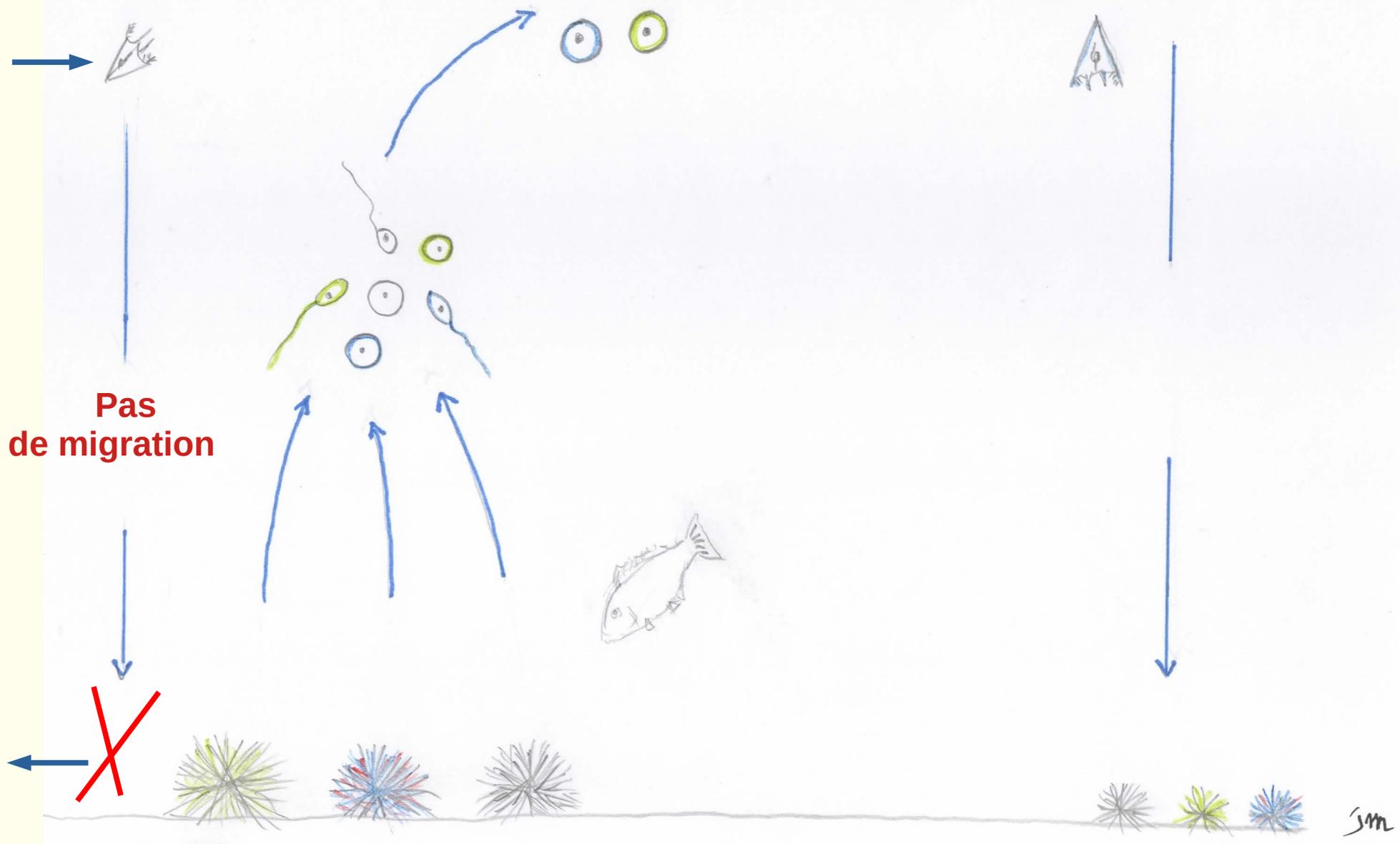


M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Gène autosomique. Pas de mutations

2 allèles codominants A, a

N grand => pas de dérive gén.

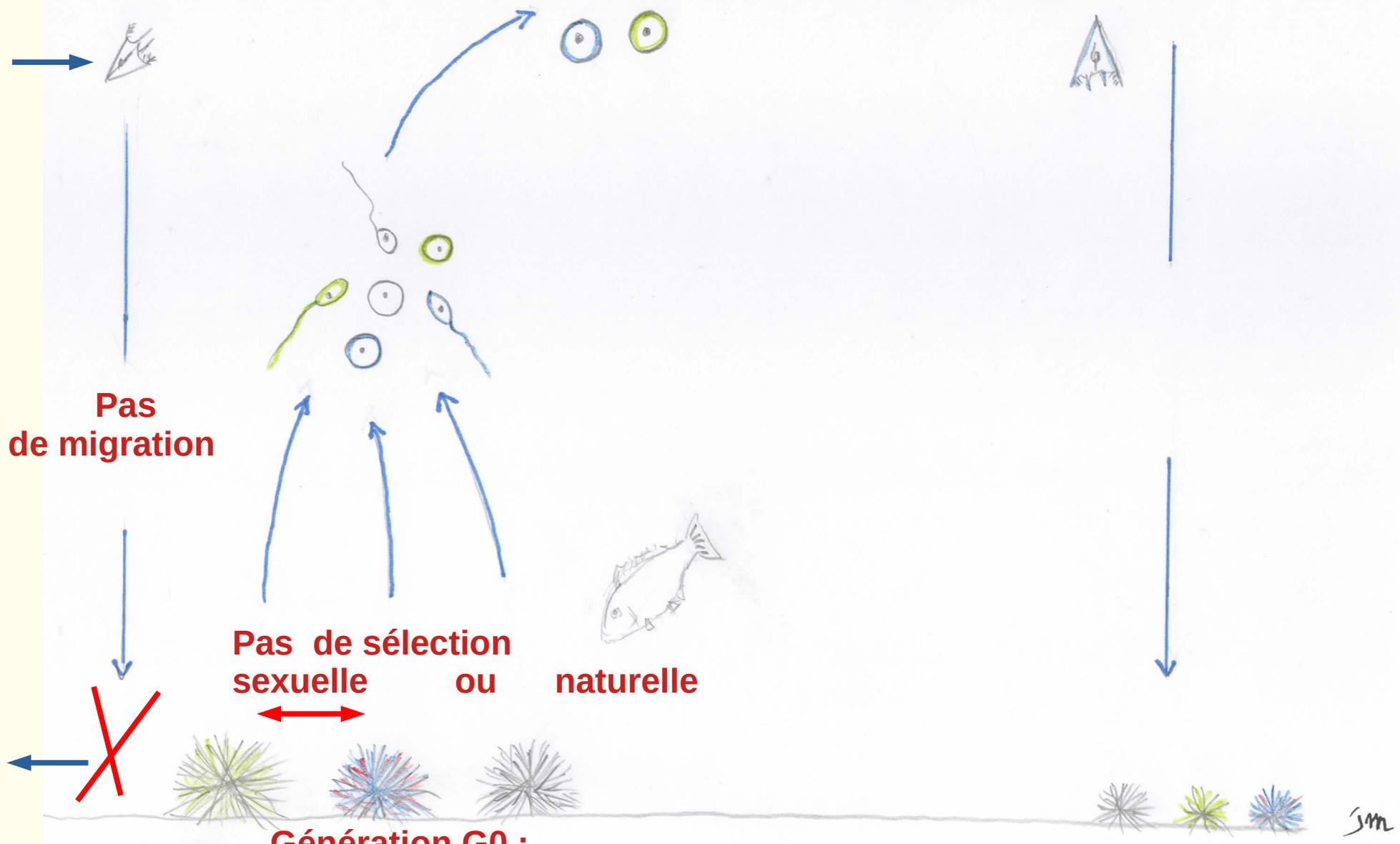


M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Gène autosomique. Pas de mutations

2 allèles codominants A, a

N grand => pas de dérive gén.



Pas de sélection sexuelle ou naturelle

Génération G0 :

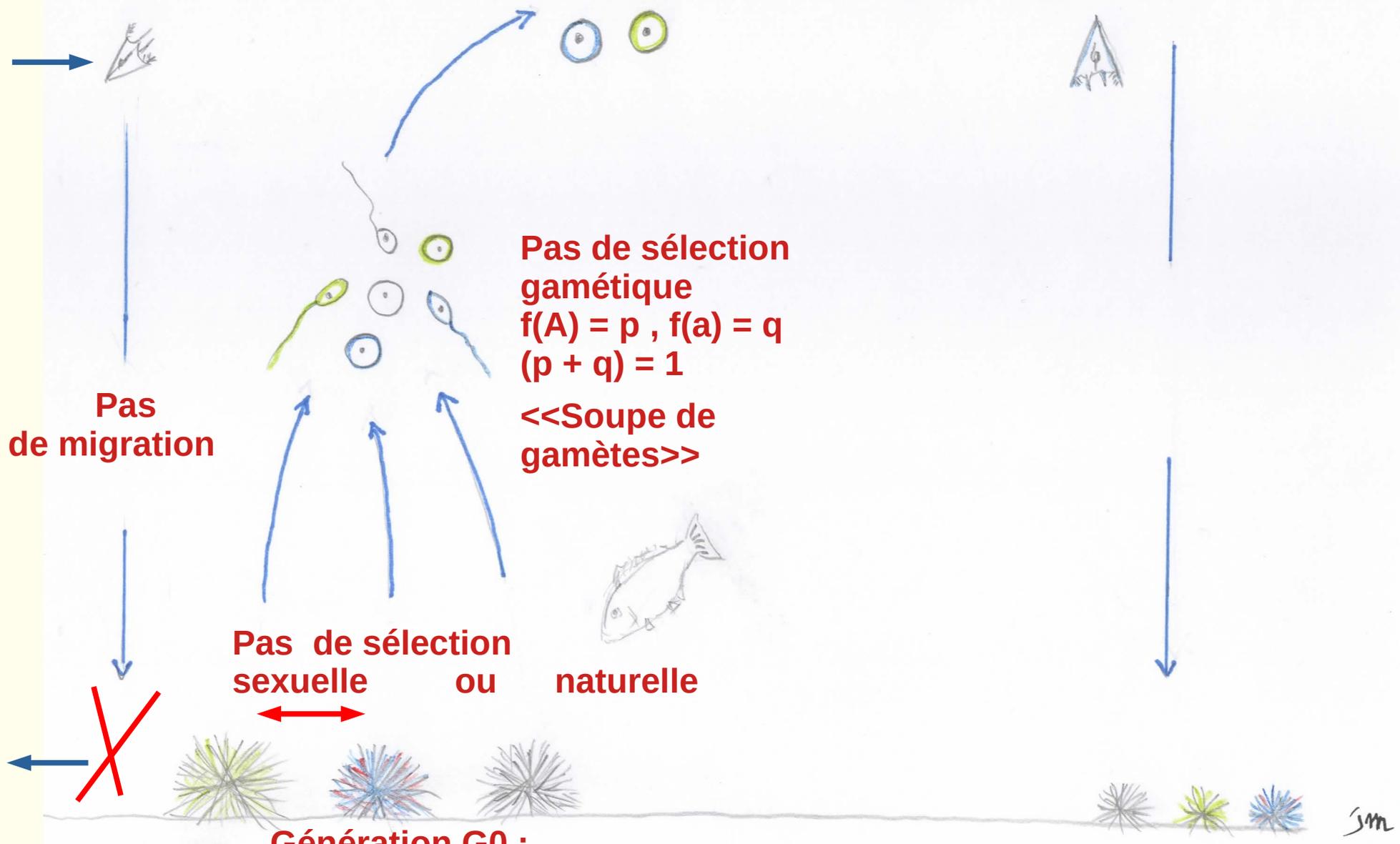
Distribution génotypique sans importance

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Gène autosomique. Pas de mutations

2 allèles codominants A, a

N grand => pas de dérive gén.



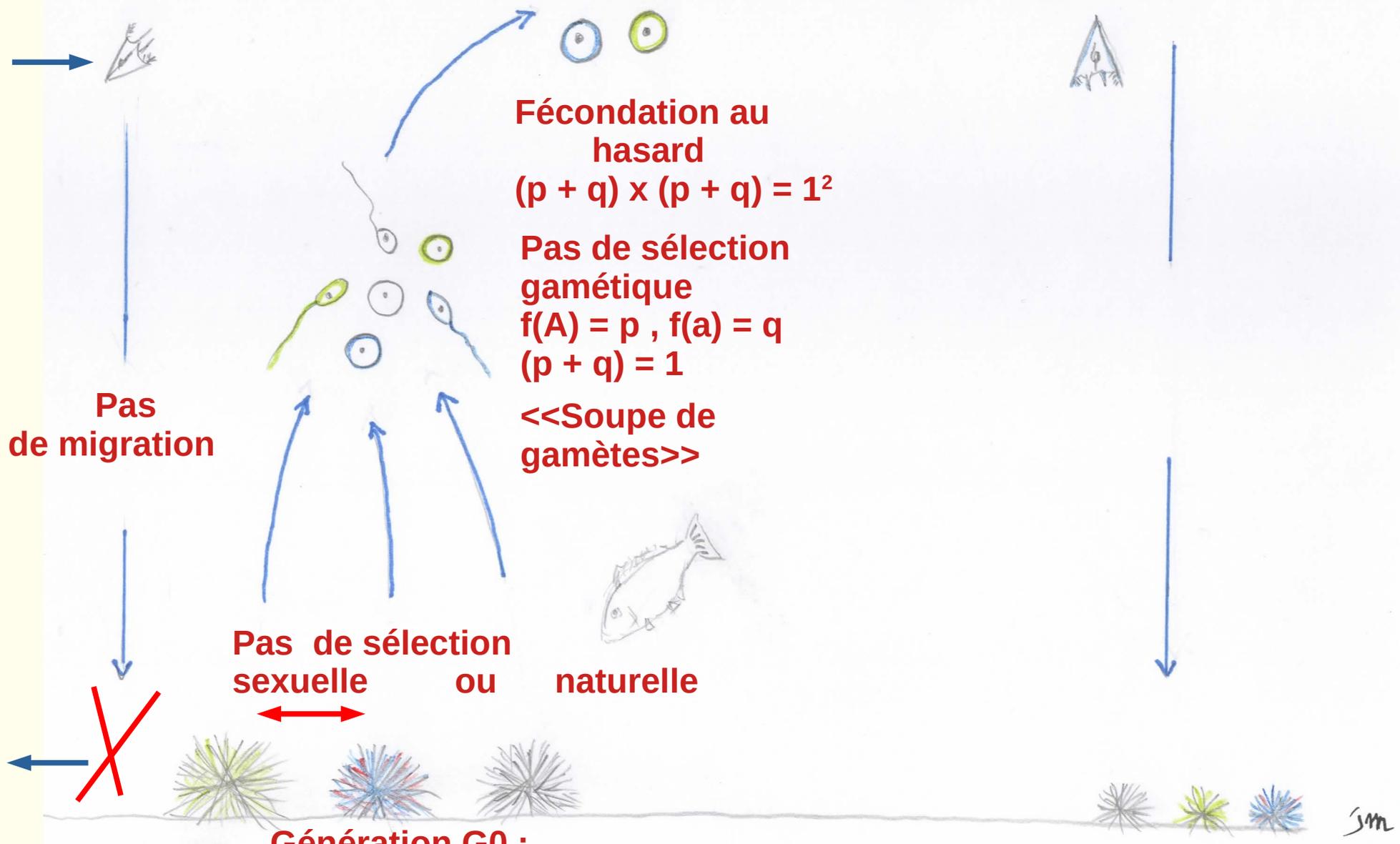
Distribution génotypique sans importance

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Gène autosomique. Pas de mutations

2 allèles codominants A, a

N grand => pas de dérive gén.



M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

<< Soupe de gamètes >>

Pas de sélection gamétique

$$f(A) = p, f(a) = q \text{ avec } (p + q) = 1$$

Fécondation au hasard

$$(p + q)$$



Ovule A ou a
évènement certain

x

(et)

$$(p + q) = 1^2$$



Spermatozoïde A ou a
évènement certain

d'où

$$p^2 + 2 pq + q^2 = 1$$

avec

$$f(AA) = p^2$$

$$f(aa) = q^2$$

et donc

$$f(Aa) = 2 pq$$



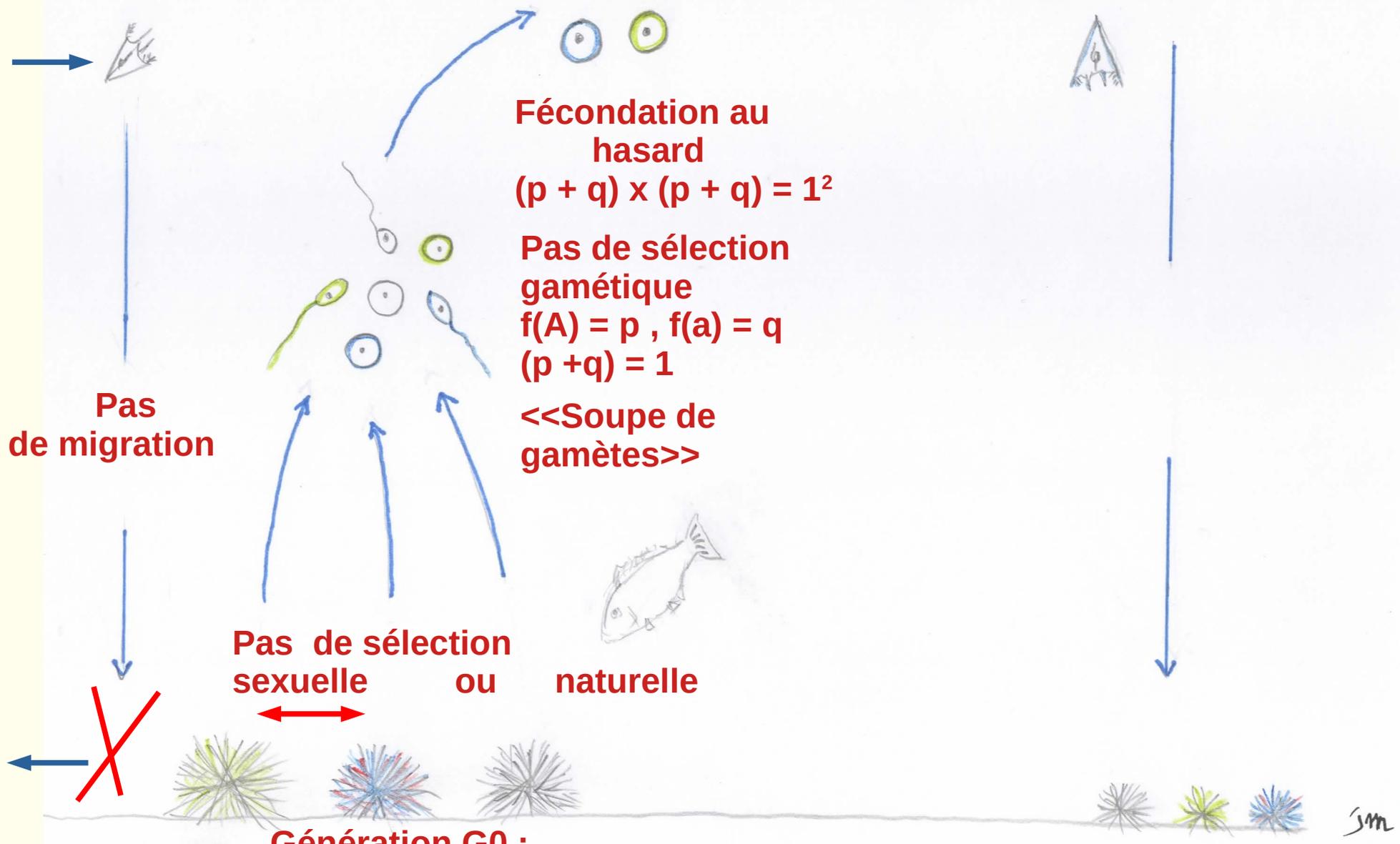
Retrouver ce résultat avec un échiquier de croisement.

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Gène autosomique. Pas de mutations
2 allèles codominants A, a
N grand => pas de dérive gén.

Pas de sélection
zygotique

Larve pluteus
planctonique



Fécondation au
hasard
 $(p + q) \times (p + q) = 1^2$
Pas de sélection
gamétique
 $f(A) = p$, $f(a) = q$
 $(p + q) = 1$
<<Soupe de
gamètes>>

Pas de sélection
sexuelle ou
naturelle

Génération G0 :

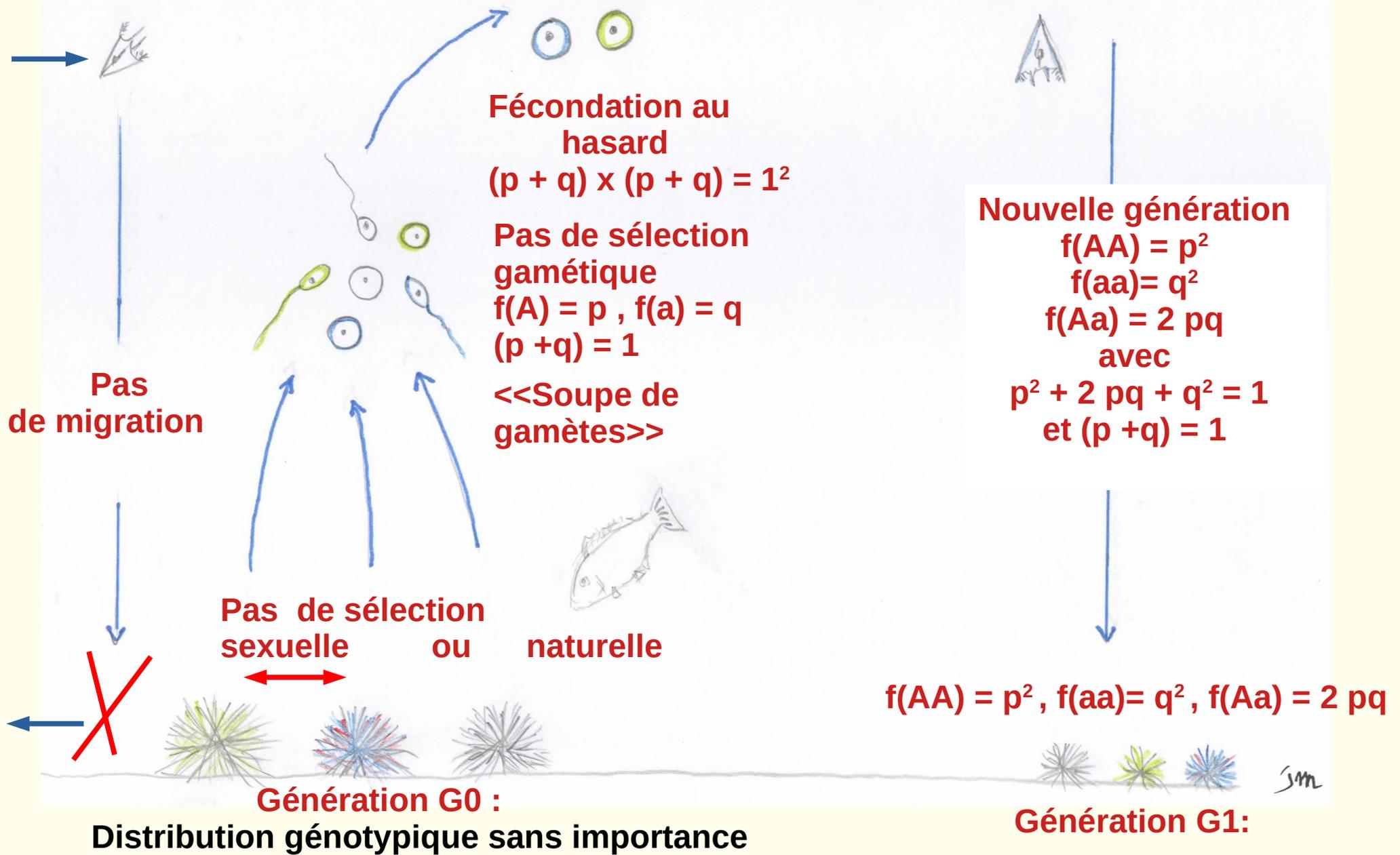
Distribution génotypique sans importance

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Gène autosomique. Pas de mutations
 2 allèles codominants A, a
 N grand => pas de dérive gén.

Pas de sélection
zygotique

Larve pluteus
planctonique

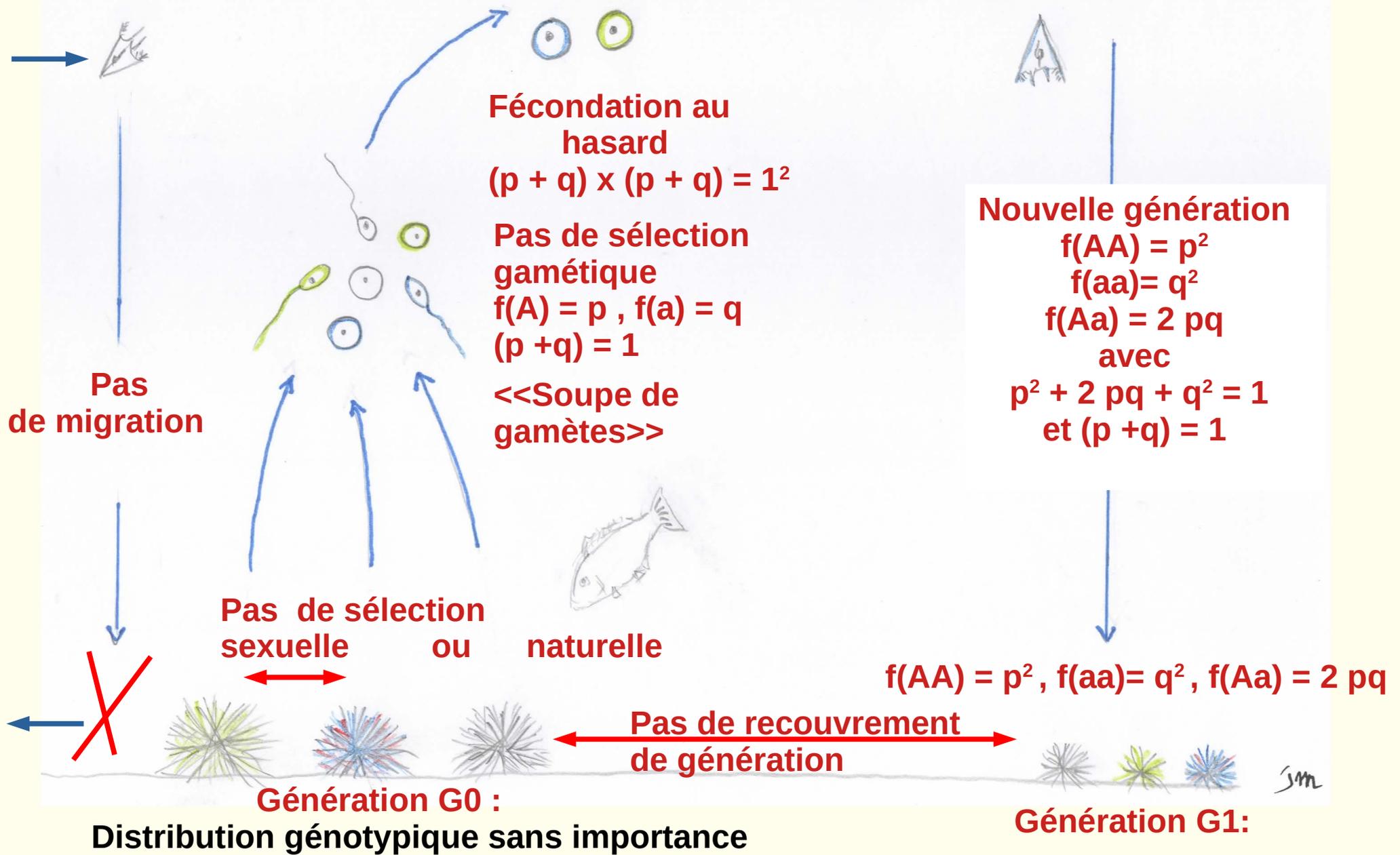


M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Gène autosomique. Pas de mutations
 2 allèles codominants A, a
 N grand => pas de dérive gén.

Pas de sélection
zygotique

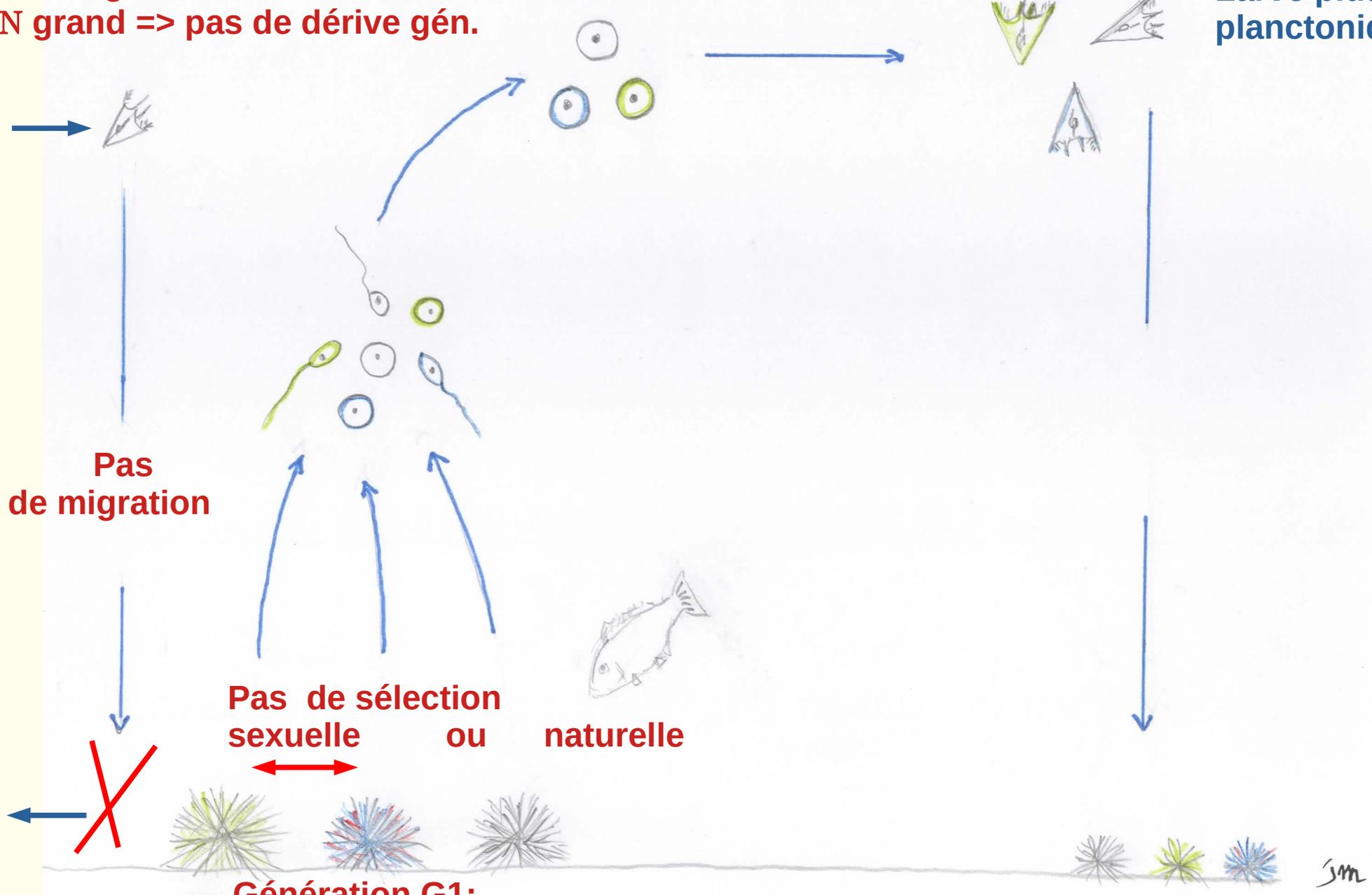
Larve pluteus
planctonique



M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Même gène et allèles. Pas de mutations
N grand => pas de dérive gén.

Larve pluteus
planctonique



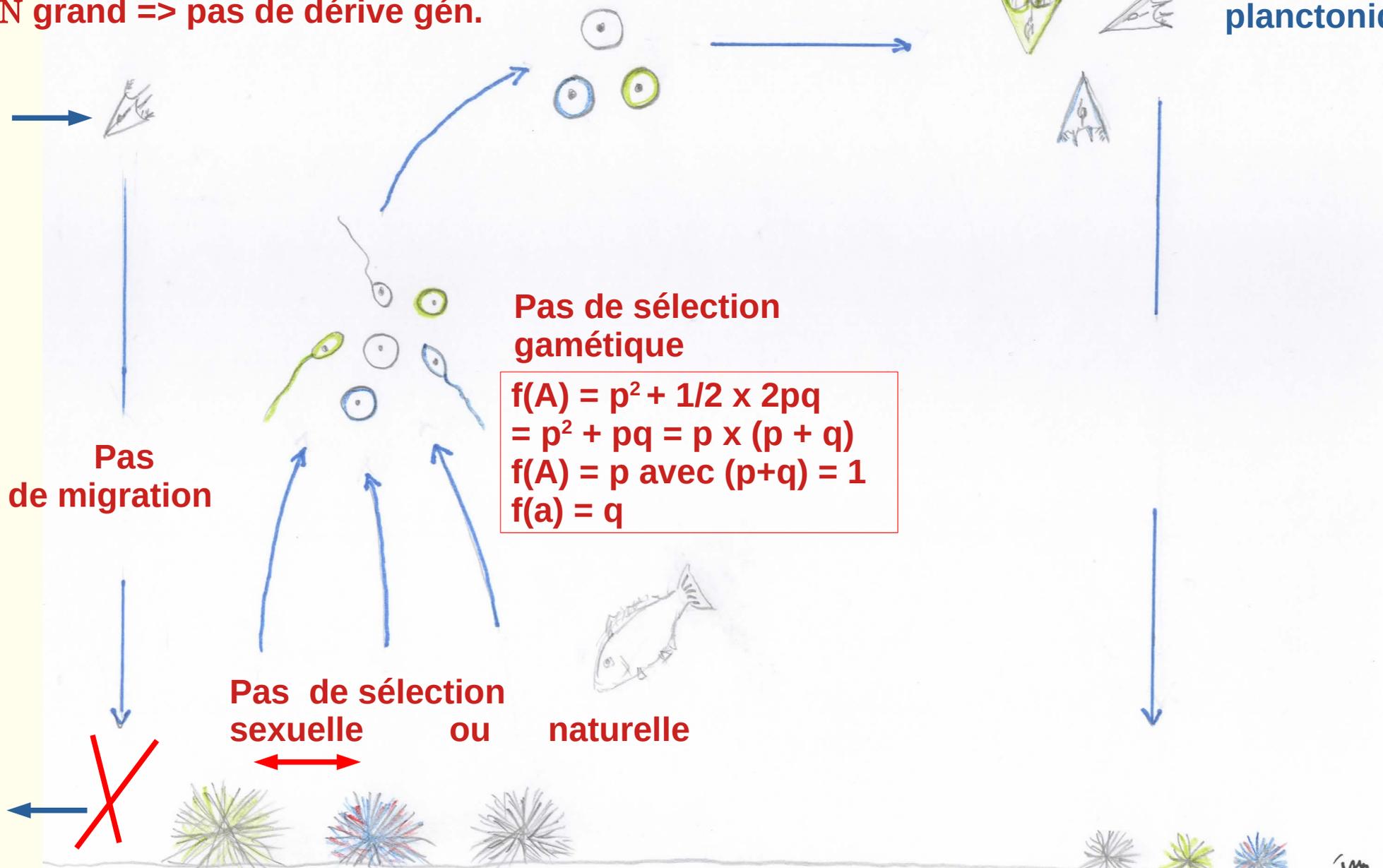
Génération G1:

$$f(AA) = p^2, f(aa) = q^2, f(Aa) = 2pq$$

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Même gène et allèles. Pas de mutations
N grand => pas de dérive gén.

Larve pluteus
planctonique



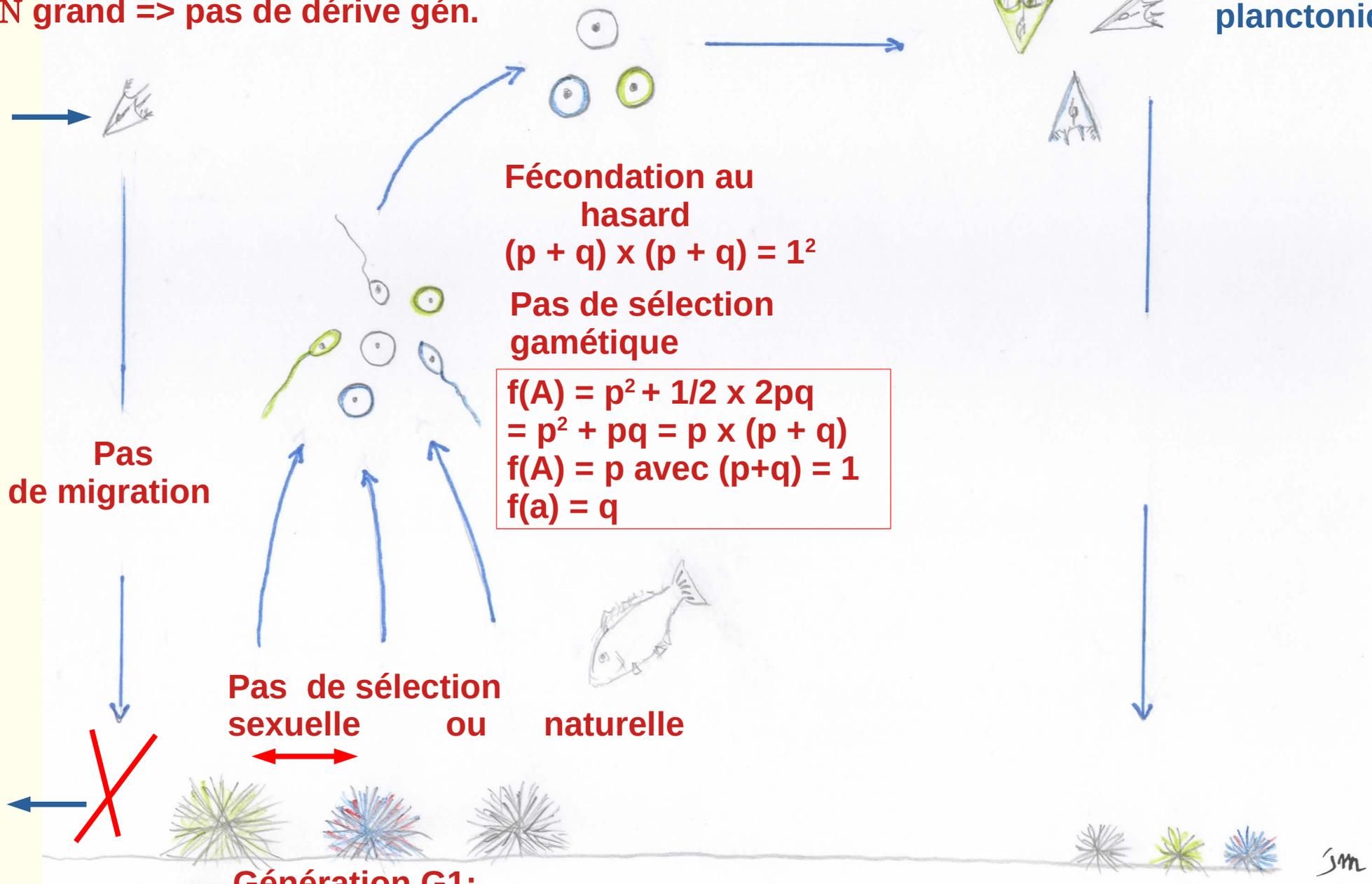
Génération G1:

$$f(AA) = p^2, f(aa) = q^2, f(Aa) = 2pq$$

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Même gène et allèles. Pas de mutations
N grand => pas de dérive gén.

Larve pluteus
planctonique



Fécondation au
hasard
 $(p + q) \times (p + q) = 1^2$
Pas de sélection
gamétique

$$f(A) = p^2 + 1/2 \times 2pq$$
$$= p^2 + pq = p \times (p + q)$$
$$f(A) = p \text{ avec } (p+q) = 1$$
$$f(a) = q$$

Pas
de migration

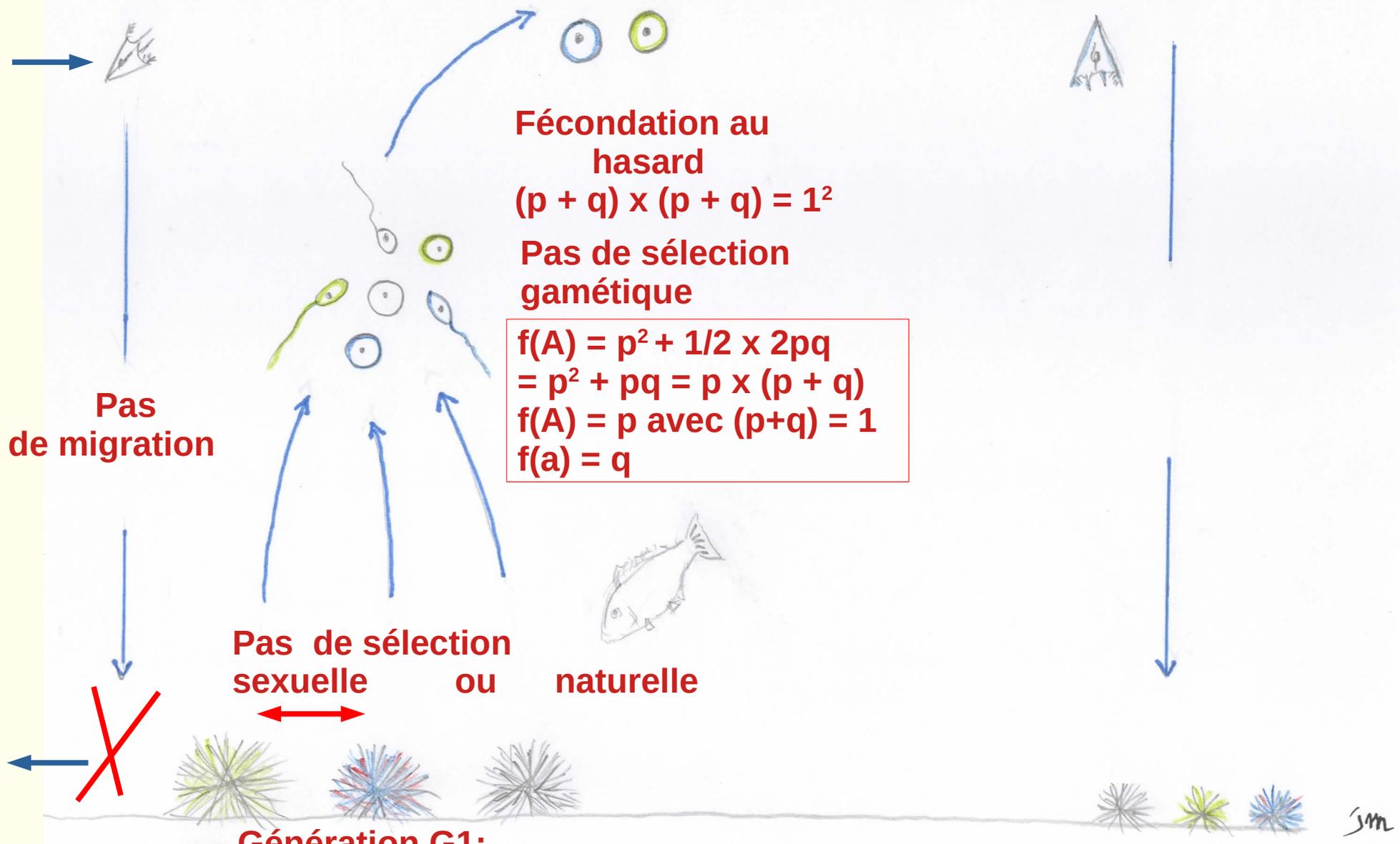
Pas de sélection
sexuelle ou naturelle

Génération G1:
 $f(AA) = p^2$, $f(aa) = q^2$, $f(Aa) = 2 pq$

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Même gène et allèles. Pas de mutations Pas de sélection zygotique
N grand => pas de dérive gén.

Larve pluteus planctonique



Fécondation au hasard
 $(p + q) \times (p + q) = 1^2$
Pas de sélection gamétique

$f(A) = p^2 + 1/2 \times 2pq$
 $= p^2 + pq = p \times (p + q)$
 $f(A) = p$ avec $(p+q) = 1$
 $f(a) = q$

Pas de migration

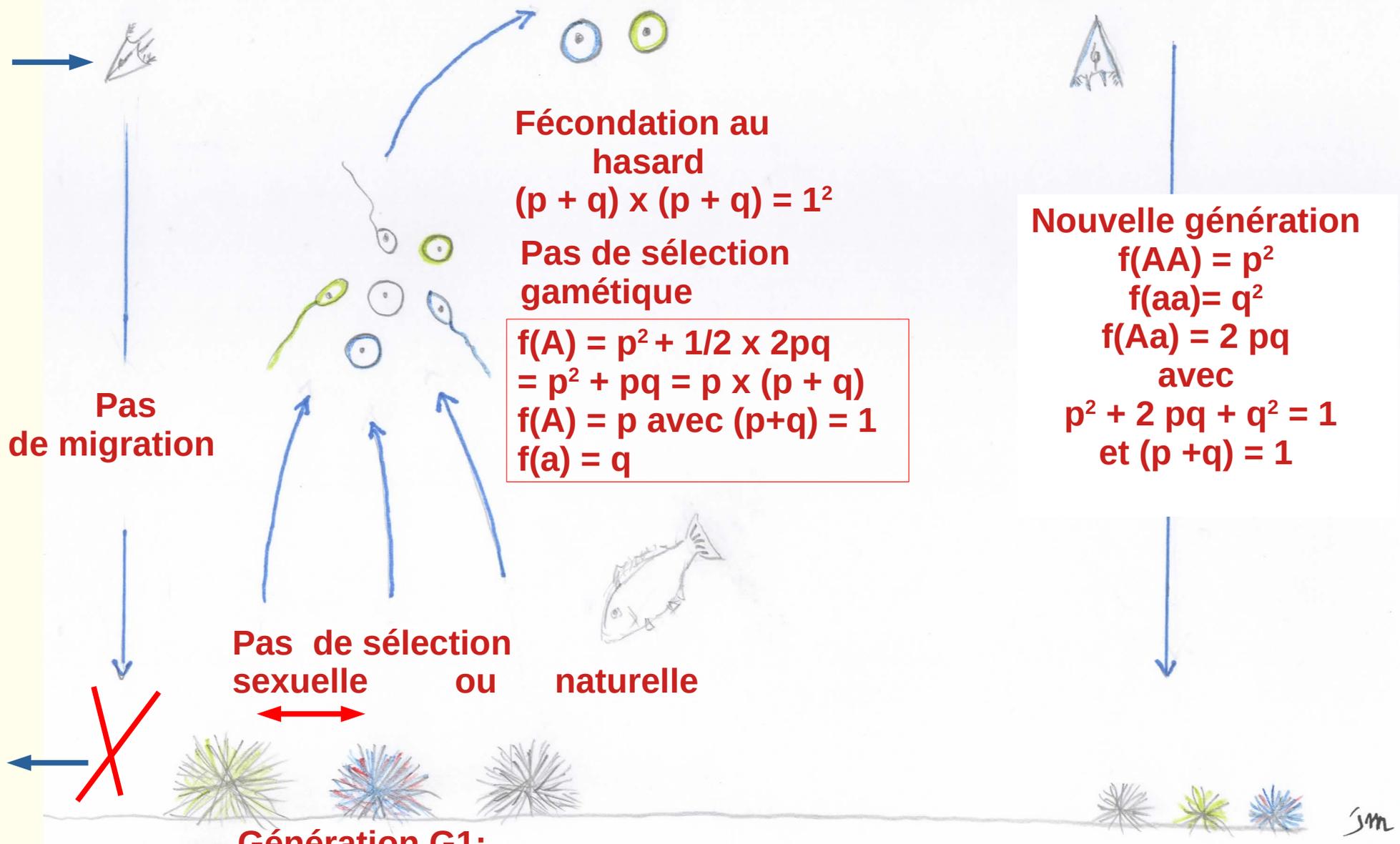
Pas de sélection sexuelle ou naturelle

Génération G1:
 $f(AA) = p^2, f(aa) = q^2, f(Aa) = 2pq$

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Même gène et allèles. Pas de mutations Pas de sélection
 N grand => pas de dérive gén.

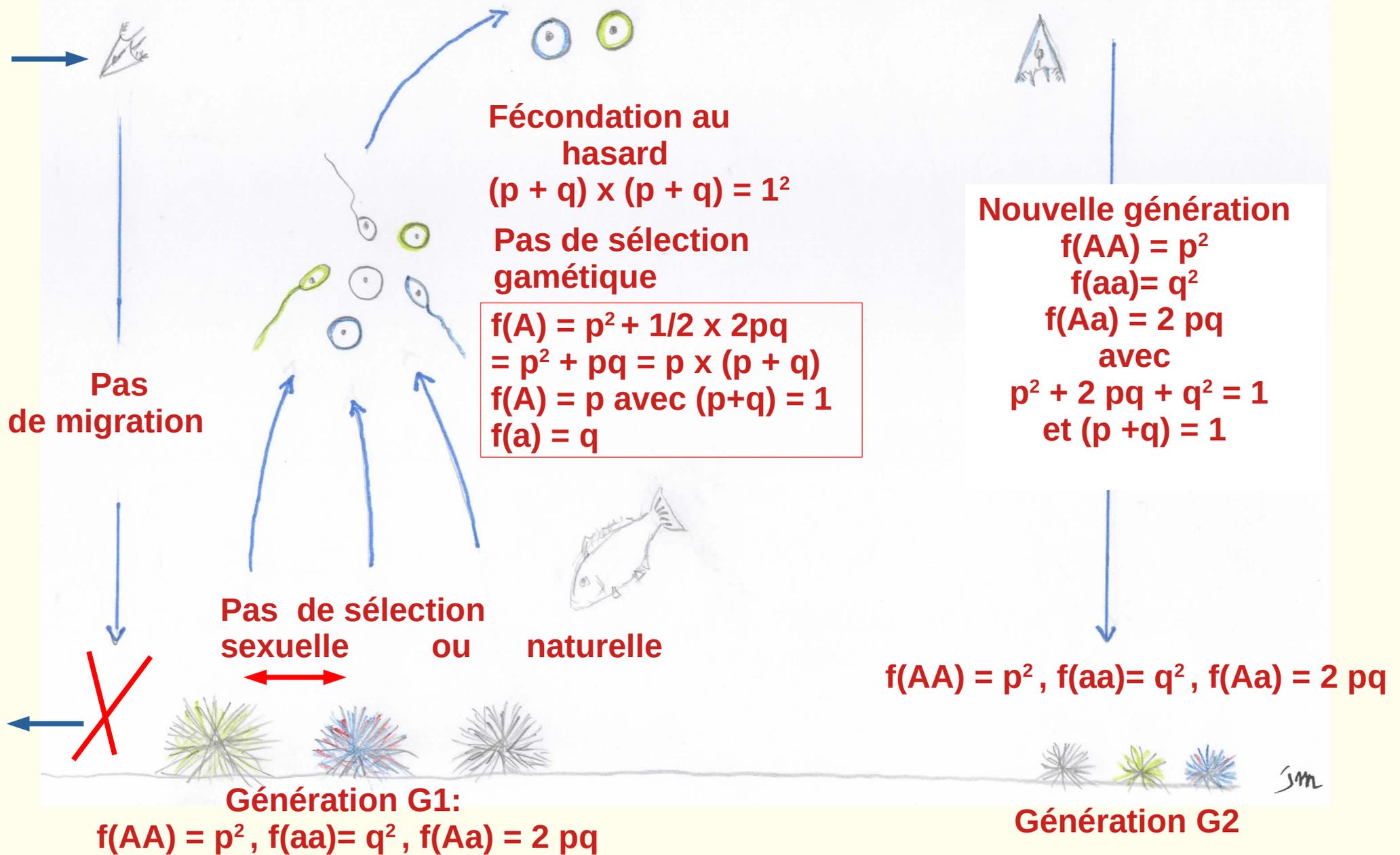
Larve pluteus
 planctonique



M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (Paracentrotus lividus Lamarck, 1816)

Même gène et allèles. Pas de mutations Pas de sélection
 N grand => pas de dérive gén.

Larve pluteus planctonique



M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Bilan:

Pour un gène autosomique et en l'absence de << forces évolutives >> pouvant faire varier les fréquences alléliques et génotypiques dans la population ces fréquences atteignent un équilibre stable en une seule génération.

C'est l'équilibre de Hardy-Weinberg.

Caractéristiques:

$$f(AA) = p^2, f(aa) = q^2, f(Aa) = 2 pq$$

avec

$$f(A) = p, f(a) = q \text{ et } (p + q) = 1$$

et

$$p^2 + 2 pq + q^2 = 1$$

Bilan plus synthétique et applicable:

1- Pour un gène autosomique et en l'absence de << forces évolutives >> pouvant faire varier les fréquences alléliques et génotypiques dans la population la reproduction sexuée conserve les fréquences alléliques.

2- En l'absence de << forces évolutives >> s'appliquant à la population la structure génétique de la population est telle que:

Si $f(A) = p$, $f(a) = q$ et $(p + q) = 1$ [Observées, vrai]

Alors $f(AA) = p^2$, $f(aa) = q^2$, $f(Aa) = 2 pq$ [Calculées sans biais, vrai si HW]

et

$$p^2 + 2 pq + q^2 = 1$$

Logique: (A vrai => B vrai) <=> (B faux => A faux) avec (A vrai et A faux impossible)

On peut donc tester le modèle!

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Bilan plus synthétique et applicable:

Absence de biais: La connaissance des fréquences alléliques observées n'apporte aucune information sur les fréquences génotypiques réelles.
Sauf sous les hypothèses de HW.

Par exemple, avec $f_A = 0,5$ et $f_a = 0,5$;
on peut avoir n'importe laquelle des distributions réelles suivantes ;

Effectifs	Eff _(AA)	Eff _(Aa)	Eff _(aa)
Distribution 1	500	0	500
Distribution 2	400	200	400
Distribution HW?			

Application(s) : Mettre en évidence l'existence de forces évolutives

1- Calculer les fréquences alléliques $f(A)$ et $f(a)$ à partir du tableau des effectifs observés (O_i): $f(A) = (O_1 + \frac{1}{2} O_2) / N$ $f(a) = (O_3 + \frac{1}{2} O_2) / N$

2- Sous l'hypothèse d'absence de forces évolutives calculer les fréquences génotypiques attendues (échiquier de croisement):

$$f(AA) = p^2, \quad f(Aa) = 2pq \quad f(aa) = q^2$$

3- Vérifier la relation $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

4- Calculer les effectifs génotypiques attendus (E_i) si l'équilibre est atteint

$$[AA] = p^2 \times N \quad [aa] = q^2 \times N \quad [Aa] = 2pq \times N \quad \text{avec } N = \text{effectif réel}$$

Application(s) : Mettre en évidence l'existence de forces évolutives

5- Construire le tableau ci-dessous et comparer les 2 distributions si possible par un test de χ^2 (ddl=2)

Génotype	AA	Aa	aa	total
Effectif observé	O1	O2	O3	N _O
Effectif calculé	E1	E2	E3	N _E

Rappel:
$$D_{\chi}^2 = \chi_{\text{obs}}^2 = \sum_i \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{ddl} = 2$$

6- Si les 2 distributions sont jugées différentes (χ^2 ou analyse qualitative), rejeter l'hypothèse d'absence de forces évolutives s'exerçant sur la population.

7- Chercher ces << forces évolutives >> !!!! pour cela → 8

8- Récapituler toutes les hypothèses qui ont été faites pour établir le modèle de HW – si χ^2 significatif alors l'une d'entre elles au moins n'est pas vérifiée:

1-

2-

3-

4-

5-

6-

7-

8-

9-

10-

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Quelles forces évolutives ce sont exercées sur la population d'oursins au paléocène (d'après vos notes sur la première vidéo) ?

a-

b-

c-

d-

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)

Autre exemple:



(*Colobocentrotus atratus*)

Comment a-t-on pu en arriver là?

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)



Tous les podia (ambulacres) sont sur la face orale!

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)



Les mêmes à découvert Un argument?

Répartition océanique indo-pacifique

M^r Hardy, D^r Weinberg et les oursins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816)



Une vague Australienne ...

Répartition océanique indo-pacifique