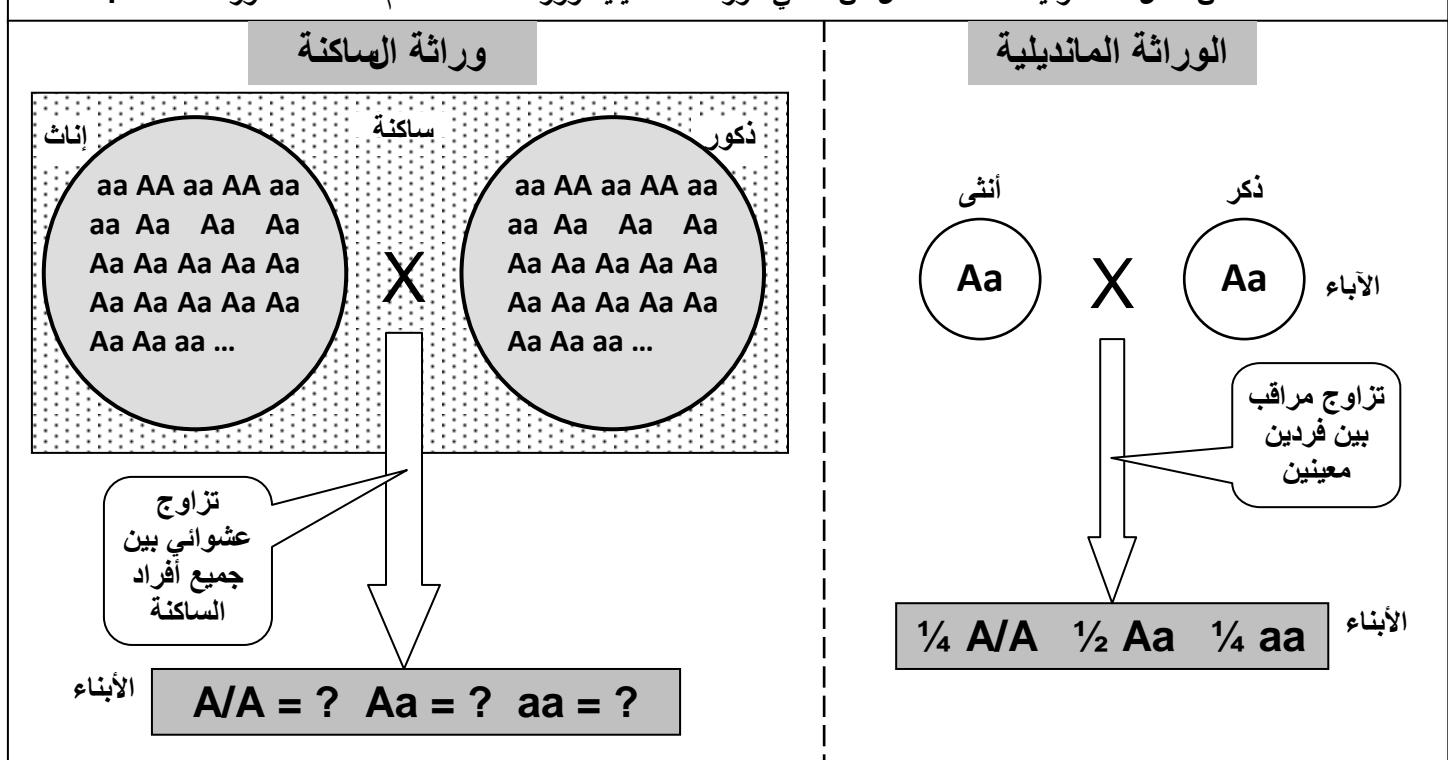


## الفصل الثاني:

# علم وراثة الساكنة

## مقدمة: أنظر الوثيقة 1.

**الوثيقة 1:** تعطي الوثيقة التالية، رسمياً تفسيرياً يظهر اهتمامات كل من الوراثة المانديلية ووراثة الساكنة. حدد من خلال هذه الوثيقة اهتمامات كل من علمي الوراثة المانديلية ووراثة الساكنة، ثم حدد أهداف وراثة الساكنة.



وراثة الساكنة هي جزء من علم الوراثة ، تهتم بدراسة قوانين توزيع المورثات و الأنماط الوراثية و كذا الآليات المحددة للتغير الوراثي داخل ساكنة معينة ، و لها ثلاثة أهداف رئيسية:

- قياس التغير الوراثي انطلاقاً من تردد حليلات نفس المورثة.
  - فهم كيفية انتقال التغير الوراثي من جيل لآخر .
  - فهم آليات تطور هذا التغير الوراثي حسب الأجيال.

إذا كانت الوراثة المانديلية تعتمد على التزاوجات الموجهة عن طريق التجربة فان وراثة الساكنة تدرس نسب الأنماط الوراثية عند مجموعة من الأفراد ينحدرون من تزاوجات غير موجهة لعدة آباء. فهي تطبيق للوراثة المانديلية على مستوى الساكنة.

- (1) فما هي الساكنة وما مميزاتها الوراثية؟
  - (2) ما القوانين الإحصائية المعتمدة في دراسة انتقال الصفات الوراثية عند الساكنة؟
  - (3) ما هي العوامل المتدخلة في تغير الساكنة؟
  - (4) كيف ينقل هذا التغير عبر الأجيال؟
  - (5) ما هي العوامل المتدخلة في التنوع الوراثي للساكنات؟ وما آليات تدخلها؟

# ١ - مفهوم الساكنة والمحتوى الجيني :La population et pool génétique

① ملاحظة بعض أنواع الساكنات المستوطنة بالمغرب: انظر الوثيقة 2 والوثيقة 3.

يقتضي تحديد الساكنة اعتبار معايير فضائية، زمانية، ووراثية. بين ذلك انتلاقا من الوثائق التالية.

الوثيقة 3

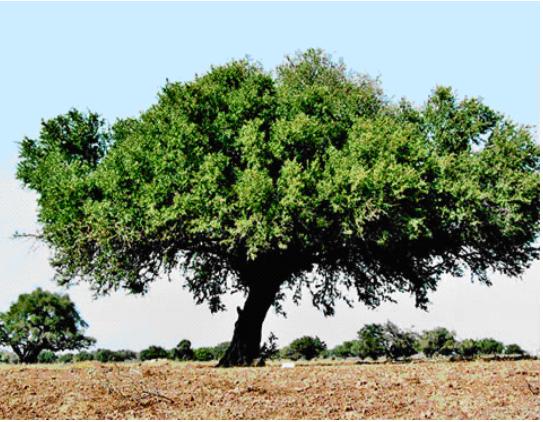
**Macaca sylvanus** المعروف بالقرد زعوط هو نوع من القردة التي تستوطن المغرب، ويشكل ساكنة يبلغ عددها حاليا زهاء 10000 بين المغرب والجزائر.

تنشر هذه الساكنة على الخصوص في غابات شجر الأرز بجبال الأطلس المتوسط، على ارتفاع يتراوح بين 1200 و2000 متر، يتميز بقدره على تحمل التغيرات المناخية (صيف حار وجاف وشتاء بارد جدا). وهو قرد بدون ذيل، يصل وزنه إلى 20 كلغ عند الذكور و15 كلغ عند الإناث، وطوله زهاء 60 سم.



الوثيقة 2

يوجد شجر أركان أساسا في الأطلس الكبير وفي سهل سوس والأطلس الصغير، ويعطي مساحة تقدر ما بين 700.000 و 850.000 هكتار. وهو نوع لا مبالي بنوعية التربة (ينمو فوق تربة سيليسية ، شيسية ، كلسية ) ويتحمل الحرارة ( 50°+ ) ويقاوم الجفاف ينتمي للطبة الحيمناخية شبه القاحلة والقاحلة، لا يتجاوز علوه 10 أمتار، من كاسيات البذور يزهر في فصل الربيع يتکاثر عن طريق التوالد الجنسي بحيث تحرر الماءبر بعد نضجها حبوب اللقاح لتنقل إلى ميسم الزهرة فلتتصق به لتثبت أنبوب اللقاح الذي ينمو في اتجاه البيضة. ولن تتم عملية الإلبات إلا إذا كان هناك تلاقي بين حبوب اللقاح والميسم ( أي ينتميان لنفس النوع ) و هو أمر يتحكم فيه البرنامج الوراثي لكل من حبوب اللقاح والميسم . وتشكل كل الطحيلات المتواجدة عند كل أفراد الساكنة ما يسمى بالمحتوى الجيني .

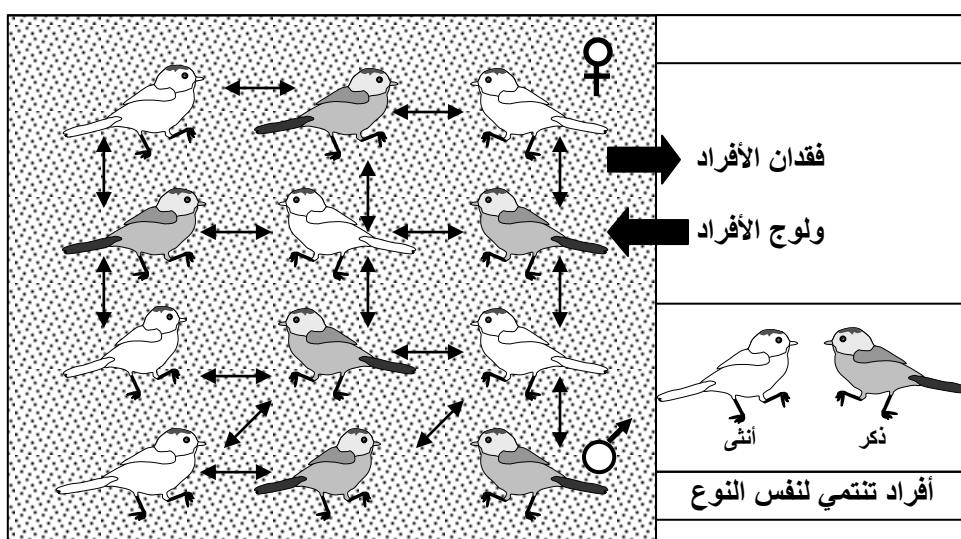


- ساكنة شجر أركان: تحلل المناطق الجبلية لجبال الأطلس الكبير وفي سهل سوس.
- القرد **Macaca sylvanus** المعروف بقرد زعوط، الذي يحتل خاصة غابات شجر الأرز بجبال الأطلس (ارتفاع بين 1200 و2000 متر).

## ② مفهوم الساكنة: انظر الوثيقة 4.

الوثيقة 4 : نموذج تفسيري لمفهوم الساكنة.

استخرج انتلاقا من هذه الوثيقة والوثائق السابقة تعريفا مبسطا لمفهوم الساكنة، مع تحديد خصصيات الساكنة الطبيعية.



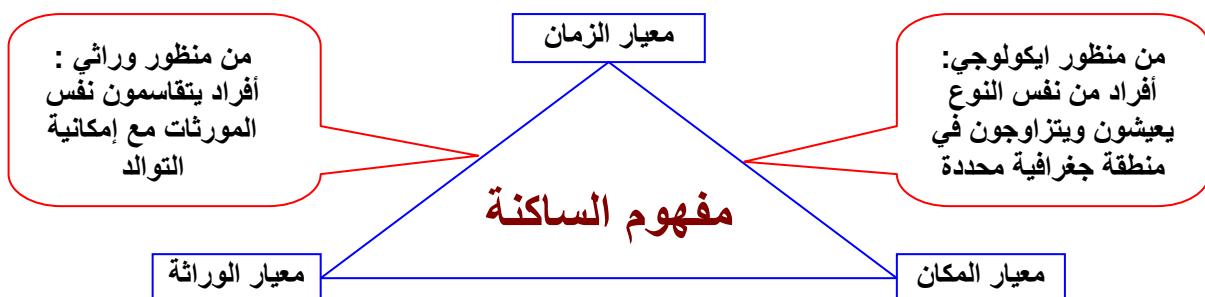
= تزاوج بالصدفة، لكل فرد نفس الاحتمال بأن يتزاوج ويعطي خلفا.

= مجال توزيع الساكنة

الساكنة **La population** هي مجموعة من الأفراد المنتسبة لنفس النوع. وهي مجموعة تعيش في مجال جغرافي معين، يمكن فيه كل فرد من أفرادها من التزاوج والتولد مع أي فرد آخر من أفراد المجموعة.

- والساكنة ليست كياناً جامداً بل هي على العكس من ذلك بنية دينامية يتخللها تدفق للأفراد من خلال:
- ولوح أفراد جدد ناتج عن الولادات وهجرة أفراد النوع نحو هذه الساكنة.
  - فقدان أفراد ناجم عن الوفيات وهجرة أفراد النوع خارج مجال توزيع الساكنة.

ويمكن توضيح الساكنة من خلال الرسم التالي:



### ③ المحتوى الجيني للساكنة:

#### أ - تعريف المحتوى الجيني للساكنة:

تتميز الساكنة بجينوم جماعي يسمى المحتوى الجيني للساكنة، وهو مجموع الحليلات التي توجد في مواضع المورثات على الصبغيات عند كل أفراد الساكنة. ويتميز بالاستمرارية عبر الأجيال، ويكون قابلاً للتغير عبر الزمن. انظر الوثيقة 2، لوحدة 2.

#### ب - حساب الترددات باستعمال طريقة الاحتمالات:

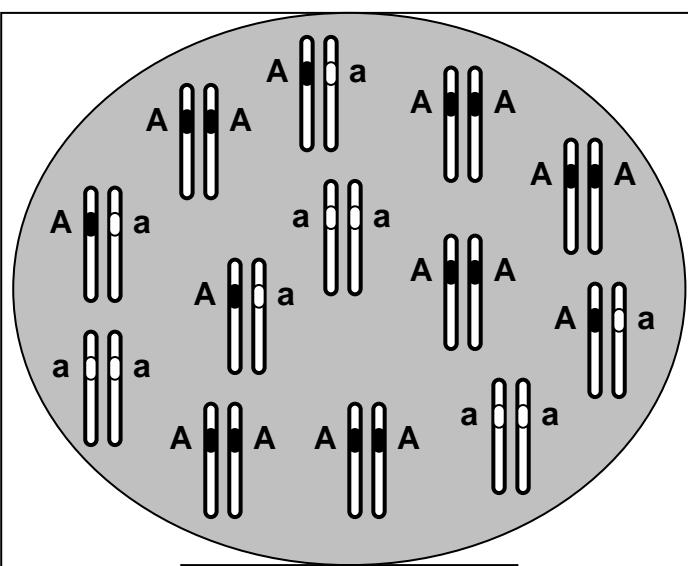
لتكن ساكنة P بها الأنماط الوراثية AA , Aa , aa : انظر الوثيقة 5.

الوثيقة 5:

يقدم الرسم أمامه المحتوى الجيني عند ساكنة P مكونة من 13 فرداً.  
سنعتبر أن المورثة غير مرتبطة بالجنس، وتملك حليلين: A (حلي سائد،  
و a (حلي متختي).  
باستخدام طريقة الاحتمالات، أحسب تردد كل من المظاهر الخارجية،  
الأنماط الوراثية، والhilates. علماً أن:

$$\frac{\text{عدد الأفراد الحاملين للمظهر [A]}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N}} = \text{تردد مظهر خارجي [A]}$$

$$\frac{\text{عدد الأفراد الحاملين للنمط AA}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N}} = \text{تردد نمط وراثي AA}$$



المحتوى الجيني لساكنة P

تردد hilates:  $f(AA) = D$  ,  $f(Aa) = H$  ,  $f(aa) = R$

يمكن حساب تردد hilil A بحساب احتمال سحب tirage هذا hilil بالصدفة من الساكنة، الشيء الذي يتطلب في الأول سحب فرد معين من هذه الساكنة ثم سحب أحد hililes:

↳ يمكن أن يكون الفرد المسحوب AA باحتمال D، في هذه الحالة، احتمال سحب hilil A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 1 (لأن هذا الفرد يحمل hilil A فقط).

↳ أو أن يكون الفرد المسحوب Aa باحتمال H، في هذه الحالة، احتمال سحب hilil A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 1/2 (لأن هذا الفرد يحمل كذلك hilil a).

↳ أو أن يكون الفرد المسحوب aa باحتمال R، في هذه الحالة، احتمال سحب hilil A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 0 (لأن هذا الفرد لا يحمل hilil A).

$$f(A) = (D \times 1) + (H \times 1/2) + (R \times 0) \quad \Rightarrow \quad f(A) = D + H/2$$



$$f(a) = (D \times 0) + (H \times 1/2) + (R \times 1) \quad : f(a) \text{ هو } a$$

$$\Rightarrow f(a) = R + H/2$$

وهكذا يمكن حساب تردد حليل داخل ساكنة باستعمال الصيغة التالية:

$$\frac{\text{تردد حليل}}{\text{داخل عينة}} = \frac{\frac{\text{عدد المورثة المشابهة}}{\text{الاقتران بالنسبة للحيل}}}{\text{مجموع أفراد الساكنة } N} + \left[ \frac{\frac{\text{عدد المورثة المختلفة}}{\text{الاقتران}}}{\text{مجموع أفراد الساكنة } N} \times \frac{1}{2} \right]$$

$$\frac{\text{تردد حليل}}{\text{داخل عينة}} = \frac{X_2 \times \text{عدد المورثة المشابهة الاقتران بالنسبة لـ } H + \text{ عدد المورثة المختلفة الاقتران}}{X_2 \times \text{مجموع أفراد الساكنة } N \times (\text{عدد الحليلات})}$$

• تردد المظاهر الخارجية:

$$f[a] = 3/13 \quad f[A] = 10/13$$

• تردد الأنماط الوراثية:

$$f(AA) = D = 6/13, \quad f(Aa) = H = 4/13, \quad f(aa) = R = 3/13$$

• تردد الحليلات:

$$f(A) = \frac{(2 \times 6) + 4}{2 \times 13} = 0.62$$

$$f(a) = \frac{(2 \times 3) + 4}{2 \times 13} = 0.38$$

## II - قانون Hardy - Weinberg

### ① الساكنة النظرية المثالية:

نظراً لصعوبة دراسة التغيرات الوراثية للساكنة عبر الأجيال ( الطفرات، هجرة الأفراد، الانقاء الطبيعي... )، تتبع انتقال الخصائص الوراثية بالنسبة لساكنة نظرية مثالية وذلك بتطبيق قانون  $H - W$ . ما هذا القانون وما خصائص الساكنة النظرية المثالية؟ تعطي الوثيقة 6، خصائص الساكنة النظرية المثالية.

#### الوثيقة 6 : خصائص الساكنة النظرية المثالية

- ساكنة لمعضيات ثنائية الصيغة ذات توالد جنسي وأجيالها غير متراكبة ( ليس هناك أي تزاوج بين أفراد الأجيال المختلفة ).
- ساكنة ذات عدد لا منتهٍ حيث تتسم التزاوجات بشكل عشوائي.
- ساكنة مغلقة وراثياً ( ليس هناك تدفقات ناتجة عن الهجرة ).
- لجميع أفراد الساكنة، مهما كان نمطهم الوراثي، القدرة نفسها على التوالد والقدرة على إعطاء خلف قادر على العيش = غياب الانقاء.
- غياب الطفرات والتغيرات الوراثية أثناء افتراق الصبغيات اثر الانقسام الاختزالي ( يعطي الفرد من النمط  $Aa$  دائمًا 50% من الأمشاج  $A$  و 50% من الأمشاج  $a$  ).
- التزاوج العشوائي بين الأفراد : الأفراد يتزاوجون بالصدفة Panmixie ( لا يتم اختيار الشريك الجنسي بناء على خصائص نمطه الوراثي أو مظهره الخارجي، والبقاء الأمشاج يحصل كذلك بالصدفة Pangamie ).

## قانون Hardy و Weinberg ②

### أ - نص القانون:

يعتبر قانون  $H - W$  أن ترددات الحليلات وترددات الأنماط الوراثية تبقى مستقرة من جيل لآخر داخل ساكنة نظرية مثالية، فتوصف الساكنة بأنها في حالة توازن. (  $Hardy =$  رياضي إنجليزي  $Weinberg =$  طبيب ألماني ).

**ب - برهنة القانون في حالة مورثة ذات حليلين:**  
فسر قانون H.W من خلال استغلال معطيات الوثيقة 7.

الوثيقة 7 : إنشاء قانون Hardy - Weinberg

نعتبر ساكنة نظرية مثالية، ولنتبع تطور محتواها الجيني على مدى جيلين متتابعين  $G_0$  و  $G_1$  ، وذلك من خلال تتبع تطور كل من الأنماط الوراثية وتعدد الحليلات بالنسبة لمورثة غير مرتبطة بالجنس ذات حليلين A و a.

- (1) حدد تعدد كل من الأنماط الوراثية والليلات في الجيل الأصلي  $G_0$ .
- (2) حدد تعدد الأنماط الوراثية في الجيل  $G_1$ .
- (3) حدد تعدد الليلات في الجيل  $G_1$  من خلال تعدد أنماطه الوراثية.
- (4) ماذا تستنتج ؟

ساكنة نظرية مثالية ( الجيل  $G_0$  )

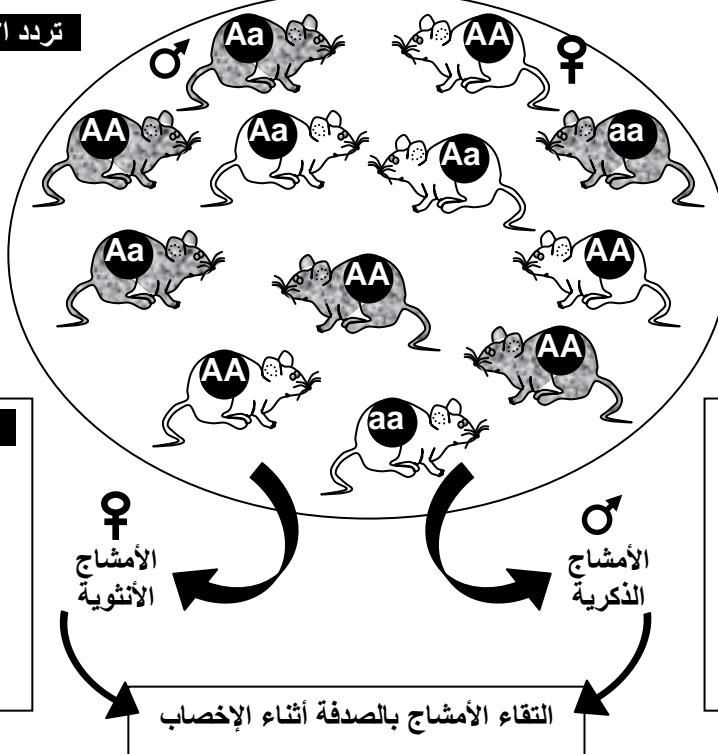
تردد الأنماط الوراثية في الجيل  $G_0$  :

$$f(AA) = \dots$$

$$f(Aa) = \dots$$

$$f(aa) = \dots$$

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = \dots$$



تردد الليلات في الجيل  $G_0$  :

$$f(A) = p = \dots$$

$$f(a) = q = \dots$$

$$p + q = \dots$$

تردد حليلات الأمشاج الذكورية:

$$f(A) = \dots$$

$$f(a) = \dots$$

$$f(A) + f(a) = \dots$$

تردد حليلات الأمشاج الأنثوية:

$$f(A) = \dots$$

$$f(a) = \dots$$

$$f(A) + f(a) = \dots$$

تردد الأنماط الوراثية في الجيل  $G_1$  :

$$f(AA) = \dots$$

$$f(Aa) = \dots$$

$$f(aa) = \dots$$

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = \dots$$

		شبكة التزاوج $\leftrightarrow$ الجيل $G_1$	
		A	a
♀	♂	p	q
	A	p	
a	q		

تردد الليلات في الجيل  $G_1$  :

$$f(A) = \dots$$

$$f(a) = \dots$$

$$f(A) + f(a) = \dots$$

(1) تعدد الأنماط الوراثية والليلات في الجيل  $G_0$  : **الأنماط الوراثية :**  $f(AA) = D$  ,  $f(Aa) = H$  ,  $f(aa) = R$

تردد الأنماط الوراثية متساوٍ عند الجنسين مع  $D + H + R = 1$

$$f(A) = p = D + H/2 \quad , \quad f(a) = q = R + H/2 \quad \star \text{ الليلات :}$$

$$p + q = D + H + R = 1$$

(2) تردد الأنماط الوراثية في الجيل  $G_1$ :  
انطلاقاً من شبكة التزاوج:

$$\begin{aligned} f(AA) &= p \times p = p^2 = D \\ f(Aa) &= (p q) + (p q) = 2pq = H \\ f(aa) &= q \times q = q^2 = R \\ D + H + R &= p^2 + 2pq + q^2 \\ &= (p + q)^2 = 1 \end{aligned}$$

(3) تردد الحليلات في الجيل  $G_1$ :

$$\begin{aligned} f(A) &= f(AA) + f(Aa)/2 = D + H/2 \\ &= p^2 + (2pq)/2 \\ &= p^2 + pq \\ &= p(p + q) \\ f(A) &= p \quad \text{و بما أن } p + q = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(a) &= f(aa) + f(Aa)/2 = R + H/2 \\ &= q^2 + (2pq)/2 \\ &= q^2 + pq \\ &= q(p + q) \\ f(a) &= q \quad \text{و بما أن } p + q = 1 \end{aligned}$$

(4) استنتاج:

نلاحظ أن هناك استقراراً في تردد الحليلات وتردد الأنماط الوراثية مع توالي الأجيال، وهذا ما يعرف بتوافر الساكنة النظرية المثالية. في الساكنة النظرية المثالية، تظل ترددات الأنماط الوراثية وترددات الحليلات مستقرة من جيل لآخر، فنقول أن الساكنة في حالة توازن.

يتم تحديد ترددات الأنماط الوراثية انطلاقاً من تردد الحليلات باعتماد علاقة بسيطة تقابل نشر الحدانية  $(p+q)^2$ . في حالة مورثة ذات حليلين، بحيث  $p$  هو تردد الحليل  $A$  و  $q$  هو تردد الحليل  $a$ ، فإن تردد الأنماط الوراثية ستحسب كالتالي:

$$\begin{aligned} f(AA) + f(Aa) + f(aa) &= (p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 \\ f(AA) &= p^2, \quad f(Aa) = 2pq, \quad f(aa) = q^2 \quad \Leftrightarrow \end{aligned}$$

**ملاحظة:** يطبق قانون Hardy-Weinberg أيضاً على المورثات متعددة الحليلات، بحيث إذا كانت ترددات مختلف الحليلات على التوالي  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  فإن ترددات مختلف الأنماط الوراثية هي نشر الحدانية  $(p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n)^2$ .

مثلاً نظام الفصائل الدموية ABO عند الإنسان يحدد عن طريق ثلاثة حليلات هي  $A$  و  $B$  و  $O$  بترددات على التوالي  $p, q$  و  $r$ . ادن

$$(p + q + r)^2 = p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2qr + 2pr$$

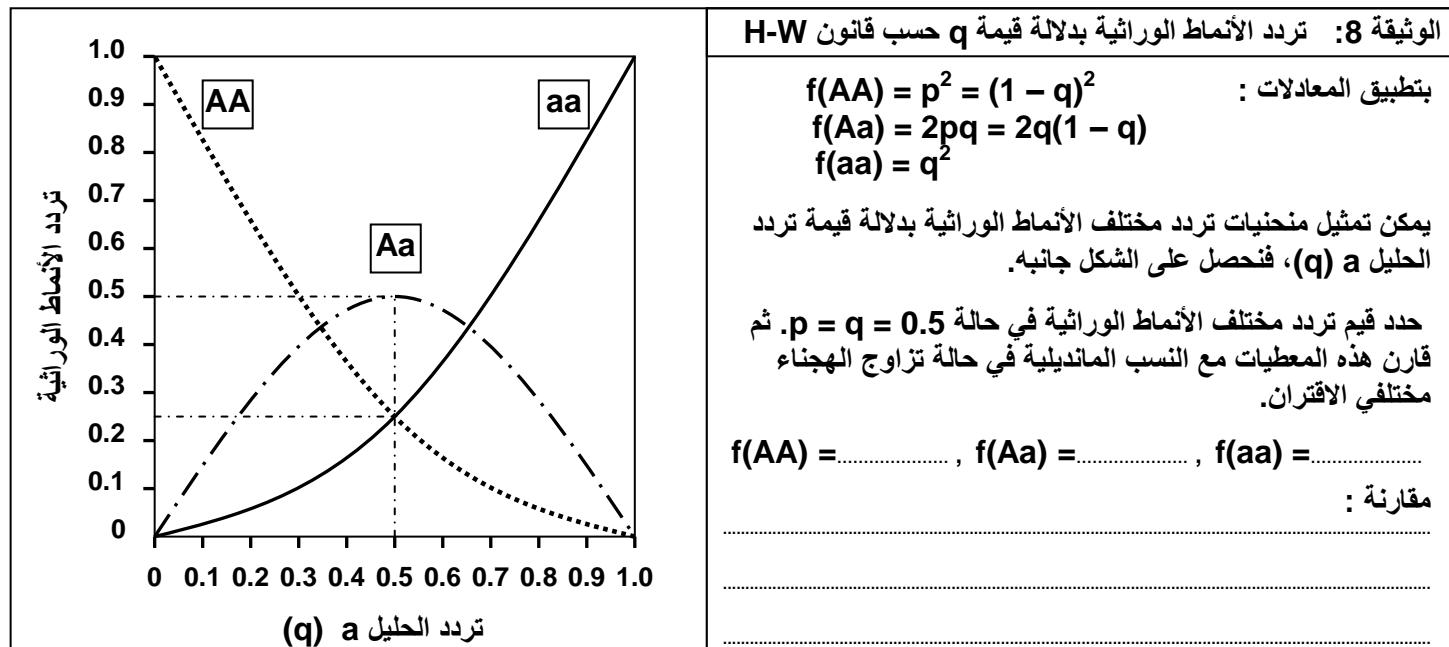
وهكذا فتردد الأنماط الوراثية هو

$$\begin{aligned} f(AA) &= p^2, \quad f(BB) = q^2, \quad f(OO) = r^2 \\ f(AB) &= 2pq, \quad f(AO) = 2pr, \quad f(BO) = 2qr \end{aligned}$$

③ العلاقة بين تردد الحلول وتردد الأنماط الوراثية حسب قانون H-W:

سؤال :

تمثل منحنيات الوثيقة 8 تردد مختلف الأنماط الوراثية بدلالة قيمة تردد الحليل  $a$  ( $q$ ). حدد قيمة تردد مختلف الأنماط الوراثية في حالة  $p = q = 0.5$ . ثم قارن هذه المعطيات مع النسب المانديلية في حالة تزاوج المجناء مختلفي الاقتران.



جواب :

تردد الأنماط الوراثية :  $f(aa) = 1/4$  ،  $f(Aa) = 1/2$  ،  $f(AA) = 1/4$   
 هي نفس ترددات الأنماط الوراثية في الوراثة المانديلية المحصلة خلال تزاوج الهجناء مختلفي الاقتران، وهي  
 حالة خاصة من قانون Hardy-Weinberg.

**III - تطبيق قانون Hardy – Weinberg على ساكنة نظرية مثالية:**  
**① اختبار التوازن  $\chi^2$  ( Khi deux )**

للتأكد ومعرفة هل الساكنة في حالة توازن أم لا، نقوم بإنجاز اختبار التطبقيّة<sup>2</sup> ، والذي يمكن تلخيصه في ثلاثة مراحل هي:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{عدد الأفراد النظري} - \text{عدد الأفراد الملاحظ})^2}{\text{عدد الأفراد النظري}}$$

حساب  $X^2$  •

- نحدد قيمة تدعى درجة الحرية (ddl) هي فارق عدد الأنماط الوراثية وعدد الحليلات المدرستة:

**عدد الحالات - عدد الأنماط الوراثية =**

- نقارن قيمة  $\chi^2$  المحسوبة مع قيمة عتبة تقرأ على جدول خاص (انظر الوثيقة 9) بدلالة معيارين:

احتمال الخطأ  $\alpha$  ويتم اختياره من طرف المختبر وهو عادة 0.05 % أي 0.5 %.

## درجة الحرية

$\alpha$	0,90 ddl	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,0158	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635	10,827
2	0,211	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210	13,815
3	0,584	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	9,837	11,345	16,266
4	1,064	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277	18,467
5	1,610	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	13,388	15,086	20,515
6	2,204	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	15,033	16,812	22,457
7	2,833	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475	24,322
8	3,490	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	18,168	20,090	26,125
9	4,168	8,343	10,656	12,242	14,684	16,919	19,679	21,666	27,877
10	4,865	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	21,161	23,209	29,588
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	20,599	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	47,962	50,892	59,703

وهكذا إذا كانت قيمة  $\chi^2$  المحسوبة أصغر من القيمة العتبة  $\chi^2$  في الجدول، نقول أن الساكنة تخضع لقانون Hardy – Weinberg – أي أنها في توازن. وإذا كانت قيمة  $\chi^2$  المحسوبة أكبر من القيمة العتبة  $\chi^2$  في الجدول، نقول أن الساكنة لا تخضع لقانون Hardy – Weinberg أي أنها ليست في حالة توازن.

## ② تطبيق قانون Hardy – Weinberg على ساكنة نظرية مثالية: ( انظر الوثيقة 10 )

### الوثيقة 10 : تطبيق قانون Hardy-Weinberg على ساكنة نظرية مثالية في حالة السيادة التامة.

داخل ساكنة نظرية تتتألف من 500 نبتة زهرية، تم إحصاء عدد الأفراد بأزهار حمراء، وعدد الأفراد بأزهار بيضاء، فحصلنا على النتائج الممثلة على الجدول جانبه. للإشارة فالمورثة المسئولة عن لون الأزهار محمولة على صبغى لا جنسى مع سيادة الحليل المسؤول عن اللون الأحمر ( R ) على الحليل المسؤول عن اللون الأبيض ( b ).

باعتبار هذه الساكنة في حالة توازن، وبتطبيق معادلة Hardy-Weinberg

$$p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1 \quad p = \text{تردد الحليل } R \quad q = \text{تردد الحليل } b \quad p + q = 1$$

أحسب ترددات الأنماط الوراثية وتتردادات الحليلات عند الساكنة الأم والساكنة البنت، ثم استنتاج العدد النظري للأنماط الوراثية RR و Rb في هذه الساكنة.

مظهر خارجي ساند [ R ]	مظهر خارجي متاحي [ b ]	المظاهر الخارجي
RR + Rb	bb	النمرط الوراثي
480	20	عدد الأفراد

1) حساب الترددات عند الساكنة الأم :

★ تردد النمرط الوراثي bb: يسهل حساب تردد حاملي الصفة المتاحية، لأن عدد مظاهرها الخارجية يكون مساوياً لعدد الأنماط الوراثية RR و Rb في هذه الساكنة.

★ تردد الحليلين R و b :

إذا اعتبرنا أن هذه الساكنة في حالة توازن، فيمكن حساب تردد الحليلات من خلال تردد الأنماط الوراثية، والتي تقابل نشر الحدانية  $( p + q )^2 = 1$  أي  $p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$

$$f(b) = q \quad f(R) = p^2 \quad f(Rb) = 2pq \quad f(bb) = q^2$$

نبدأ بقيمة  $q$  لأننا نعرف مسبقاً قيمة  $q^2 = 0.04$

$$f(b) = q = \sqrt{0.04} = 0.2 \quad \text{إذن :}$$

$$q = 0.2$$

$$p = 1 - q = 1 - 0.2 = 0.8 \quad \text{إذن } p + q = 1$$

$$p = 0.8$$

وهكذا فتردد الحليلين  $R$  و  $b$  هو :

★ تردد النمط الوراثي  $: RR$   
بناء على قيم  $p$  و  $q$  يمكن حساب :

$$f(RR) = p^2 = (0.8)^2 = 0.64 \quad \text{تردد النمط الوراثي لمشابهي الاقتران } RR$$

$$f(Rb) = 2pq = (2 \times 0.8 \times 0.2) = 0.32 \quad \text{تردد النمط الوراثي لمختلفي الاقتران } Rb$$

★ العدد النظري للأنماط الوراثية  $RR$  و  $Rb$  :

$$f(RR) = \frac{\text{عدد الأفراد}}{\text{عدد أفراد الساكنة}} \quad \text{عدد الأفراد } RR = f(RR) \times N$$

$$\text{إذن عدد الأفراد الحاملين ل } RR \text{ هو } 320 = 0.64 \times 500$$

$$\text{وعدد الأفراد الحاملين ل } Rb \text{ هو } 160 = 0.32 \times 500$$

$$\text{وعدد الأفراد الحاملين ل } bb \text{ هو } 20 = 0.04 \times 500$$

(2) حساب الترددات عند الساكنة البنت :

ينتج أفراد الساكنة الأم أمشاجا تتضمن الحليلين  $R$  و  $b$  بنفس التردد الذي توجد عليه في هذه الساكنة.  
لنجز شبكة التزاوج:

		$R$ $p = 0.8$	$b$ $q = 0.2$
$R$ $p = 0.8$	$RR$ $p^2 = 0.64$	$Rb$ $Pq = 0.16$	
$b$ $q = 0.2$	$Rb$ $Pq = 0.16$	$bb$ $q^2 = 0.04$	

ترددات الأنماط الوراثية عند الساكنة البنت هي :

$$f(RR) = p^2 = 0.64$$

$$f(Rb) = 2pq = 2 \times 0.16 = 0.32$$

$$f(bb) = q^2 = 0.04$$

نلاحظ أن تردد الحليلات والأنماط الوراثية للساكنة البنت مماثلاً للساكنة الأم (ساكنة خاضعة لقانون  $H-W$ ).

## IV - تطبيق قانون Hardy – Weinberg على انتقال بعض الصفات الوراثية:

① حالة مورثات مرتبطة بالصبغيات اللاجنسية:

أ - حالة السيادة.

a - مثال أول: الفصيلة الدموية ريزوس (أنظر الوثيقة 11)

الوثيقة 11: يرمز لفصيلة الدم الوراثية ريزوس Rhésus (Rh) بواسطة الحليلين d و D. الحليل D سائد يعطي الفصيلة [Rh<sup>+</sup>] ، والليل d متاح بحيث النط الوراثي dd يعطي الفصيلة [Rh<sup>-</sup>]. في سنة 1976 أظهرت دراسة خصت 400 فرد من منطقة الباسك باسبانيا أن 230 منهم من الفصيلة [Rh<sup>+</sup>]. بتطبيق قانون Hardy-Weinberg، أتم الجدول التالي.

$f(d) = q = \sqrt{(400-230)/400}$	ادن	$f(dd) = q^2$	$f(d) = q$	الليل D	تردد الحليلات
$f(D) = p = 1 - q = 0.35$				الليل d	
$f(DD) = p^2 = (0.35)^2 = 0.122$				DD	
$f(Dd) = 2pq = 2 \times 0.65 \times 0.35 = 0.455$				Dd	تردد الأنماط الوراثية
$f(dd) = q^2 = (0.65)^2 = 0.423$				dd	
$(f(Dd)/(f(Dd) + f(DD))) \times 100 = (0.455/(0.455+0.122)) \times 100 = 78.86$				نسبة [Rh <sup>+</sup> ] الذين هم مختلفوا الاقتران :	

b - مثال ثاني: مرض Mucoviscidose (أنظر الوثيقة 12)

الوثيقة 12: انتقال مرض Mucoviscidose

عند ساكنة متوازنة، يصاب طفل من بين 3000 بمرض وراثي يدعى La mucoviscidose.

- 1) أعط النط الوراثي أو الأنماط الوراثية الممكنة للأفراد العاديين. على إجابتك. (استعمل الرمز m<sup>+</sup> بالنسبة للليل السائد)
- 2) أحسب تردد الأفراد المصابين في هذه الساكنة.
- 3) أحسب تردد الأفراد مختلفي الاقتران في هذه الساكنة.

1) النمطين الوراثيين الممكّنين بالنسبة للأفراد العاديين هما m<sup>+</sup>m<sup>+</sup> و m<sup>+</sup>m، لأن الأفراد السائدين يتّبعون لسلالتين: سلالة نقيّة متشابهة الاقتران وسلالة هجينة مختلفة الاقتران.

$$f(mm) = \frac{1}{3000} = 3.3 \cdot 10^{-4} \quad : f(mm) \text{ هو } \text{ تردد الأفراد المصابين في هذه الساكنة هو } .$$

نعتبر q تردد الليل m و p تردد الليل m<sup>+</sup>   
 نعلم أن 1 = p + q و أن f(mm) = q<sup>2</sup>

لحسب ادن q: ( f(mm) = q<sup>2</sup> ) تساوي جذر تردد الأفراد المصابين في الساكنة أي

$$q = \sqrt{3.3 \cdot 10^{-4}} = 0.018$$

$$P = 1 - q = 1 - 0.018 = 0.982$$

3) نعلم أن تردد الأفراد مختلفي الاقتران f(m<sup>+</sup>m) هو 2pq، ومنه:

$$f(m^+m) = 2 \times (0.982 \times 0.018) = 0.035$$

## ب - حالة تساوي السيادة. ( انظر الوثيقة 13 ، ① )

الوثيقة 13: النظام الدموي MN عند الإنسان

❶ عند الإنسان تخضع الفصيلة الدموية في النظام **MN** لتعبير حليلين متساويي السيادة **M** و **N**. أعطت دراسة أجريت على 730 شخص بريطاني النتائج الإحصائية التالية: [ MN ] 216 + [ M ] 22 + [ N ] 492 .

(1) أحسب تردد الأنماط الوراثية في هذه الساكنة.

(2) أحسب تردد الحليلين **M** و **N**.

إذا اعتبرنا أن هذه الساكنة في حالة توازن **Hardy – Weinberg**

(3) أحسب التردد المنتظر لكل من الأنماط الوراثية.

(4) أحسب عدد كل من الأنماط الوراثية المنتظر حسب قانون **Hardy – Weinberg**

(5) هل تعتبر هذه الساكنة في حالة توازن ( تأكيد من ذلك باستعمال اختبار التطابقية  $\chi^2$  ) .

❷ عند سلالة من الماعز، نجد ثلاثة مظاهر خارجية فيما يخص لون الفرو. فهناك اللون الأسود **[BB]**، واللون الأبيض **[NN]**، واللون الرمادي **[NB]**، الذي يدل على تساوي السيادة بين الحليل المسؤول عن اللون الأبيض (**B**)، والليل المسؤول عن الأسود (**N**). داخل ساكنة تتكون من 10000 فرد، تم احصاء 3000 فرد **[NN]**، و 1000 فرد **[NB]**، و 6000 فرد **[BB]** .  
بتطبيقك نفس المراحل المعتمدة في الجزء ❶ من هذا التمرين، بين هل هذه الساكنة هي في حالة توازن؟ .

(1) تردد مختلف الأنماط الوراثية في هذه الساكنة:

$$D = f(NN) = \frac{\text{عدد الأفراد } NN}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{492}{730} = 0.67 \Rightarrow f(MM) = 0.67$$

$$R = f(MM) = \frac{\text{عدد الأفراد } MM}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{22}{730} = 0.03 \Rightarrow f(NN) = 0.03$$

$$H = f(MN) = \frac{\text{عدد الأفراد } MN}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{216}{730} = 0.30 \Rightarrow f(MN) = 0.30$$

(2) تردد الحليلين **M** و **N** :

$$f(N) = D + \frac{H}{2} = 0.03 + \frac{0.30}{2} = 0.18 \Rightarrow f(N) = p = 0.18$$

$$f(M) = R + \frac{H}{2} = 0.67 + \frac{0.30}{2} = 0.82 \Rightarrow f(M) = q = 0.82$$

$$p + q = 0.18 + 0.82 = 1$$

(3) باعتبار أن هذه الساكنة في حالة توازن، نقوم بحساب تردد الأنماط الوراثية النظري (المتوقع، المنتظر) باستعمال معادلة **Hardy - Weinberg**  $( p^2 + 2pq + q^2 )$  .

★ تردد **NN** المنتظر يساوي  $p^2$  ويتمثل في  $( 0.18 )^2$  أي 0.032

★ تردد **MM** المنتظر يساوي  $q^2$  ويتمثل في  $( 0.82 )^2$  أي 0.673

★ تردد **MN** المنتظر يساوي  $2pq$  ويتمثل في  $( 2 \times 0.18 \times 0.82 )$  أي 0.295

(4) عدد الأنماط الوراثية النظري :

عدد الأفراد الحاملين لنمط وراثي يساوي تردد هذا النمط مضروب في عدد أفراد الساكنة:

★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي  $NN$  هو  $p^2 = 0.032 \times 730 = 24$

★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي  $MN$  هو  $2pq \times N = 0.295 \times 730 = 215$

★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي  $MM$  هو  $q^2 \times N = 0.673 \times 730 = 491$

(5) اختبار التوازن :

★ حساب قيمة  $\chi^2$ :

في حالة 3 أنماط وراثية  $NN$  و  $MN$  و  $MM$  يحسب  $\chi^2$  على الشكل التالي:

$$\chi^2 = (E_{NNO} - E_{NNt})^2/E_{NNt} + (E_{MMO} - E_{MMt})^2/E_{MMt} + (E_{MNO} - E_{Mnt})^2/E_{Mnt}$$

= الأعداد الملاحظة  $E_t$  والأعداد النظرية  $E_o$

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \frac{(22 - 24)^2}{24} + \frac{(492 - 491)^2}{491} + \frac{(216 - 215)^2}{215} \\ &= 0.023 + 0.166 + 0.0046 = 0.173 \end{aligned}$$

★ حساب قيمة درجة الحرية  $ddl$ :

$$\begin{aligned} ddl &= \text{عدد الحليلات} - \text{عدد الأنماط الوراثية} \\ &= 3 - 2 \\ &= 1 \end{aligned}$$

★ احتمال الخطأ  $\alpha$  يساوي 0.05 أي 5 %

★ قيمة  $\chi^2$  العتبة المقرءة في جدول الوثيقة 2 لوحدة 4 هي 3.84

$$\chi^2 \text{ العتبة المقرءة} < \left\{ \begin{array}{l} \text{قيمة } \chi^2 \text{ العتبة المقرءة} = 3.84 \\ \text{قيمة } \chi^2 \text{ العتبة المحسوبة} = 0.05 \end{array} \right.$$

نلاحظ أن القيمة المحسوبة لـ  $\chi^2$  أصغر بكثير من العتبة إذن ليس هناك فرق بين النتائج الملاحظة والنتائج النظرية، فنقول بذلك أن هذه الساكنة تخضع لتوازن Hardy-Weinberg.

خلاصة :

في أغلب الحالات يمكن نموذج Hardy-Weinberg من إعطاء فكرة مهمة عن البنية الوراثية للساكنات الطبيعية لأن فرضية التزاوجات بالصدفة غالباً ما تحترم وتأثيرات الطفرات والهجرة والانتقاء ليست بالدرجة التي يمكنها إحداث اختلاف بين ترددات الأنماط الوراثية ونموذج Hardy-Weinberg ومن تم يمكن استعمال هذا القانون لوضع توقعات في عدة مجالات ذكر من بينها المجال الطبي.

**المثال الثاني : اختبار توازن ساكنة ( انظر الوثيقة 13 ، ② )**

- $f(B) = p ((6000 + 1000)/2)/10000 = 0.65$
- $f(N) = q ((3000 + 1000)/2)/10000 = 0.35$

• لنسب تردد الأنماط الوراثية الثلاثة بتطبيق الصيغة الرياضية لقانون Hardy-Weinberg :

- $F(BB) = p^2 = (0.65)^2 = 0.4225$
- $F(NB) = 2pq = 2 \times 0.35 \times 0.65 = 0.455$
- $F(NN) = q^2 = (0.35)^2 = 0.1225$

• لنسب عدد الأفراد النظري بالنسبة للمظاهر الخارجية الثلاثة، وذلك بحساب جداء التردد بعدد أفراد الساكنة:

$$\begin{aligned} [NN] &= 0.4225 \times 10000 = 4225 & \checkmark \text{ عدد } [NN] \\ [NB] &= 0.4550 \times 10000 = 4550 & \checkmark \text{ عدد } [NB] \\ [BB] &= 0.1225 \times 10000 = 1225 & \checkmark \text{ عدد } [BB] \end{aligned}$$

• لنسب  $\chi^2$  بتطبيق المعادلة  $\chi^2 = \sum ((H_o - E_t)^2 / E_t)$

$$\begin{aligned} E_o &= \text{عدد الأفراد الملاحظ بالنسبة لمظاهر خارجي معين.} \\ E_t &= \text{عدد الأفراد النظري بالنسبة لمظاهر خارجي معين.} \end{aligned}$$

[BB]	[NB]	[NN]	المظاهر الخارجية
6000	1000	3000	عدد الأفراد الملاحظ
1225	4550	4225	عدد الأفراد النظري (المنتظر)

$$\chi^2 = ((3000 - 4225)^2 / 4225) + ((1000 - 4550)^2 / 4550) + ((6000 - 1225)^2 / 1225)$$

$$\chi^2 = 6087.42$$

تساوي درجة الحرية ddl عدد الأنماط الوراثية ناقص عدد الحليات أي (3-2=1).

من خلال جدول  $\chi^2$  النظري وبدلالة  $\alpha = 0.05$  ، يتبيّن أن  $\chi^2$  النظري ( 3.84 ) يقل بكثير عن  $\chi^2$  الذي تم حسابه ( 6087.42 ). ما يعني أن هناك فرقاً شاسعاً بين أعداد الأفراد بالنسبة للمظاهر الخارجية الملاحظة والمنتظرة. وبالتالي نستنتج أن الساكنة غير متوازنة، أي لا تخضع لقانون Hardy-Weinberg. وبعبارة أخرى تردد الحليات غير مستقر عبر الأجيال.

## تمرين تطبيقي:

داخل ساكنة من نباتات شب الليل، تم انجاز دراسة احصائية لهم لون التويجات في الأزهار. ويبيّن الجدول التالي نتائج الدراسة:

العدد الاجمالي للساكنة	العدد الاجمالي للساكنة	تويجات بيضاء	تويجات حمراء	تويجات وردية	المظهر الخارجي
102	102	55	44	3	عدد النباتات

تشير إلى أن صفة لون التويجات تخضع لمورثة محمولة على صبغى لاجنسى، وذات حليلين متساوياً في السيادة: الحليل المسؤول عن اللون الأبيض (B)، والحليل المسؤول عن اللون الأحمر (R). ويجسد اللون الوردي المظهر الخارجي الوسيط.

السؤال: استعمل اختبار  $\chi^2$  لتحديد هل الساكنة متوازنة أم لا.

### حل التمرين:

- حساب تردد المظاهر الخارجية:  $f(B) = p = (55 + (44/2)) / 102 = 0.755$

$$f(R) = q = (3 + (44/2)) / 102 = 0.245$$

- حساب تردد المظاهر الخارجية / الأنماط الوراثية المنتظرة، وذلك بتطبيق صيغة الرياضية لـ H-W

$$f(BB) = p^2 = (0.755)^2 = 0.57 = 58/102$$

$$f(RB) = 2pq = (2 \times 0.245 \times 0.755) = 0.37 = 38/102$$

$$f(RR) = q^2 = (0.245)^2 = 0.06 = 6/102$$

- وضع جدول المقارنة بين أعداد المظاهر الخارجية الملاحظة والمنتظرة (النظرية):

[RR]	[RB]	[BB]	المظهر الخارجي
3	44	55	عدد الأفراد الملاحظ
6	38	58	عدد الأفراد النظري

- حساب  $\chi^2$ :  $\chi^2 = ((55-58)^2/58) + ((44-38)^2/38) + ((3-6)^2/6) = 2.6$

- درجة الحرية  $df = 3 - 2 = 1$ ، وبالنسبة لـ  $\alpha = 0.05$ ، فقيمة  $\chi^2$  النظري هي 3.84.

- نلاحظ أن قيمة  $\chi^2$  النظري تفوق قيمة  $\chi^2$  التي تم حسابها. إذن فأعداد الأفراد الملاحظة تتطابق مع أعداد الأفراد المنظرة. ويدل هذا التطابق على أن الساكنة متوازنة.

## ② حالة مورثات مرتبطة بالصبغيات الجنسية:

### أ – مثال أول : عند ذبابة الخل. (أنظر الوثيقة 14)

#### الوثيقة 14 : انتقال مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي X

ترتبط صفة لون العيون عند ذبابة الخل بمورثة محمولة على الصبغي الجنسي X تتضمن حللين: الحليل W متنح مسؤول عن العيون البيضاء، والحليل S سائد مسؤول عن العيون الحمراء.

نضع داخل قفص الساكنة (قصص يمكن من تتبع تطور تردد الأنماط الوراثية وتعدد الحلبلات) عدداً متساوياً من ذكور وإناث ذبابات الخل. نعتبر أن هذه الساكنة تتواجد وفق النظام البنمكتي Panmixie (توازج بالصدفة)، وأنها في حالة توازن لا تعرف الطفرات ولا الانتقاء الطبيعي، وأنها كبيرة جداً لتطبيق قوانين الاحتمالات، وأن ترددات الحللين S و W هي على التوالي  $p$  و  $q$  في الجيل الأول  $G_0$ .

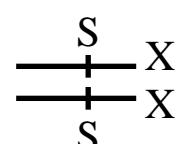
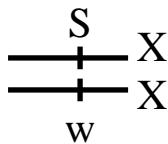
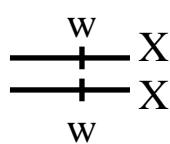
(1) أعط الأنماط الوراثية الممكنة عند أفراد هذه الساكنة.

(2) أحسب تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني  $G_1$ . ثم قارن نتائج تطبيق قانون Hardy – Weinberg عند كل من الذكور وإناث.

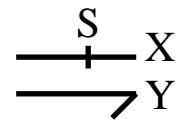
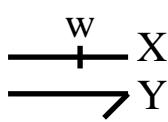
(3) ماذا تستنتج من تطبيق قانون W-H في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.

(4) يساعد تطبيق قانون Hardy – Weinberg على توقع انتشار بعض الأمراض عند الإنسان. ووضح ذلك.

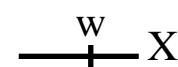
1) الأنماط الوراثية الممكنة داخل هذه الساكنة :



★ عند الإناث :



★ عند الذكور :



★ عند الأمشاج الأنثوية :



★ عند الأمشاج الذكورية :

2) تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني :  $G_1$

★ تردد الحليلات عند الذكور وعند الإناث متساو (الساكنة في حالة توازن)

$$f(W) = q, \quad f(S) = p, \quad p + q = 1$$

★ شبكة التزاوج في هذه الساكنة :

$\text{♀}$	$\text{♂}$	$S-X$ $p$	$W-X$ $q$	$Y$
$S-X$ $p$	$S-X$ $S-X$ $S-X$ $p^2$	$S-X$ $S-X$ $W-X$ $pq$	$S-X$ $S-X$ $Y$ $p$	
$W-X$ $q$	$S-X$ $S-X$ $W-X$ $pq$	$W-X$ $W-X$ $W-X$ $q^2$	$W-X$ $W-X$ $Y$ $q$	

★ تردد الأنماط الوراثية عند الجيل الثاني  $G_1$  :

$$\begin{aligned} f(X_w X_w) &= q^2, & f(X_s X_w) &= 2pq, & f(X_s X_s) &= p^2 \\ f(X_w Y) &= q, & f(X_s Y) &= p \end{aligned}$$

عند الإناث :      عند الذكور :

3) عند الإناث تردد الأنماط الوراثية خاضع لقانون Hardy – Weinberg ، أما عند الذكور فأن تردد الأنماط الوراثية يساوي تردد الحليلات.

4) إذا كانت المورثة مرتبطة بالجنس، فتردد الأنماط الوراثية عند الإناث يبقى خاضعا لقانون  $H-W$ ، حيث  $f(X_A X_A) = p^2$  ،  $f(X_A X_a) = 2pq$  ،  $f(X_a X_a) = q^2$ . (A حليل سائد و a حليل متاح). أما عند الذكور فتردد الأنماط الوراثية يساوي تردد الحليلات.

5) عند الذكور يمكن تقدير تردد المرض بشكل مباشر لأن تردد المظاهر الخارجية يعبر عن تردد الحليلات. أما عند الإناث فنستعمل شبكة التزاوج. (أنظر الجدول التالي)

الحصيلة	أنثى		ذكر		حالات حليل متاح
	غير مصابة	مصابة	غير مصاب	مصاب	
$q > q^2$ الإناث أقل إصابة من الذكور	$p^2 + 2pq$	$q^2$	$p$	$q$	حالات حليل متاح
$p^2 + 2pq > p$ الإناث أكثر إصابة من الذكور	$q^2$	$p^2 + 2pq$	$q$	$p$	حالات حليل سائد

### ب - تمرين تطبيقي. (أنظر الوثيقة 15 )

#### الوثيقة 15 : تمرين تطبيقي

الدلتونية عيب في إبصار الألوان، ويتعلق الأمر بشذوذ مرتبط بمورثة محمولة على الصبغى الجنسي X. ينتج هذا العيب عن حليل d متاح. بيّنت دراسة تردد الدلتونية عند ساكنة مكونة من أطفال، أن تردد الحليل المسؤول عن المرض هو  $q = 0.1$ .

(1) أحسب نسبة ظهور المرض عند كل من الإناث والذكور في هذه الساكنة. ماذا تستنتج؟

داء Alport (الكلية) مرض وراثي سائد مرتبط بالصبغي الجنسي X. تردد الحليل المسؤول عن المرض عند ساكنة هو  $p = 0.087$ .

(2) أحسب نسبة ظهور المرض عند كل من الإناث والذكور في هذه الساكنة. ماذا تستنتج؟

1) نحسب نسبة ظهور المرض:

★ تكون الأنثى مصابة إذا كانت ثنائية التتحي:  $f(X_d X_d) = q^2 = (0.1)^2 = 0.01$

★ بالنسبة للذكور سيكون تردد المرض مساوً لتردد الحليل:  $f(X_d Y) = q = 0.1$

وهكذا فنسبة ظهور المرض عند الإناث هي 1%， ونسبة ظهور المرض عند الذكور هي 10%， نستنتج من هذا أنه في حالة مرض مرتبط بحليل متاحي تكون نسبة احتمال ظهور المرض عند الذكور مرتفعة جداً بالمقارنة مع نسبتها عند الإناث.

2) نحسب نسبة ظهور المرض :

★ تردد المرض عند الإناث : بما أن الحليل المسؤول عن المرض سائد، ومحمول على الصبغى X فان الأنثى ستكون مصابة في حالة تشابه الاقتران ( $X_A X_A$ ) وفي حالة اختلاف الاقتران ( $X_A X_n$ ) :

$$\text{إدن } f(X_A X_n) = 2pq \quad \text{و} \quad f(X_A X_A) = p^2$$

ومنه فان تردد المرض عند الإناث يساوي

$$q = 1 - p = 1 - 0.087 = 0.913 \Leftrightarrow p + q = 1$$

$$\text{تردد المرض عند الإناث يساوي: } (0.087)^2 + 2(0.087 \times 0.913) = 0.166 \quad \text{أي بنسبة } 16.6\%$$

★ تردد المرض عند الذكور : سيكون الذكر مصابا في حالة حمله الصبغي  $X_A$ .

$$f(X_A Y) = p = 1 / 104 = \textcolor{red}{0.087} \quad \text{ادن} \\ \text{أي بنسبة } \textcolor{blue}{8.70 \%}$$

وهكذا فنسبة ظهور المرض عند الإناث هي  $\textcolor{red}{16.6 \%}$ ، ونسبة ظهور المرض عند الذكور هي  $\textcolor{red}{8.7 \%}$ ، نستنتج من هذا أنه في حالة مرض مرتبط بحليل سائد تكون نسبة احتمال ظهور المرض عند الإناث مرتفعة بالمقارنة مع نسبتها عند الذكور.

### ج - تمرين منزلي : لون الفرو عند القطة. ( انظر الوثيقة 16 )

الوثيقة 16 : انتقال صفة لون الفرو عند القطط				
تحكم في لون الفرو عند القطط مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي $X$ . لهذه المورثة حلبلين:				
• حلبل $Cn$ يمكن من تركيب الميلانين، مما يعطي لوناً أسوداً للفرو.				• حلبل $Cj$ يكبح تركيب الميلانين، مما يعطي لوناً أصفر للفرو.
عند عينة من القطط حصلنا على النتائج المبينة على الجدول أدامه:				(1) أعط النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي.
(2) فسر غياب المظهر الخارجي المبقع بالأصفر والأسود عند الذكور.				(2) أحسب تردد الحلبل $Cn$ وتردد الحلبل $Cj$ عند هذه العينة.
(3) هل تردد الحلبل $Cn$ متlapping عند الجنسين؟ على إجابتك.				(4) أحسب تردد القطط بفرو أسود في الجيل الموالي في حالة ما إذا تمت التزاوجات بشكل عشوائي على مستوى العينة المدروسة.
(5) أحسب تردد القطط بفرو أسود في الجيل الموالي في حالة ما إذا تمت التزاوجات بشكل عشوائي على مستوى العينة المدروسة.				

(1) النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي هو :

فرو أصفر	فرو أصفر	فرو مبقع	فرو أسود	فرو أسود	المظهر الخارجي
$\text{♀}$	$\text{♂}$	$\text{♀}$	$\text{♀}$	$\text{♂}$	النمط الوراثي
$\frac{Cj}{\text{---}} X$	$\frac{Cj}{\text{---}} X$	$\frac{Cn}{\text{---}} X$	$\frac{Cn}{\text{---}} X$	$\frac{Cn}{\text{---}} X$	
$\frac{Cj}{\text{---}} X$	$\frac{\text{---}}{\text{---}} Y$	$\frac{Cj}{\text{---}} X$	$\frac{Cn}{\text{---}} X$	$\frac{\text{---}}{\text{---}} Y$	

(2) يرجع غياب المظهر الخارجي المبقع إلى كون هذا المظهر يتطلب وجود حلبلان  $Cn$  و  $Cj$ ، بينما الذكور لا يتوفرون إلا على صبغي  $X$  واحد، وبالتالي لا يمكن أن نجد الحلبلان معاً عند الذكور.

(3) اعتماداً على الإجابة عن السؤال 1 يمكن القيام بالحساب التالي:

$$q = ((300 \times 2) + 50 + 300) / (360 \times 2) + 350 = \textcolor{blue}{0.887} \quad \text{تردد الحلبل } (Cn) \text{ يساوي } q$$

$$p = 1 - q = 1 - 0.887 = \textcolor{blue}{0.113} \quad \text{ومنه تردد الحلبل } (Cj) \text{ يساوي } p$$

(4) لا لأن الحلبل  $Cn$  موجود في نسختين عند الأنثى  $[Cn]$ ، وفي نسخة واحدة عند الأنثى  $[Cn, Cj]$ ، أما الذكور  $[Cn]$  فيتوفرون على نسخة واحدة من الحلبل  $Cn$ .

ومنه فإن تردد الحلبل  $Cn$  عند الإناث هو :  $((300 \times 2) + 50) / (360 \times 2) = \textcolor{blue}{0.90}$  وتردد الحلبل  $Cn$  عند الذكور هو :  $300 / 350 = \textcolor{blue}{0.86}$

5) يرجع الحصول على قطات بفرو أسود في الجيل الموالي إلى حدوث إخصاب بين مشيج أنثوي حامل للحليل  $Cn$  وآخر ذكر حامل نفس الحليل.

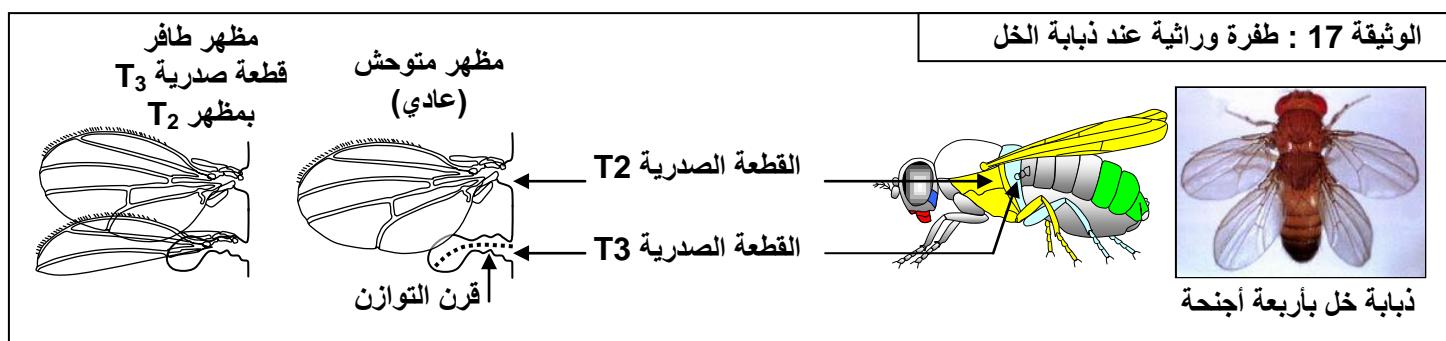
نعلم أن تردد الحليل  $Cn$  عند الإناث هو 0.9، بينما تردد نفس الحليل عند الذكور هو 0.86، ومنه فان النسبة المطلوبة هي  $0.90 \times 0.86 \times 100 = 77.4\%$

## V - عوامل تغير الساكنة :

### ① الطفرات وتأثيراتها في المظهر الخارجي:

#### أ - أمثلة لبعض الطفرات.

★ يرتبط تشكيل القطع الصدرية عند ذبابة الخل بتدخل آلاف المورثات (أنظر الوثيقة 17). في بعض الحالات تتخذ القطعة الصدرية  $T3$  مظهر القطعة الصدرية  $T2$ ، فتعطي ذبابة خل بأربعة أجنحة.



★ يصاب الجلد عند الإنسان بأورام بفعل تأثيرات الأشعة البنفسجية للشمس على مورثات خلايا البشرة، ولا تنقل هذه الطفرات إلى الخلف: إنها طفرات جسدية.

★ يرجع غياب اللون للفرو عند النمر الأبيض إلى طفرة وراثية تسمى Leucisme.

يتبيّن من هذه الأمثلة أن الطفرات هي مصدر للتغيير الوراثي، فهي تمكن من ظهور حليلات جديدة تسمى بالhilophores، تكون مسؤولة عن ظهور مظاهر خارجية جديدة داخل الساكنة.

#### ب - تعريف الطفرة :

الطفرة هي تغيير وراثي تلقائي يصيب المادة الوراثية على مستوى المتالية النيكليلوتيدية لجزئية ADN، فتؤدي إلى تغيير البرنامج الوراثي وبالتالي تغيير البروتينات ثم تعدد الأشكال الخارجية لأفراد الساكنة. يمكن أن تصيب الطفرات مختلف خلايا الجسم، لكنها حينما تصيب الخلايا الجنسية، تنتقل الطفرة إلى الخلف، فنتكلّم عن طفرة وراثية (Mutation génétique).

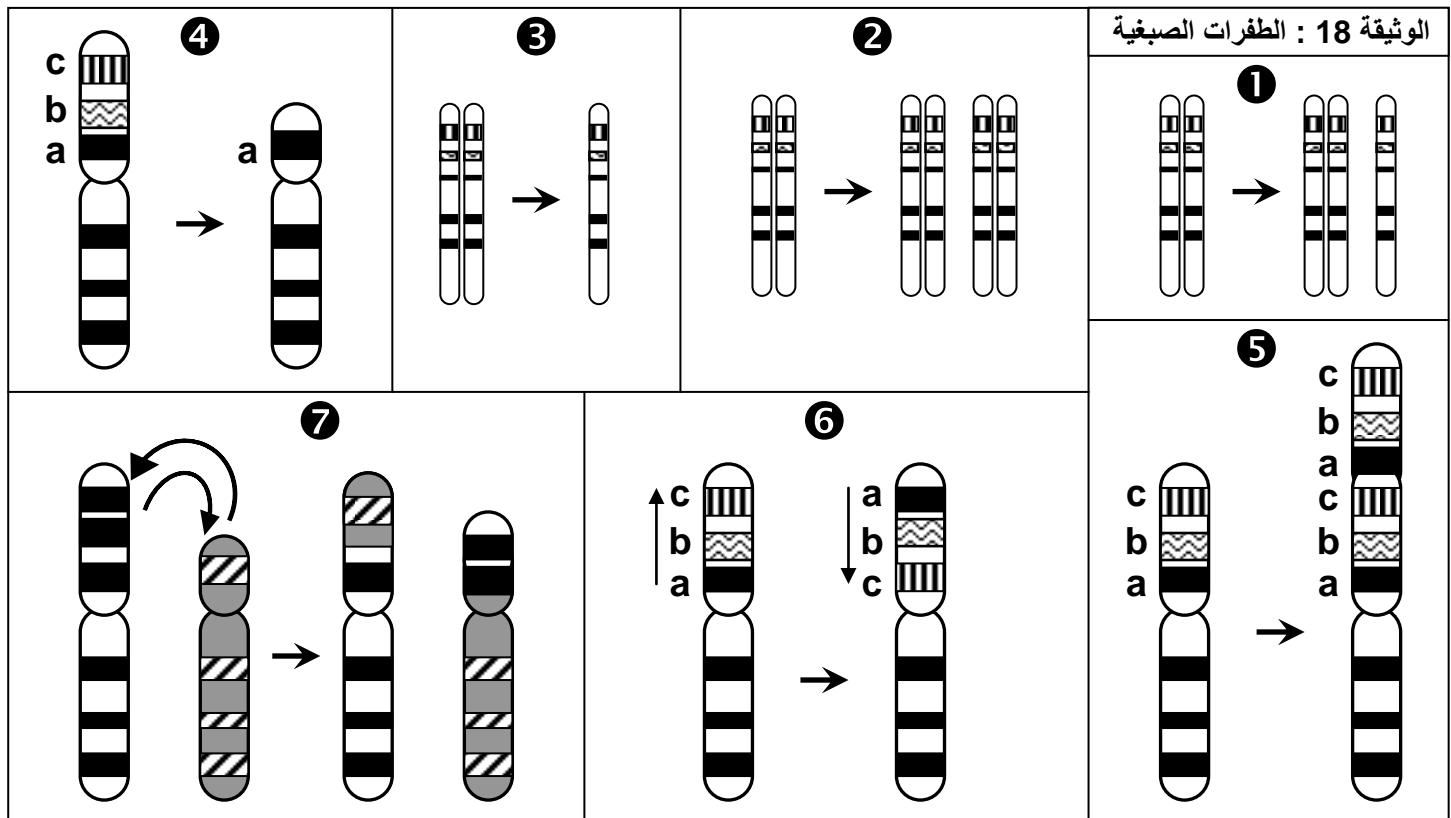
#### ج - أنواع الطفرات .

نجد نوعين من الطفرات الوراثية:

#### a - الطفرات الصبغية :

هي تغييرات وراثية في بنية أو عدد الصبغيات، ويمكن أن تصيب قطعة من مورثة أو مورثة بكمالها أو عدة مورثات. تعرف على مختلف أنواع الطفرات الصبغية الممثلة على الوثيقة 18.

**الوثيقة 18 : الطفرات الصبغية**



**★ تغير عدد الصبغيات :**

① إضافة صبغي Aneuploïdie.

② مضاعفة عدد الصبغيات Polyploïdie.

③ ضياع صبغي Monoploïdie.

**★ تغير بنية الصبغي :**

④ ضياع قطعة من الصبغي، عموماً يكون لها تأثير مميت ( ضياع مورثات ).

⑤ مضاعفة قطعة من الصبغي، الشيء الذي يزيد عدد نسخ مورثة معينة.

⑥ انقلاب قطعة من الصبغي، يؤدي إلى تغير في ترتيب المورثات.

⑦ تبادل قطع من الصبغي بين صبغيين غير متماثلين.

**b – الطفرات الموضعية : ( Ponctuelle ) ( انظر الوثيقة 19 )**

**الوثيقة 19 : الطفرات الموضعية**

ينتج الخضاب الدموي العادي (  $\beta$  - globuline ) عند الإنسان بواسطة белок HbA. غير أنه توجد مجموعة من الـ

الـ الطافرة المسببة للأمراض مرتبطة بفقر الدم عند الإنسان.

تمثل المتاليات النوكليوتيدية أسفله حيلات مختلفة ( السلسلة غير المنسوخة ) لمورثة globuline  $\beta$  - ، ومتالية الأحماض الأمينية التي ترمز إليها.

(1) قارن بين أنواع الطفرات التي تصيب مورثة globuline  $\beta$  وفسر تأثيرها في بنية البروتين.

(2) تعرف مختلف أصناف الطفرات الموضعية من خلال ملأ الجدول أسفله بما يناسب.

(3) أبرز أهمية الطفرات الموضعية في تعدد الـ حيلات وتعدد المظاهر الخارجية.

CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	HbA
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	بروتين العادي

CAT	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	HbA <sub>1</sub>
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	بروتين A

CAC	CTG	ACT	CCT	G	T	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	HbS
His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	بروتين HbS	

CAC	CTG	ACT	CCT	A	A	G	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	HbC
His	Leu	Thr	Pro	Lys	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	بروتين HbC		

CAT	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TAG	GGC	AAG	GTG	Tha <sub>2</sub>
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu					بروتين Tha <sub>2</sub>

- A

CAC	CTG	ACT	CCT	GGG	AAG	AGT	CTG	CCG	TTA	CTG	CCC	TGT	GGG	GCA	AGG	TGA	Tha <sub>3</sub>
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Arg	Ser	Leu	Pro	Leu	Leu	Pro	Cys	Gly	Ala	Arg		بروتين Tha <sub>3</sub>

+ C

CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	CTC	TGC	CGT	TAC	TGC	CCT	GTG	GGG	CAA	GGT	Tha <sub>4</sub>
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Lru	Cys	Arg	Tyr	Cys	Pro	Val	Gly	Gln	Gly	بروتين Tha <sub>4</sub>

1) تتجلى الطفرات التي تصيب مورثة  $\beta$ -globuline في استبدال أو إضافة أو حذف قاعدة ازوتية، الشيء الذي يؤدي إلى تغير قراءة المتالية الوراثية. ويؤدي إلى توقف تركيب البروتين، أو تركيب بروتين مخالف. فينتج عن ذلك أمراضًا مختلفة.

(2) ملأ الجدول :

صنف الطفرة	النتائج على مستوى البروتين	نوع التغيير على مستوى الحليل	الحيل
Silencieuse طفرة صامتة	لا شيء	استبدال قاعدة بأخرى ( استبدال C ب T )	HbA <sub>1</sub>
Faux sens المعنى الخطأ	استبدال حمض أميني بأخر	استبدال القاعدة الأزوتية 14 : T ب A	HbS
Faux sens المعنى الخطأ	استبدال حمض أميني بأخر	استبدال القاعدة الأزوتية 13 : G ب A	HbC
Non sens بدون معنى	توقف القراءة في موقع الاستبدال	استبدال القاعدة الأزوتية 41 : G ب A	Tha <sub>2</sub>
Frame – shift ضياع	تغير طور القراءة : استبدال كافة الأحماض الأمينية بعد موقع الاستبدال	ضياع القاعدة الأزوتية 14 ( A )	Tha <sub>3</sub>
Frame – shift إضافة	تغير طور القراءة	إضافة القاعدة الأزوتية 22 ( C )	Tha <sub>4</sub>

3) الطفرة هي ظاهرة تمكن من ظهور حلقات جديدة، وبذلك تعد مصدر التغير الوراثي داخل الساكنة الطبيعية لكونها مسؤولة عن ظهور أنماط وراثية جديدة.

## د - العلاقة بين نسبة الطفرات وتردد الحليلات داخل الساكنة. انظر الوثيقة 20.

الوثيقة 20 : تأثير الطفرات في المحتوى الجيني للساكنة.	
يعطي الجدول أسفله نسبة الطفرات المقاسة بالنسبة لمورثة معينة عند أربعة متضاعفات مختلفة.	ماذا تلاحظ ؟
يعطي الرسم أمامه نموذج تفسيري لتأثير الطفرات على المحتوى الجيني للساكنة. أتمم هذا الشكل ثم استنتاج.	نسبة الطفرة في الجيل
$f(A) = p = \dots$	حمة العائنة
$f(a) = q = \dots$	بكتيريا Escherichia Coli
$f(A) = p = \dots$	الذرة
$f(a) = q = \dots$	نبابة الخل

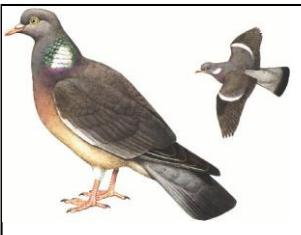
★ نلاحظ أن نسبة الطفرات ضعيفة جداً، لأن تغير تردد الحليلات داخل الساكنة بواسطة الطفرات المتكررة يكون ضعيفاً جداً خلال الفترة التي تتضمن أجيالاً محدودة، غير أنها تصبح مهمة مع تعدد الأجيال.

★ تكون الطفرات تبادلية، وعليه تحدد نسبة الطفرة من خلال نسبة الطفرة من  $A$  نحو  $a$  ناقص نسبة الطفرة العكسية من  $a$  نحو  $A$ . (نسبة الطفرة هي نسبة الطفرة من  $A$  نحو  $a$  ناقص الطفرة من  $a$  نحو  $A$ ).

★ نستنتج أن الطفرة هي ظاهرة تمكن من ظهور حليلات جديدة، وتعد بذلك مصدراً للتغيير الوراثي داخل الساكنة.

## ② الانتقاء الطبيعي . La sélection naturelle

### أ - مفهوم الانتقاء الطبيعي. انظر الوثيقة 21

الوثيقة 21 : بعض مظاهر الانتقاء الطبيعي	استخرج من خلال شكلي هذه الوثيقة أبرز العوامل المتدخلة في الانتقاء
  <p>ب - اختيار الشريك الجنسي يتم بناء على مجموعة من الخصائص التي ترتبط بالنمط الوراثي للفرد .          ( استعراض زاهي مميز للريش عند ذكر الطاووس )</p>	 <p>أ - ليس لمختلف الكائنات المؤهلات نفسها على البقاء قيد الحياة</p>

تعد خصائص الساكنة المثالية المقترحة من طرف Hardy – weinberg بعيدة عن واقع الساكنة الطبيعية، فليس لجميع أفراد هذه الساكنة القدرة نفسها على إعطاء خلف قادر على العيش.

★ مثال 1 : داخل حميلاً بيئية تقوم الحيوانات المفترسة بافتراس حيوانات وبالتالي ليس لمختلف الكائنات المؤهلات نفسها للبقاء على قيد الحياة. ( القدرة التفاضلية على العيش )

★ مثال 2 : اختيار الشريك الجنسي يرتبط بخصائص مرتبطة بالنمط الوراثي للفرد.  
 ( الاختيار التفاضلي للأزواج )

★ استنتاج : يتبع من المعطيات السابقة أن أقدر الأفراد على العيش وعلى التوالي بشكل أفضل هو الذي يساهم في انتقال المحتوى الجيني بشكل تفاضلي للأجيال الموالية، الشيء الذي سيترتب عنه تغيير في البنية الوراثية للساكنة. يسمى تغير تردد الحيليات عبر الأجيال بالانقاء الطبيعي.

## ب - دراسة مثال للانقاء الطبيعي. انظر الوثيقة 22

الوثيقة 22 : تغير تردد أرفية السندر حسب اللون

أرفية السندر **Biston betularia** فراشة ليلية تستريح في النهار على أغصان السندر. في إنجلترا وإلى منتصف القرن التاسع عشر، كانت الغالبية الكبرى لهذه الفراشات ذات لون فاتح. لكن بعد ذلك أصبحت الفراشات ذات اللون الداكن أكثر ترددًا قرب المناطق الصناعية، بينما ظلت الفراشات ذات اللون الفاتح أكثر انتشارًا في الأرياف.

في سنة 1955 قام الباحث **Kettlewell** بابحاث مجموعة من فراشات الأرفية السوداء والبيضاء وأطلقها في منطقتين مختلفتين: منطقة **Birmingham** برمنغهام التي تحتوي على أشجار ذات أغصان داكنة بفعل التلوث (**Mélanisme industriel**)، ومنطقة دورسي **Dorset** التي تحتوي على أشجار غير ملوثة. بعد ذلك عمل على اصطيادها من جديد مع حساب نسب تردداتها. يلخص الجدول أسفله نتائج هذه الدراسة:

(1) ماذما تلاحظ فيما يخص توزيع شكل هذه الفراشة؟

(2) أوجد تفسيراً لتردد الفراشتين في كل من المنطقتين المدروستين إذا علمت أن هذه الفراشات تستهلك من طرف بعض الطيور.

في برمنغهام		في دورسي		
فاتحة	داكنة	فاتحة	داكنة	
64	154	496	474	عدد الفراشات الموسومة والمحررة
16	82	62	30	عدد الفراشات الموسومة المصطادة
% 25	% 53.2	% 12.5	% 6.3	نسبة الفراشات الموسومة المصطادة

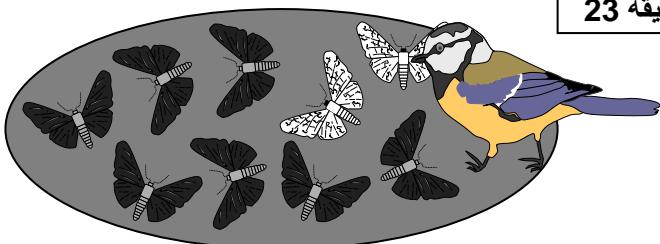
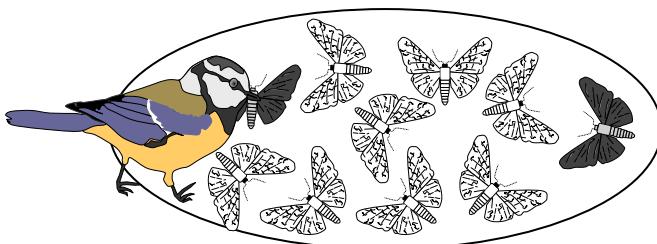


(1) نلاحظ في منطقة دورسي غير الملوثة يكون تردد الفراشات الفاتحة أكبر من تردد الفراشات الداكنة. بينما في منطقة برمنغهام الصناعية يكون تردد الفراشات الداكنة أكبر من تردد الفراشات الفاتحة.

(2) يفسر اختلاف تردد المظاهر الخارجية بين المنطقتين بتأثير الطيور المفترسة:

انظر الوثيقة 23

الوثيقة 23



★ في المنطقة الصناعية أصبحت جذوع الأشجار داكنة، مما يجعل من السهل رؤية الفراشات الفاتحة اللون من طرف الطيور المفترسة، فتتعرض للافتراس بنسبة كبيرة.

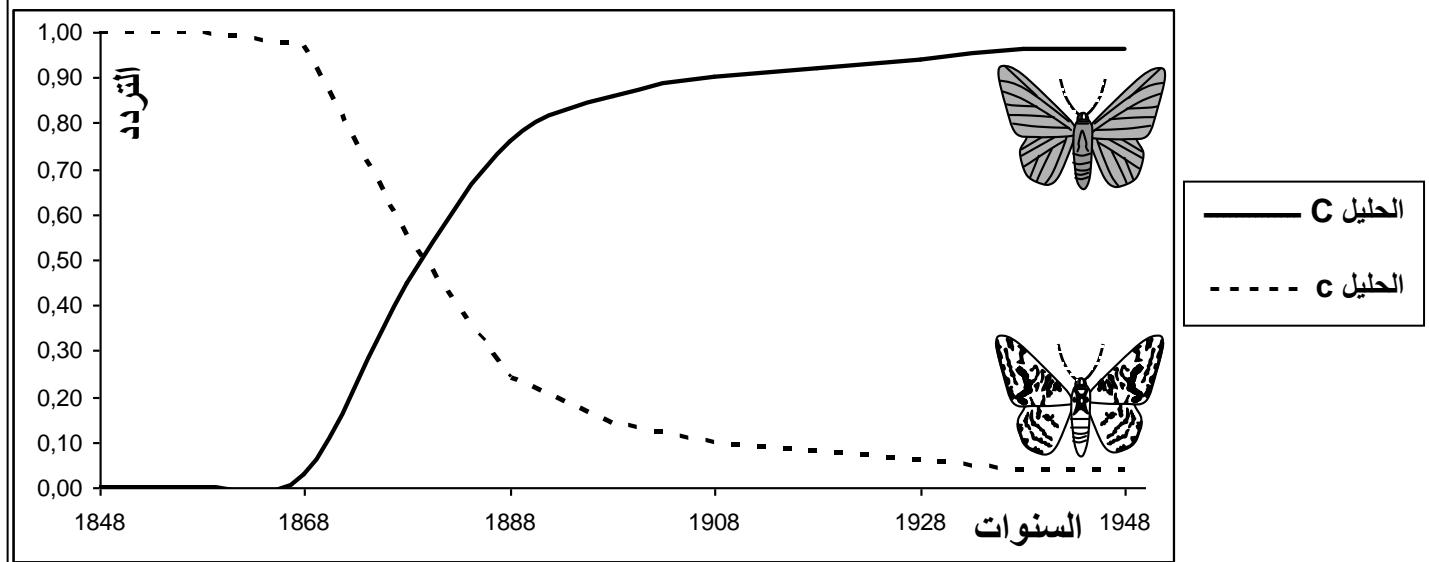
★ في المنطقة غير الصناعية بقيت جذوع الأشجار فاتحة، فيكون من السهل على الطيور المفترسة رؤية الفراشات الداكنة، وهذا ما يعرض هذه الفئران للافتراس بنسبة أكبر.

يعود إذن توزيع الفراشات في هذه المناطق إلى اختلاف مؤهلات البقاء عند هذه الفراشات، وهو عامل من عوامل الانقاء الطبيعي. حيث أن أفراداً بمظهر وراثي معين يكون لديهم احتمال أكبر على البقاء وبالتالي نقل مورثاتهم بشكل تفاضلي للأجيال المولالية.

### ج - تأثير الانقاء الطبيعي على تردد الحيليات. انظر الوثيقة 24

الوثيقة 24 : تأثير الانقاء على تردد الحيليات عند أرفية السندر

يتحكم في لون فراشة الأرفية حليلين : المظهر الخارجي الداكن مرمز بـ بواسطة الحليل السائد C . والمظهر الخارجي الفاتح مرمز بواسطة الحليل المتنحي c . يعطي المبيان أسفله تردد حليلي أرفية السندر في المنطقة الصناعية لمانشستر Manchester خلال 100 سنة . حل المبيان واستنتج تأثير الانقاء الطبيعي على تردد الحيليات في هذه الساكنة .



في ساكنة المنطقة الصناعية انخفض تدريجياً تردد الحليل المتنحي c الذي يرمز للمظهر الفاتح، إلى أن انعدم في سنة 1948 . بالمقابل يعوض هذا النقصان في تردد الحليل المتنحي بازدياد تردد الحليل السائد C الذي يوجه المظهر الخارجي الداكن، إلى أن بلغ القيمة 1 ( p = 1 ) .

نستنتج من هذه الملاحظات أن ظاهرة الانقاء الطبيعي تؤثر على تردد الحيليات مع توالي الأجيال، وبذلك تنتشر وتشيع بعض الحيليات فتعطي للأفراد الحاملة لها انقاء تفاضلية، في حين تتقلص أخرى وتتعرض. وينتج عن كل هذا تغيير في البنية الوراثية للساكنة.

### د - القيمة الانقائية. انظر الوثيقة 25

الوثيقة 25 : القيمة الانقائية  
القيمة الانقائية (Valeur sélective) تعبر عن قدرة فرد معين على نقل حيلاته إلى الجيل المولالي. ونميز بين:

- القيمة الانقائية المطلقة لنمط وراثي معين : هي عدد الأفراد الذين ينجذبهم في المعدل كل فرد حامل لهذا النمط الوراثي، والقادرين على العيش وعلى نقل حيلاتهم إلى الجيل المولالي. ويمكن التعبير عنها بالصيغة أمامه :

$$\text{القيمة الانقائية المطلقة} = \frac{\text{نسبة النمط الوراثي عند الجيل } G_1}{\text{نسبة النمط الوراثي عند الجيل } G_0}$$

- القيمة الانقائية النسبية: تعطي القيمة 1 للنمط الوراثي ذو أعلى قيمة انقائية مطلقة. أما بالنسبة للأنماط الوراثية الأخرى، فتساوي القيمة الانقائية المطلقة للنمط الوراثي المعنى مقسومة على القيمة الانقائية المطلقة للنمط الوراثي الأكثر ارتفاعاً.

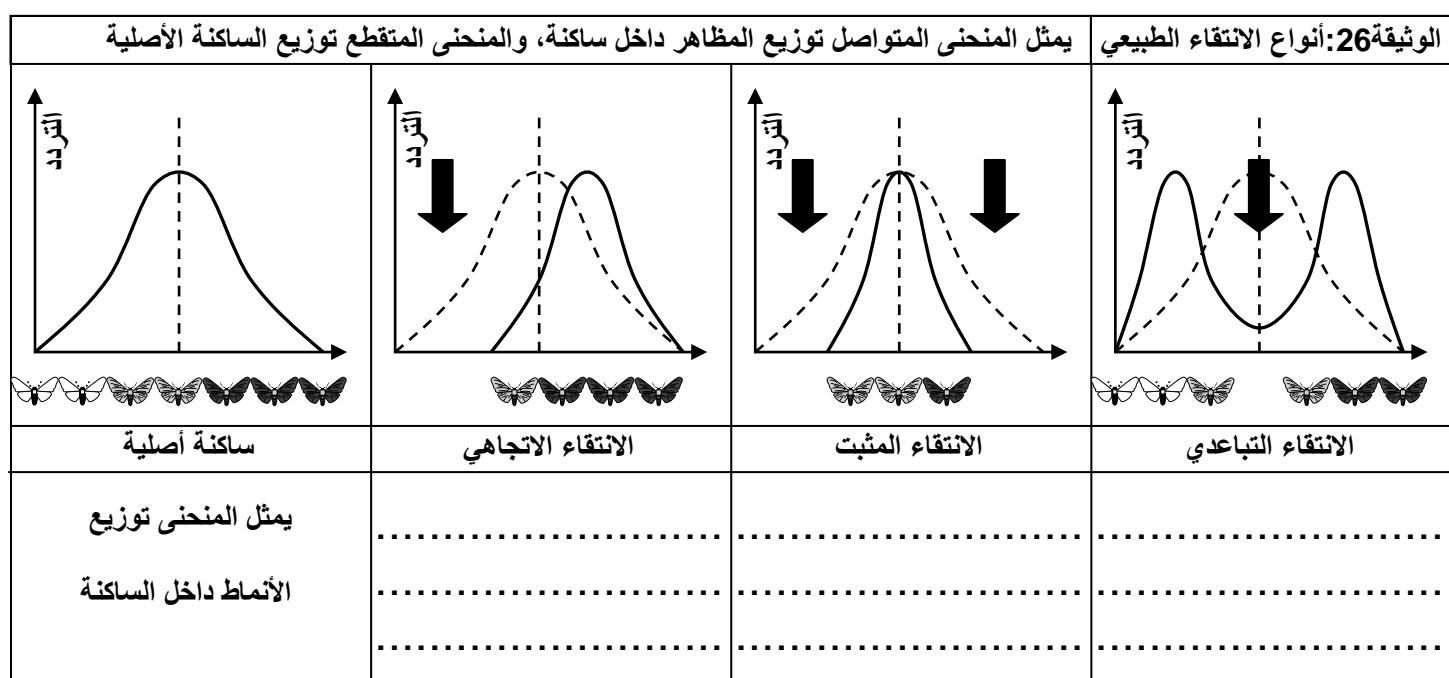
في منطقة صناعية تم إحصاء عدد كل من الفراشات الفاتحة والداكنة في فترتين متبعتين فأجاءت النتائج على الشكل التالي :

القيمة الانتقائية النسبية	القيمة الانتقائية المطلقة	نسبة الفراشات القادر على العيش والتولاد	عدد الفراشات المحصنة في نهاية الدراسة	عدد الفراشات المحصنة في بداية الدراسة	
			16	64	الفراشات الفاتحة
			82	154	الفراشات الداكنة

باعتمادك على التعريف المدرجة في الوثيقة أعلاه، أحسب القيم الانتقائية لكل من الفراشة الفاتحة والداكنة في هذه المنطقة الصناعية، وأملأ الجدول، ثم علق على النتائج المحصل عليها.

بناء على القيمة الانتقائية التي تعبّر عن قدرة فرد معين على نقل حلياته إلى الجيل الموالي، يبدو أن الفراشات الداكنة لها قدرة كبيرة على نقل حلياتها إلى الخلف في المنطقة الصناعية.

### هـ – أنواع الانتقاء الطبيعي. انظر الوثيقة 26



تنوّع المظاهر الخارجية داخل الساكنة حسب نوع الانتقاء الطبيعي اتجاهي، أو مثبت أو تبادعي.

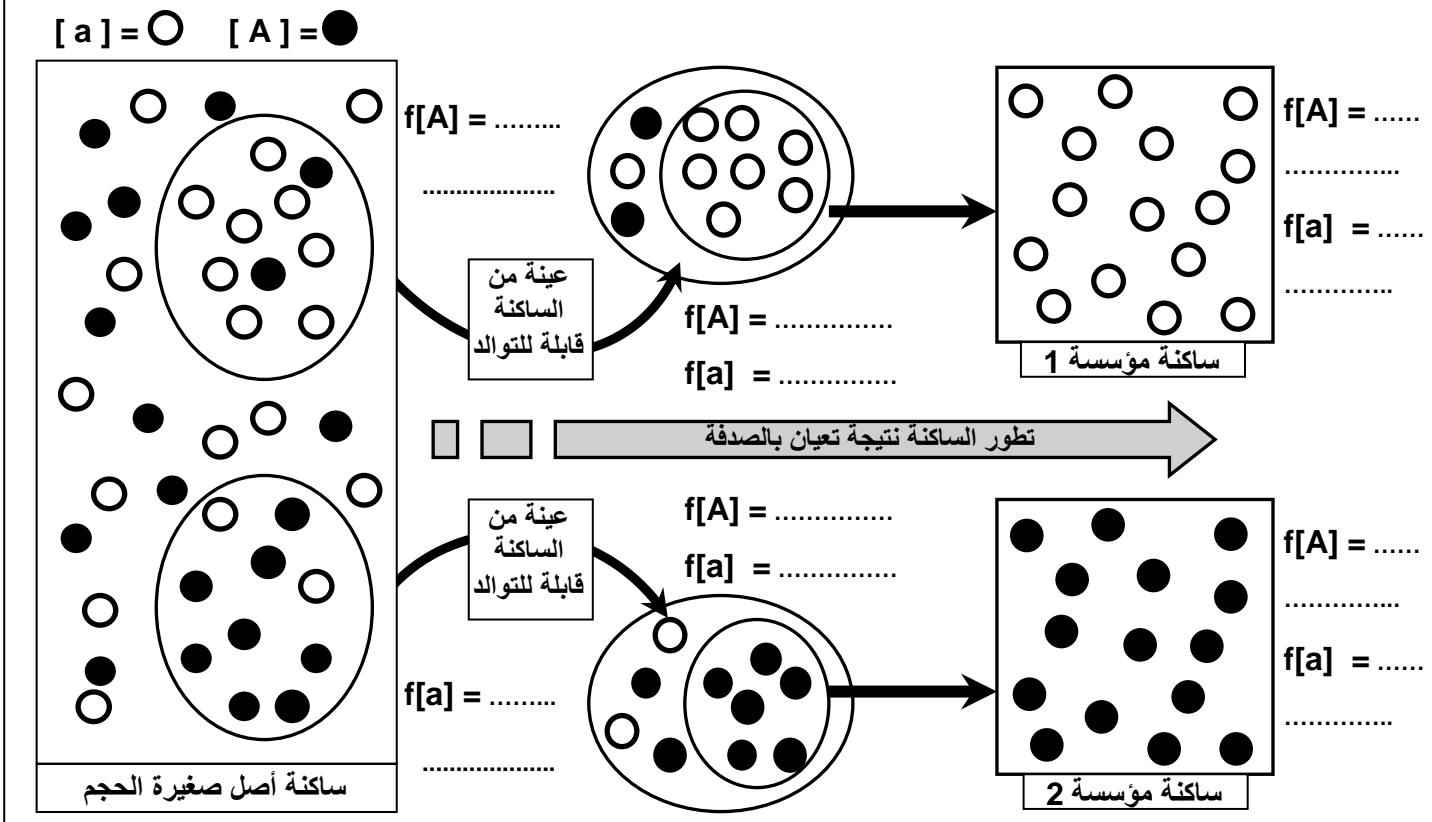
### ③ الانحراف الجيني : Dérive génétique أ – مفهوم الانحراف الجيني. انظر الوثيقة 27

الوثيقة 27: مفهوم الانحراف الجيني  
قام Steinberg بدراسة ترتبط بتردد الفصائل الدموية عند ساكنة Les Hutterites بتعلق الأمر بمجتمع عقائدي « Secte » ، هاجر من سويسرا إلى روسيا ومن تم خلال سنة 1880 إلى أمريكا الشمالية حيث كون سلسلة من المستعمرات في Montana و Docota وفي أجزاء قريبة من كندا. يمثل الشكل أ من الوثيقة النتائج التي توصل إليها Steinberg .

الشكل أ		
A	O	الفصيلة الدموية
45 %	29 %	عند أفراد التجمع العقائدي
% - 30 % 40	تفوق % 40	عند أغلب الساكنات الأوروبية والأمريكية

(1) قارن بين معطيات الجدول. ماذا تستنتج ؟  
فسر Steinberg البنية الوراثية لساكنة Les Hutterites بتعريضها لظاهرة تسمى الانحراف الجيني. لتعرف هذه الظاهرة نقترح عليك الرسم التخطيطي أسفله، والذي يمثل نموذجاً تفسيرياً لهذه الظاهرة.

- (2) أحسب تردد مختلف المظاهر الخارجية في هذه الساكنات.  
 (3) علق على معطيات هذه الوثيقة موضحاً فيما تجلى ظاهرة الانحراف الجيني.  
 (4) على ضوء هذه المعطيات فسر أصل البنية الوراثية المسجلة عند ساكنة **Les Hutterites**.



(1) هناك اختلاف واضح في نسبة الفصيلتين الدمويتين A و O بين أغلب الساكنات الأوروبية والأمريكية وبين أفراد التجمع العقائدي، حيث نجد عند هذا الأخير تردد الفصيلة الدموية O منخفض وتردد الفصيلة الدموية A مرتفع.

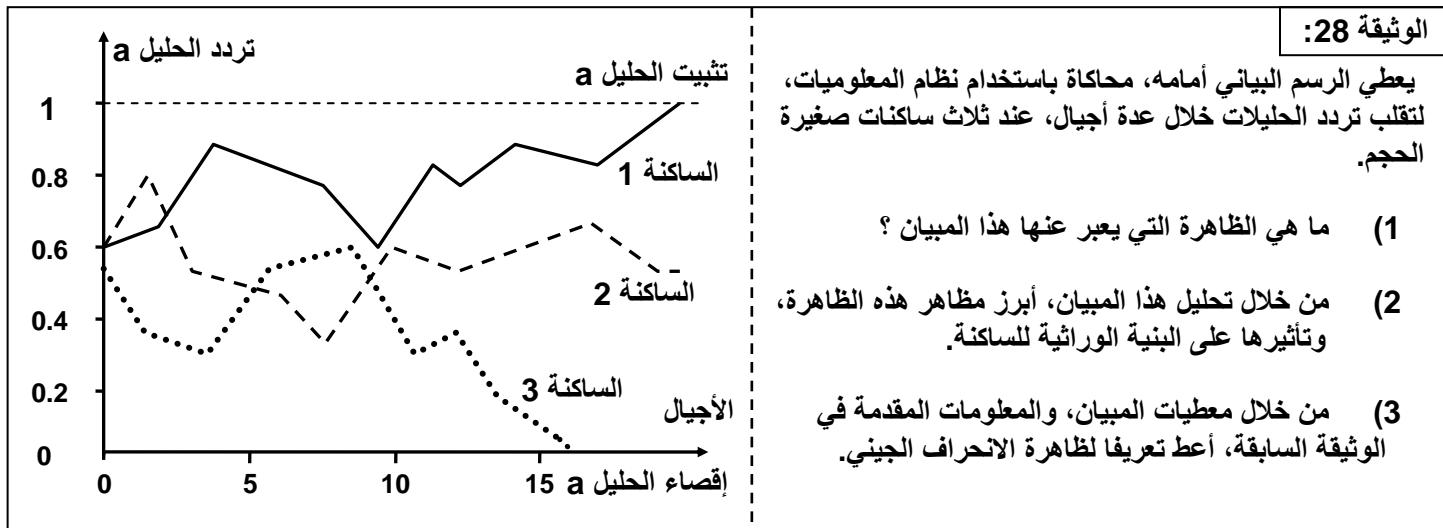
نستنتج من هذا أن بنية ساكنة **Les hutterites** تختلف عن بنية الساكنات الأوروبية والأمريكية (ليس لها نفس المحتوى الجيني).

(2) أنظر الوثيقة.

(3) انبثقت الساكنة 1 عن هجرة مجموعة صغيرة من الساكنة الأصلية، ونظراً لتعيّان عرضي (بالصدفة) Echantillonnage aléatoire تضمنت هذه المجموعة فريدين فقط يحملان المظهر المتواحش مما سبب تغيراً في البنية الوراثية لهذه الساكنة مقارنة مع الساكنة الأصلية. صدفة وقع التزاوج بين أفراد تحمل الصفة الطافرة فحدث إقصاء المظهر المتواحش في الجيل الثاني مع تثبيت المظهر المتاح.

(4) تولدت ساكنة **Les hutterites** عن عينات صغيرة انطلقت من ساكنة أصلية. ونتيجة لهذا التعیان العرضي تضمنت هذه المجموعة محتوى جيني يختلف عن المحتوى الجيني للساكنة الأصل فتعرضت بعد ذلك لتقلبات في تردد الحليلات نظراً لصغر حجمها.

## ب - تأثير ظاهرة الانحراف في المحتوى الجيني. أنظر الوثيقة 28.



### 1) الانحراف الجيني

(2) يتقلب تردد الـ *h*ـليل  $a$  في الساكنات الثلاث بشكل عشوائي بين 0 و 1 اللتان تمثلان القيمتين الحدين للتتردد في كل جيل. وهكذا توجد وضعيات حدان تتحققان عاجلاً أو آجلاً وهما:

- ★ إقصاء الـ *h*ـليل  $a$  ( $q = 0$ ) : حالة الساكنة 3.
- ★ تثبيت الـ *h*ـليل  $a$  ( $q = 1$ ) : حالة الساكنة 1.

### 3) مفهوم الانحراف الجيني.

يشير الانحراف الجيني إلى التقلبات العشوائية لتردد الـ *h*ـليلات داخل ساكنة من جيل لآخر مما يؤدي إلى انخفاض تعدد الأشكال الجينية داخل الساكنة.

يحدث الانحراف الجيني داخل الساكنات الصغيرة.

لا يخضع الانحراف الجيني لتأثير الوسط، ولا للانتقاء الطبيعي، بل يعود للصدفة، ففي الساكنات الطبيعية ليس جميع الأفراد قادرُون على التوالد، وعليه ستكون بعض الـ *h*ـليلات أكثر تمثيلية في الجيل الموالي.

## 4) الهجرة : La migration

### أ - حالة الهجرة الأحادية الاتجاه Unidirectionnelle

#### الوثيقة 29: الهجرة الأحادية الاتجاه

نظراً للتمييز العنصري الذي ظل سائداً في الولايات المتحدة الأمريكية فإن كل فرد ناتج عن زواج مختلط ( خلاسي Métis ) يعد منتمياً إلى الساكنة السوداء. وبهذا يتم نقل الـ *h*ـليلات في اتجاه واحد من البيض نحو السود.

لتعرف تأثير هذه الهجرة في البنية الوراثية لساكنة السوداء، قام Li Gauss سنة 1953 بدراسة تطور تردد الـ *h*ـليل Rhésus ( Rhésus ) عند هذه الساكنة. ويلخص الجدول على الشكل أ من الوثيقة نتائج هذه الدراسة.

- (1) قارن بين معطيات الجدول ثم استنتج.  
لتفسير أصل البنية الوراثية لساكنة سود أمريكا، نقترح عليك نموذج الهجرة الأحادية الاتجاه، كما هو ممثل على الشكل ب من هذه الوثيقة.
- (2) باستعمال المعلومات المقدمة في الشكل ج من الوثيقة، أحسب التدفق الهجري  $m$  و تردد الـ *h*ـليلين  $A$  و  $a$  عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة.
- (3) علماً أن البنية الوراثية لساكنة القارة تضل مستقرة، ماذا تستنتج فيما يخص البنية الوراثية لساكنة الجزيرة؟
- (4) كيف تفسر إذن أصل البنية الوراثية لساكنة سود أمريكا؟

الشكل ج

التدفق الهجري  $m$  : هو نسبة المهاجرين الذين يتذقون على الساكنة المستقبلة في كل جيل، ويحسب بتطبيق المعادلة التالية  $m = n / (N + n)$

$N$  = عدد أفراد الساكنة المستقبلة،  $n$  = عدد المهاجرين.

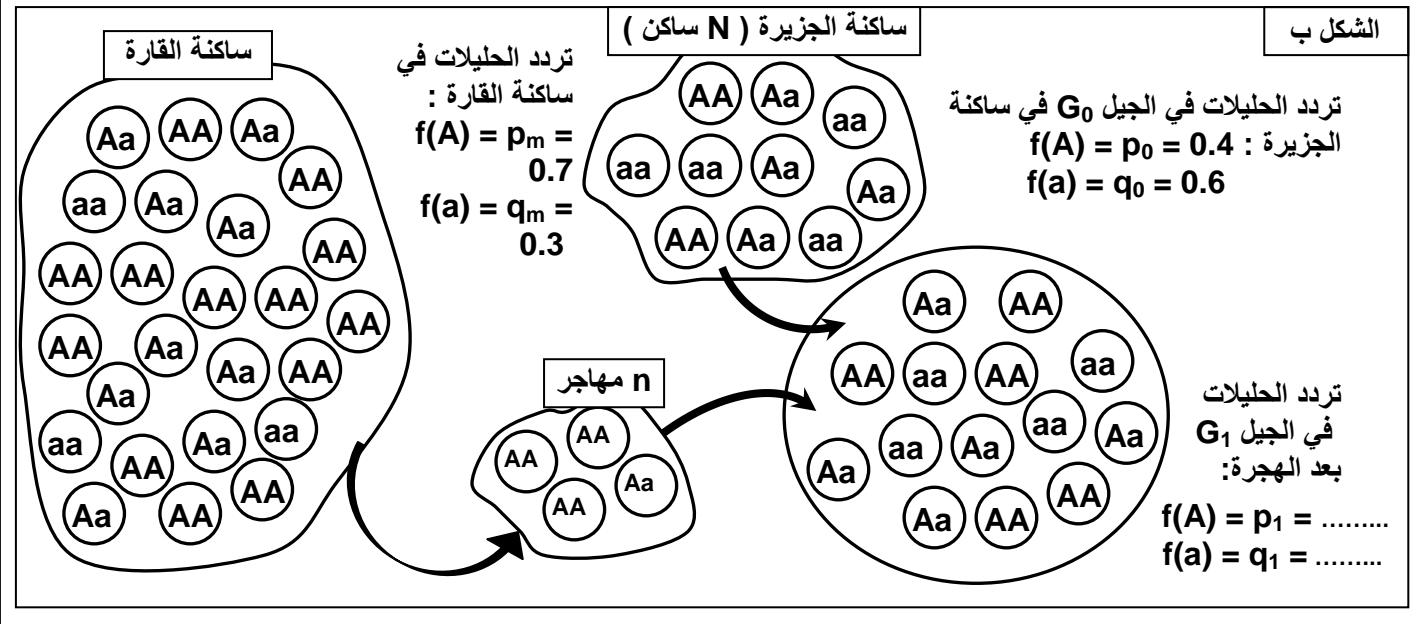
تمكناً النسبة  $m$  من حساب تردد الحليل معين بعد الهجرة بتطبيق المعادلة التالية  $p_1 = (1-m)p_0 + mp_m$

يمثل  $p_m$  : تردد الحليل السائد في ساكنة القارة. و  $p_0$  تردد الحليل السائد عند ساكنة الجزيرة قبل الهجرة.

الشكل أ

الساكنات	تردد الحليل $R_o$
عند الساكنة الأصلية السوداء (الساكنات الإفريقية أصل العبيد)	0.63
الساكنة السوداء سنة 1953 بعد عشرة أجيال من معاهدة العبيد.	0.446
عند الساكنة البيضاء للولايات المتحدة الأمريكية ولساكنة أوروبا التي لم تتغير منذ القرن 18	0.028

الشكل ب



1) يلاحظ أن تردد الحليل  $R_o$  عند ساكنة السوداء لأمريكا منخفض بالمقارنة مع ساكنة الإفريقية أصل العبيد. وأن تردد هذا الحليل نادر عند ساكنة البيضاء لأمريكا وأن نسبة لم تختلف عند ساكنة أوروبا أصل بيض أمريكا.

نستنتج من هذا أن البنية الوراثية لساكنة السوداء لأمريكا قد تغيرت، بينما البنية الوراثية لساكنتها البيضاء لم تتغير.

$$m = \frac{n}{(N + n)} = \frac{4}{(4 + 10)} = 0.28 \quad \text{حساب التدفق الهجري } m: \quad (2)$$

★ حساب تردد الحليل  $A$  عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة هو  $p_1 =$

$$\begin{aligned} f(A) &= p_1 = (1 - m) p_0 + m p_m \\ &= (1 - 0.28) \times 0.4 + (0.28 \times 0.7) \\ &= 0.484 \end{aligned}$$

$$f(A) = p_1 = 0.48$$

★ حساب تردد الحليل a عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة :  $f(a) = q_1$

$$\begin{aligned} f(a) &= q_1 = (1 - m) q_0 + mq_m \\ &= (1 - 0.28) \times 0.6 + (0.28 \times 0.3) \\ &= 0.516 \end{aligned}$$

$$f(a) = q_1 = 0.52$$

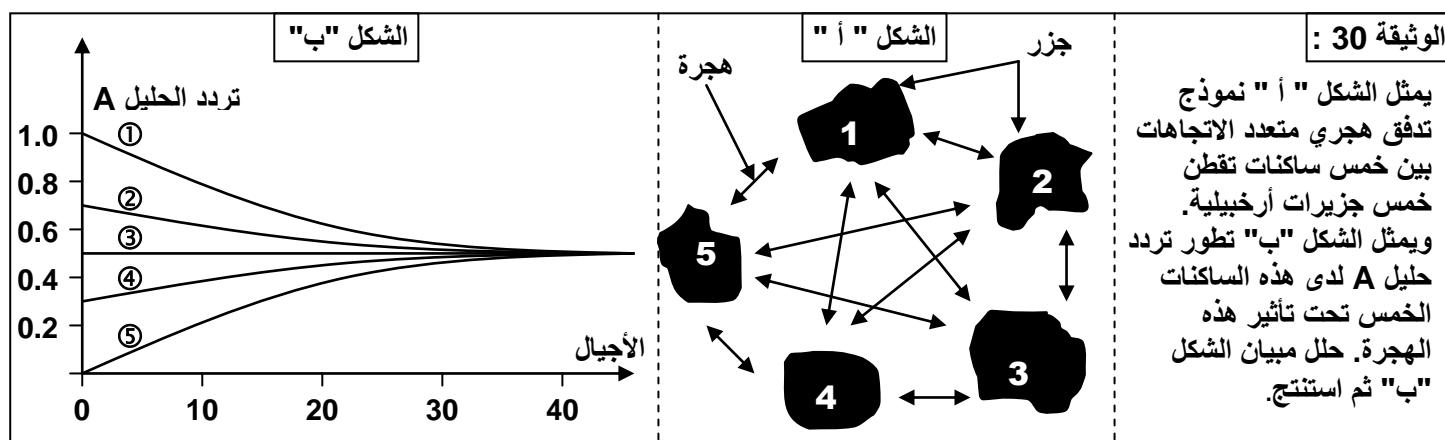
$$p_1 + q_1 = 0.48 + 0.52 = 1$$

(3) يلاحظ ارتفاع في تردد الحليل A عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة. إذا استمرت الهجرة على هذا المنوال، ستتجه البنية الوراثية لساكنة الجزيرة نحو البنية الوراثية لساكنة القارة.

(4) نفترض تغير البنية الوراثية لساكنة السوداء في أمريكا بظاهرة الهجرة. فهناك تدفق هجري أحادي الاتجاه من البيض نحو السود دون هجرة معاكسة. وبناء على هذا ستتغير الخصائص الوراثية لساكنة السوداء دون تغير في التركيب الوراثي لساكنة أصل الهجرة.

### ب - حالة الهجرة المتعددة الاتجاهات Multidirectionnelle

. أنظر الوثيقة 30.



في البداية كان تردد الحليل A جد مختلف بين هذه الساكنات، مثلاً كان التردد عند الساكنة ① هو  $f(A) = 1$  وعند الساكنة ③ هو  $f(A) = 0.5$  وعند الساكنة ⑤ هو  $f(A) = 0$ .

تحت تأثير التدفق الهجري المتعدد الاتجاهات، ومع مرور الأجيال، بدأت تقلص الاختلافات الحاصلة في تردد الحليلات تدريجياً بين مختلف هذه الساكنات، ففتحت كلها إلى تردد حليلي مشترك يقابل معدل تردد الحليلات عند هذه الساكنات ( $f(A) = 0.5$ ).

إذن يحدث تحت تأثير التدفق الهجري المتعدد الاتجاهات خلط وراثي يؤدي إلى تجانس الساكنات والحد من تنوعها.

## VI - مفهوم النوع L'espèce

إذا كانت الساكنة هي مجموع الأفراد المنتسبين لنفس النوع، فماذا يعني بالنوع، وما المعايير المميزة له؟

### أ - المعايير المميزة للنوع

#### a - المعيار المرفولوجي والسلوكي: Morphologiques , Comportemental

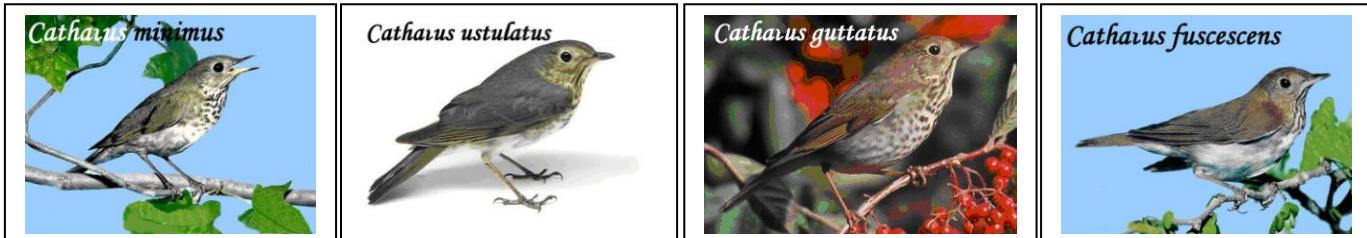
يتمثل المعيار المرفولوجي في تشابه الشكل، لكن إلى أي حد يمكن لهذا المعيار من تمييز نوع عن آخر؟  
مثال 1: ينتشر النمر حالياً في جنوب شرق آسيا ويوزع على خمس ساكنات: نمر البنغال، نمر سيبيريا، نمر الهند الصينية، نمر الصين. لهذه الساكنات خصائص مرفولوجية مشتركة.

مثال 2: هناك اختلافات مرفولوجية بين الكلاب إلا أنها تتبع لنفس النوع.

مثال 3 : طائر السمنة يتضمن عدة أنواع متشابهة مرفولوجيا لكنها تختلف فيما بينها بمجموعة من المعايير المميزة لكل نوع كالمعايير السلوكية. انظر الوثيقة 31.

الوثيقة 31

السمنة **La grive** طائر من جنس "Catharus" يتضمن عدة أنواع جد متشابهة مرفولوجيا لكنها تختلف فيما بينها بمجموعة من الخصائص (المعايير) المميزة لكل نوع. ويعطي الجدول التالي بعض خصائص أربعة أنواع من هذا الطائر تقطن أمريكا الشمالية. من خلال تحليل هذه المعطيات بين الخصائص المعتمدة لتصنيف هذه الطيور.



Catharus minimus	Catharus ustulatus	Catharus guttatus	Catharus fuscescens	الخصائص
غابات الصنوبر غير كاملة النمو	غابات المخروطيات	أشجار المخروطيات	أراض مشجرة ذات أدغال وافرة	مسكن الزواج
على التربة	غالبا على الأشجار	على التربة	على التربة وعلى الأشجار	أماكن الصيد
على الأشجار	على الأشجار	فوق التربة	فوق التربة	بناء العش
موجود	منعدم	منعدم	منعدم	غناه أثناء الطيران

يتبع من هذه الأمثلة قصور المعيار المرفولجي في تحديد النوع.

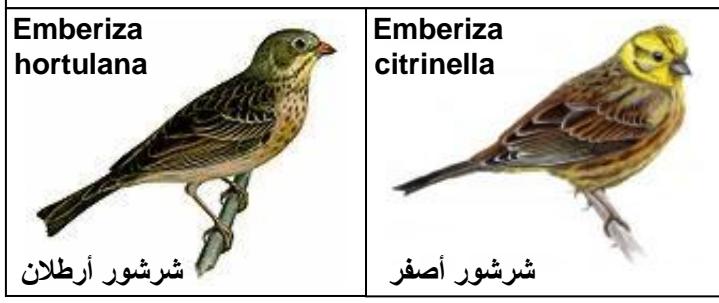
### b - المعيار الاكولوجي ( البيئي ) : Ecologique

توفر أفراد نوع معين على خصائص تكيفية مميزة كالمحيا والسلوك الغذائي والدفافي الجنسي، مما يساعد على الاندماج داخل عشيرة إحيائية.

### c - المعيار الفزيولوجي : Morphologique

الوثيقة 32 :

يعطي الجدول التالي كمية طرح  $\text{CO}_2$  حسب درجة حرارة الوسط من طرف نوعين من الطيور ينتميان إلى جنس **Emberiza** (الصور أسفله). من خلال معطيات هذا الجدول حدد المعيار الأساسي المعتمد في تمييز نوعي طائر



25	15	05	0	-5	( °C )	درجة حرارة الوسط ( °C )	كمية المطروح ب (mg/mg)/h
05	07	09	10.5	11	Eberiza hortulata		
4.5	06	07	07.5	08	Emberiza citrinella		

تشابه طيور الشرشور مرفولوجيا لكنها تختلف من حيث كمية طرح  $\text{CO}_2$  حسب درجة حرارة الوسط، وهذا معيار فيزيولوجي يمكن من التمييز بين نوعي طائر الشرشور.

**الوثيقة 33:** السمندل Salamandre حيوان برمائي،

أنجزت عليه مجموعة من الدراسات قصد التمييز بين أنواعه.

يعطي الجدول أسفله نتائج التحليل الكروماتوغرافي لبروتينين

مستخلصين من ثلاثة أنواع من السمندل. مكنت هذه الدراسة من

تحديد عدد وتعدد الحليلات الرامزة لكل بروتين عند كل نوع.

تعبر القيم بين قوسين عن تردد الحليلات.

قارن بين هذه المعطيات واستخلص المعيار

الذي اعتمد لتمييز هذه الأنواع من السمندل.



Triton vulgaris	Triton marmoratus	Triton alpestris	البروتين	المورثة
(1) a <sub>6</sub>	(1) a <sub>2</sub>	(0.2) a <sub>3</sub> (0.8) a <sub>4</sub>	الزلال	a : عدد الحليلات 7
(1) b <sub>1</sub>	(1)b <sub>7</sub>	(0.1) b <sub>1</sub> (0.55) b <sub>3</sub> (0.35) b <sub>4</sub>	Lactose déshydrogenase	b : عدد الحليلات 7

نلاحظ أن عدد وتعدد الحليلات الرامزة للبروتينين يختلف عند كل نوع من أنواع السمندل. نستنتج إذن أن المعيار البيوكيميائي والوراثي يمكن أن يعتمد في تمييز الأنواع.

### e - المعيار الخصوبة : La fécondité

إن خاصية التزاوج مع إعطاء خلف خصيب من أهم المعايير البيولوجية المعتمدة في تمييز النوع.

### ب - تعريف النوع :

يتكون النوع من مجموع الساكنات الطبيعية التي تتزاوج فيما بينها زواجاً حقيقياً، أو تكون قادرة على ذلك، والمعزولة جنسياً عن الساكنات الأخرى المشابهة لها.

تجمع بين أفراد نفس النوع مجموعة من الخصائص المشتركة: مرفوولوجية، شراحية، فزيولوجية، بيوكيميائية، ووراثية. ويعد الإخصاب المتبادل والخلف الخصيب الخصائص الأساسيتين المميزتين للنوع.