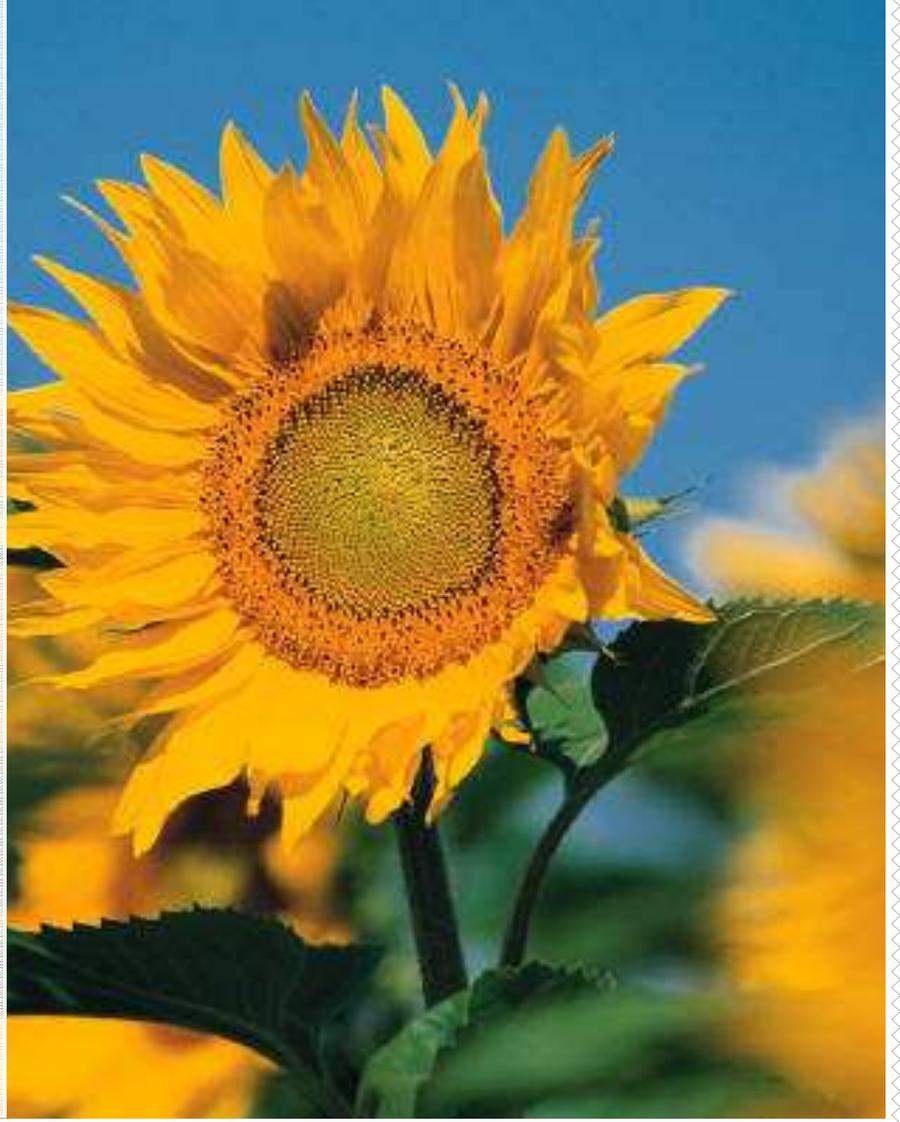


# علوم الحياة والأرض

الثانية بكالوريا , مسلك علوم الحياة والأرض

2010



مساهمة منا في إثراء الحقل التربوي بدعامات ديداكتيكية، تم إنجاز هذا العمل وفق المنهاج الدراسي لمادة علوم الحياة والأرض للسنة الثانية من سلك البكالوريا شعبة العلوم التجريبية (مسلك علوم الحياة والأرض).

ويتضمن : وثائق بيداغوجية (صور، رسوم تخطيطية، معطيات ونتائج تجريبية، رسوم بيانية، خرائط و مقاطع جيولوجية، نصوص علمية، خطاطات تركيبية..), هي عبارة عن أنشطة متنوعة تراعي تسلسل الفصول و الوحدات الدراسية للمقرر، و ترمي مختلف الأنشطة إلى مساعدة كل من الأستاذ(ة) والتلميذ(ة) على إنجاز المقرر في أحسن الظروف من خلال منهجية تراعي خصوصيات هذا المسلك التعليمي.

وتجدر الإشارة إلى أن هذه الوثائق لا يمكنها أن تعوض الملاحظة المباشرة أو المناولة أو التجربة في حالة إمكانية إنجازها.

أملنا أن يساهم هذا المعين الديداكتيكي في تسهيل بلوغ الأهداف المرسومة وفق المنهاج الرسمي الجديد لمادة علوم الحياة والأرض بتحقيق الكفايات المستهدفة، و إثراء مراجع الأستاذ و تدليل الصعاب المرتبطة بتدريس المادة في هذا المسلك التعليمي .

الأستاذ : يوسف الأندلسي

علوم الحياة والأرض

أكاديمية مراكش - تانسيفت - الحوز

Email : [alanyouyou@gmail.com](mailto:alanyouyou@gmail.com)

# الوحدة الأولى

## استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة

### مدخل عام:

تنتج النباتات اليخضورية، المواد العضوية، من سكريات، دهنيات، وبروتينات، بواسطة ظاهرة التركيب الضوئي.

خلال المرحلة المضاءة من التركيب الضوئي، يتم تحويل الطاقة الضوئية الملتقطة من طرف خلايا النبات، إلى طاقة كيميائية على شكل جزيئات ATP ( الأدينوزين ثلاثي الفوسفات Adénosine Triphosphate حسب التفاعل التالي :



خلال المرحلة المظلمة، تستعمل الطاقة المخزنة في ATP في تفاعلات تركيب المواد العضوية. تستعمل الخلايا المادة العضوية لتجديد مكوناتها من جهة، وللتزود بالطاقة اللازمة لنشاطها من جهة أخرى. وبما أن شكل الطاقة المستعملة من طرف الخلايا الحية هو ATP فلا بد من استخلاص الطاقة الكامنة في المواد العضوية المستهلكة لتصبح على شكل ATP ، يمكن بعد ذلك استعماله في مختلف الظواهر المستلزمة للطاقة، كالنقل النشط، الحركة، والتركيبات الخلوية.

1) ما هي الظواهر الخلوية التي تمكن من استخلاص الطاقة على شكل ATP من المواد العضوية المستهلكة ؟

2) كيف تستفيد الخلية من ATP المستخلص ؟

3) كيف توظف المواد العضوية في بناء المادة الحية ؟

## الفصل الأول:

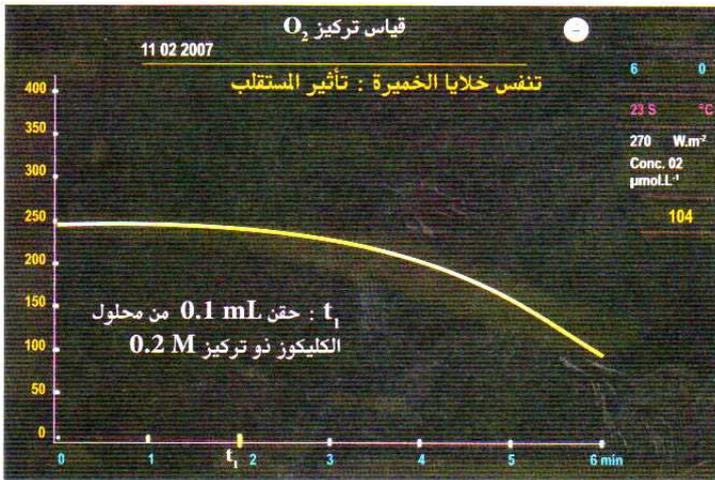
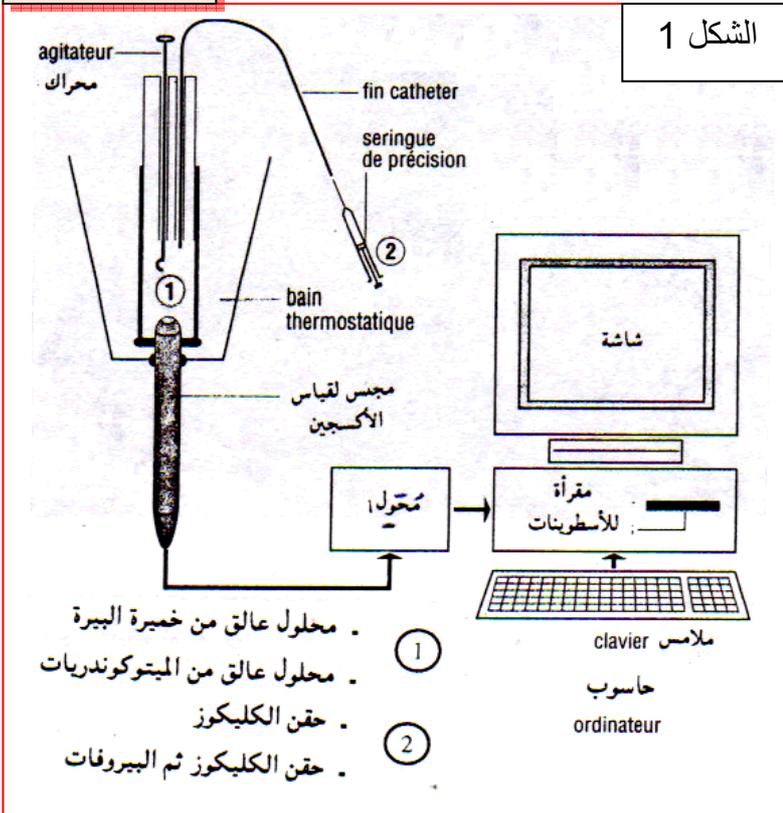
# تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية

أ - الكشف عن أنماط التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية:

أ - التنفس ظاهرة خلوية لهدم الأغذية:

a - تجربة: أنظر الوثيقة 1 لوحة 1.

### اللوحة 1



### b - تحليل واستنتاج:

قبل إضافة الكليكوز، تكون نسبة الأوكسجين مستقرة.

مباشرة بعد إضافة الكليكوز، تنخفض نسبة الأوكسجين في الوسط.

نستنتج من هذه المعطيات أن خلايا الخميرة تستهلك الأوكسجين لهدم الكليكوز. نقول ادن أن خلايا الخميرة تننفس.

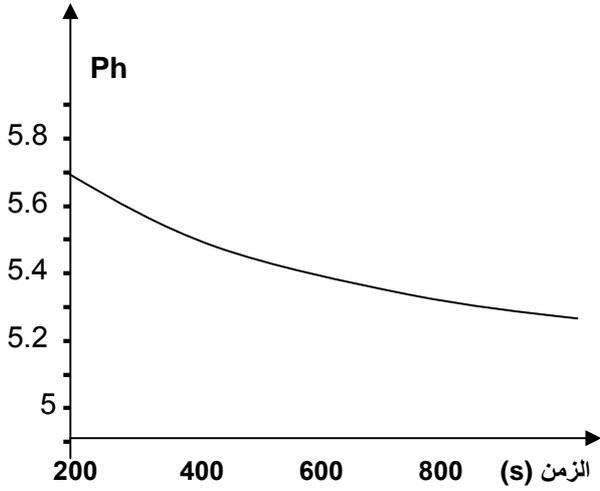
## ب - التخمر ظاهرة خلوية أخرى لهدم الأغذية:

### a - التخمر اللبني: ( Fermentation lactique )

✗ تجربة : أنظر الوثيقة 2 لوحة 1.

#### اللوحة 1

الشكل 3 :



الوثيقة 2 :

نأخذ عينة من الحليب الكامل الطري ونفرغها في بوقال ذي حجم 250 ml. نحرص على ملء البوقال إلى آخره لطرده الهواء - للحصول على تفاعل حي لا هوائي - ؛ نضع داخل الحليب مقياس ph الذي نربطه بعدة EXAO قصد تتبع تطور حمضية الحليب أثناء عملية التخمر - تحول الكليكوز المكون للاكتوز إلى حمض لبني، ويتم ذلك دون طرح CO<sub>2</sub> - ؛ نترك التحضير لمدة 15 يوما في درجة حرارة ملائمة (40°C)، بعد ذلك نتتبع تطور قيمة ph بواسطة عدة EXAO فنحصل على النتائج المبينة بالشكل 3 . صف تطور المنحنى واستنتج العلاقة بين هذا التطور وهدم الكليكوز.

✗ تحليل واستنتاج : بعد 15 يوما في درجة حرارة ملائمة ( 40°C ) نلاحظ انخفاض قيمة ph أي ارتفاع قيمة حمضية الحليب.

نستنتج من هذه الملاحظة أنه تم هدم الكليكوز المكون للاكتوز، وتحوله إلى حمض لبني Acide lactique، وذلك في غياب الأوكسجين. نتكلم ادن عن ظاهرة التخمر اللبني

### b - التخمر الكحولي: Fermentation alcoolique

✗ تجربة : أنظر الوثيقة 3 لوحة 1.

#### اللوحة 1

الوثيقة 3 :

الشكل 4 : البروتوكول التجريبي

نضع محلول الكليكوز في قارورة ( 5g/l )؛ نزرع الخميرة في محلول الكليكوز؛ نضع التحضير في ماء ساخن ( 37 °C ). النتائج :

- انخفاض كمية الكليكوز في الوسط.
- طرح CO<sub>2</sub> في الأنبوب.
- ارتفاع طفيف لدرجة الحرارة.
- ظهور الكحول في وسط الزرع. (نكشف عن الكحول بواسطة التفاعل المبين في الشكل 5).

انطلاقا من هذه المعطيات التجريبية، قارن بين التخمر اللبني والتخمر الكحولي. قارن بين مظاهر التنفس ومظاهر التخمر.

### ✗ تحليل واستنتاج :

التخمر اللبني هو طريقة لهدم الكليكوز، حيث ينتج عن ذلك تكون الحمض اللبني دون طرح CO<sub>2</sub>.



التخمير الكحولي هو طريقة لهدم الكليكوز، حيث ينتج عن ذلك كحول هو الايتانول (Ethanol) مع طرح  $CO_2$ .



### c - خلاصة :

- تستعمل الخلايا الكليكوز كمستقلب طاقي، ويمكنها هدمه بطريقتين مختلفتين حسب ظروف :
  - التنفس : في وسط حيوي هوائي *Aérobie* ( غني بالأوكسجين )، يتم الهدم الكلي للكليكوز وتحويله إلى  $CO_2$  وماء وهي مواد معدنية دون قيمة طاقة.
  - التخمر : في وسط حيلا هوائي *Anaérobie* ( غياب الأوكسجين )، يخضع الكليكوز لهدم غير تام، وتحويله إلى جزيئات عضوية لا تزال تخزن الطاقة الكيميائية.

## II - انحلال الكليكوز على مستوى الجبلة الشفافة. Le hyaloplasme

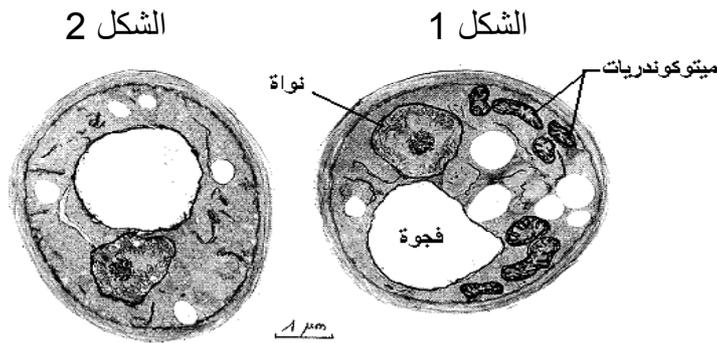
### ① تعرف البنيات الخلوية المتدخلة في التنفس والتخمير

#### a - تجارب وملاحظات : أنظر الوثيقة 1 لوحة 2.

#### اللوحة 2

#### الوثيقة 1: تجربة

خميرة البيرة فطر مجهري وحيد الخلية يمكن أن يعيش في وسط غني بالأوكسجين ( وسط حيوي هوائي) و وسط يفتقر للأوكسجين ( وسط حيلا هوائي)  
- توضع الخميرة في وسط غني بالأوكسجين يحتوي على الكليكوز فيلاحظ بعد مرور يوم أن عدد الخمائر تضاعف كثيرا مع انخفاض كميتي الكليكوز و الأوكسجين و ارتفاع كميتي  $CO_2$  و  $H_2O$  في الوسط و تبين الملاحظة المجهرية أن خلايا الخمائر غنية بعضيات خلوية تسمى الميتوكوندريات. الشكل 1  
توضع الخميرة في وسط يفتقر للأوكسجين يحتوي على الكليكوز فيلاحظ بعد مرور يوم أن عدد الخمائر زاد نسبيا مع انخفاض كمية الكليكوز و ارتفاع كمية  $CO_2$  مع تكون كحول الايتانول  $C_2H_5OH$  في الوسط و تبين الملاحظة المجهرية أن خلايا الخمائر تحتوي على ميتوكوندريات قليلة و ضامرة. الشكل 2  
انطلاقا من هذه المعطيات التجريبية حدد العلاقة بين وجود الميتوكوندريات، ووجود ثنائي الأوكسجين في الخلية، مبينا موقعي كل من التنفس والتخمير داخل الخلية.



### b - تحليل واستنتاج :

يتبين من هذه المعطيات أنه في الظروف الحيوائية، أي خلال ظاهرة التنفس، يتطلب هدم الكليكوز وجود عضيات خلوية خاصة هي الميتوكوندريات (Mitochondries)، بينما في الظروف الحيلاهوائية، أي خلال ظاهرة التخمر، لا يتطلب هدم الكليكوز وجود الميتوكوندريات.  
يبتدئ كل من التنفس والتخمير بمرحلة مشتركة تتم داخل الجبلة الشفافة، وهي انحلال الكليكوز (glycolyse). فتستمر تفاعلات التخمر في الجبلة الشفافة، بينما يتطلب التنفس تدخل الميتوكوندريات.



### • المرحلة الثانية:

ينشط الفريكتوز ثنائي الفوسفات إلى جزيئين من سكر ثلاثي فوسفات (2 غليسير ألدريد فوسفات). تخضع كل من هاتين الجزيئتين إلى انتزاع الهيدروجين (أكسدة)، بواسطة مستقبل للهيدروجين (  $NAD^+ = \text{Nicotinamide adenine dinucléotide}$  ). الشكل المؤكسد  $NAD^+$  يختزل ويحول إلى  $NADH + H^+$  مع تفسر جزيئي الغليسير ألدريد فوسفات، اللتان تتحولان إلى حمض غليسير ثنائي الفوسفات.



### • المرحلة الثالثة:

تسلم جزيئتا الحمض الغليسير ثنائي الفوسفات، مجموعتيهما الفوسفاتية إلى ADP وتتحولان إلى جزيئين من حمض البيروفيك ( Acide pyruvique  $CH_3COCOOH$  )، بينما يتحول ADP إلى ATP.

**ملحوظة:** لكي تستمر عملية انحلال الكليكوز، يجب إعادة أكسدة  $NADH + H^+$ . وتتم هذه الأكسدة، إما خلال التنفس الخلوي، عند وجود الأوكسجين، أو خلال التخمر في غياب الأوكسجين.

### ③ الحصيلة الطاقية لانحلال الكليكوز:



ادن الحصيلة الطاقية لانحلال الكليكوز هي تركيب جزيئين من ATP بالنسبة لكل جزيئة من الكليكوز.

### III – التأكسدة التنفسية ودور الميتوكوندريات.

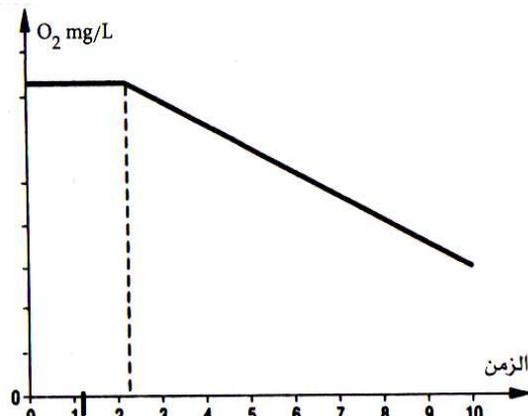
#### ① ماذا يحدث على مستوى الميتوكوندري؟ :

#### a – تجارب :

لمعرفة مصير حمض البيروفيك داخل الميتوكوندري، أنجزت التجارب المبينة على الوثيقة 1 لوحة 3.

#### اللوحة 3

#### الوثيقة 1 : تجربة



إضافة البيروفات في الوسط الذي تعيش فيه الميتوكوندريات =  $t_2$   
إضافة الكليكوز في الوسط الذي يتوفر على الميتوكوندريات المعزولة =  $t_1$

الشكل 1

نهرس خلايا كبد فأر في محلول عيار له  $ph=7.4$  من أجل عزل الميتوكوندريات.

نعرض الخليط لنبذ ذي سرعة كبيرة يمكن من الحصول على قعيرة من الميتوكوندريات. نخلط جزءاً من القعيرة بمحلول عيار ملانم، ونضعه في مفاعل إحيائي لعدة EXAO، ثم نتتبع على شاشة الحاسوب تطور تركيز ثنائي الأوكسجين (الشكل 1).

في الزمن  $t_1$  نضيف إلى المفاعل الإحيائي كمية قليلة من الكليكوز، وفي الزمن  $t_2$  نضيف كمية قليلة من حمض البيروفيك.

(1) حلل منحنى تطور تركيز  $O_2$  بدلالة الزمن.

(2) على ماذا يدل تغير كمية  $O_2$  في الوسط؟

(3) ما هي الظاهرة الفيزيولوجية التي يعبر عنها المنحنى؟ وأين تتم؟

(4) ماذا تستنتج بخصوص التفاعلات التي تتم داخل الميتوكوندري؟

#### b – تحليل واستنتاج :

(1) قبل  $t_1$  يكون استهلاك الأوكسجين من طرف الميتوكوندريات ضعيف جداً، وعند إضافة الكليكوز في الزمن  $t_1$  لا يتغير استهلاك الأوكسجين. أما عند إضافة حمض البيروفيك فان نسبة استهلاك الأوكسجين ترتفع.

(2) يدل تغير كمية الأوكسجين في الوسط على كون الميتوكوندريات تستعمله خلال نشاطها.

(3) الميتوكوندريات تستهلك الأوكسجين يعني أن الأمر يتعلق بظاهرة التنفس الخلوي.

(4) نستنتج أن الميتوكوندريات لا تستعمل الكليكوز مباشرة، بل تستعمل ناتج انحلال الكليكوز، الذي هو حمض البيروفيك.

(5) إن التفاعلات الكيميائية التي تطرأ على حمض البيروفيك بوجود الأوكسجين، داخل الميتوكوندري، تشكل التأكسيدات التنفسية وهي تفاعلات حيوائية.

### c - خلاصة :

يتعرض مستقلب الكليكوز إلى تفككين :

- الأول خارج الميتوكوندري على مستوى الجبلة الشفافة، و لا يحتاج إلى الأوكسجين، و يسمى انحلال الكليكوز. ( glycolyse )

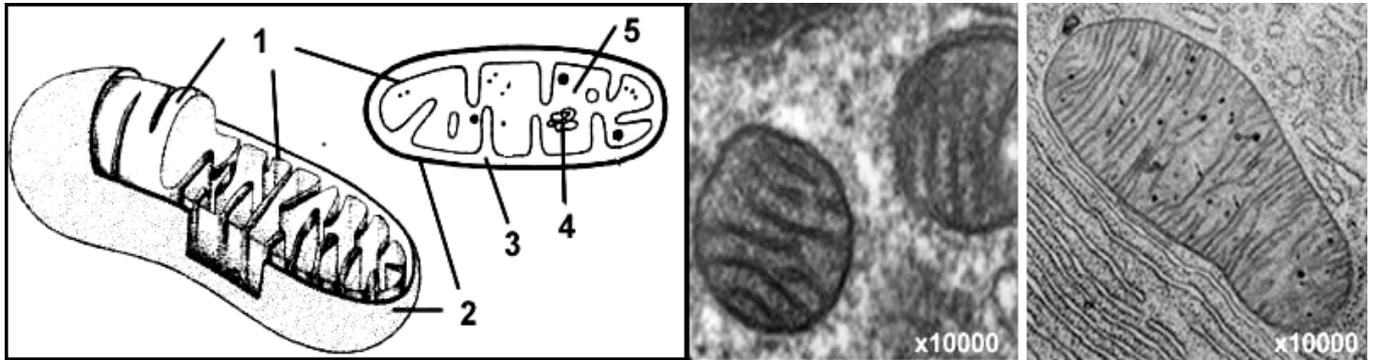
- الثاني على مستوى الميتوكوندري و يحتاج إلى الأوكسجين و يسمى التأكسيدات التنفسية. و يعتبر حمض البيروفيك هو المستقلب الذي يتعرض للتأكسيدات التنفسية.

### ② بنية ومكونات الميتوكوندريات :

a - فوق بنية الميتوكوندري : أنظر الوثيقة 2 لوحة 3

#### اللوحة 3

#### الوثيقة 2 :



شكل 3

شكل 2

شكل 1

الشكل 1 = ملاحظة الكترونغرافية لمقطع طولي للميتوكوندري.  
الشكل 2 = ملاحظة الكترونغرافية لمقطع عرضي للميتوكوندري.  
الشكل 3 = رسم تخطيطي تفسيري لفوق بنية الميتوكوندري.

عناصر الوثيقة: 1 = غشاء داخلي . 2 = غشاء خارجي . 3 = حيز بيغشائي . 4 = ADN . 5 = ماتريس.

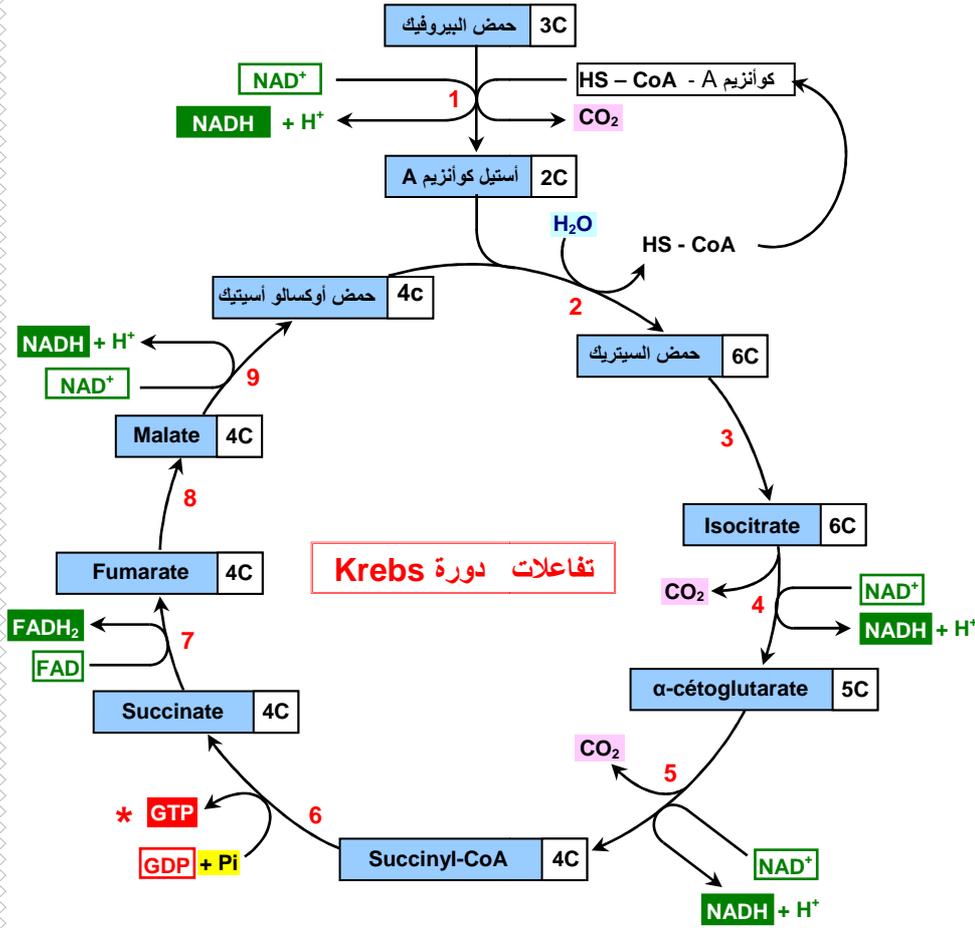
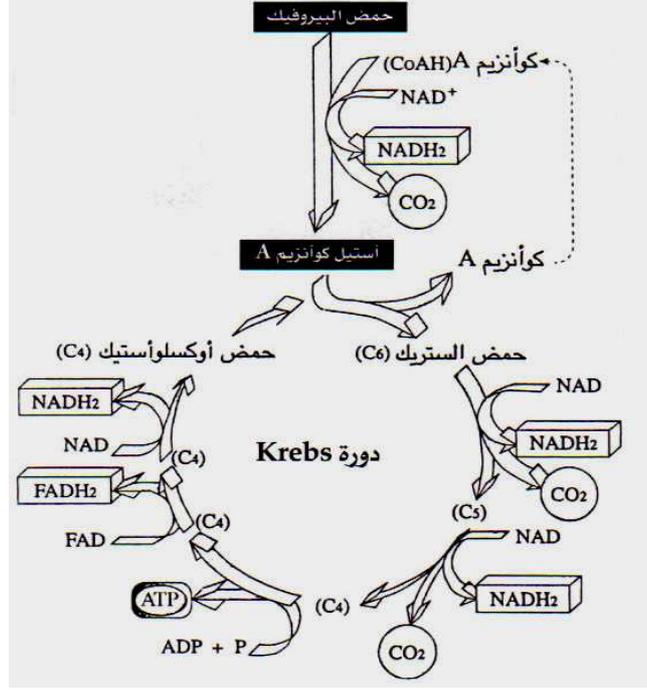
تعتبر الميتوكوندري من عضيات الخلية، وتتكون من غشاء مزدوج، يحيط بمادة عديمة اللون تسمى ماتريس ( matrice )، تتخللها تفرعات للغشاء الداخلي تسمى أعراف ( crêtes ).



**b - المرحلة الثانية: دورة Krebs.** انظر الوثيقة 1 لوحة 4.

اللوحة 4

الوثيقة 1 :



**Remarques :**

- Le nombre d'atomes de carbone de chaque type de molécule est indiqué dans le cadre blanc.
- \* Chez les **végétaux** le **GDP** est remplacé par de l'ADP.

- Enzymes impliquées**
1. Pyruvate déshydrogénase
  2. Citrate synthase
  3. Aconitase
  4. Isocitrate déshydrogénase
  5. α-cétoglutarate déshydrogénase
  6. Succinyl-CoA synthétase
  7. Succinate déshydrogénase
  8. Fumarase
  9. Malate déshydrogénase

**Noms des molécules**

NAD<sup>+</sup> : nicotine adénine dinucléotide  
 FAD : flavine adénine dinucléotide  
 GDP : guanosine 5'-diphosphate  
 GTP : guanosine 5'-triphosphate  
 HS - CoA : coenzyme A

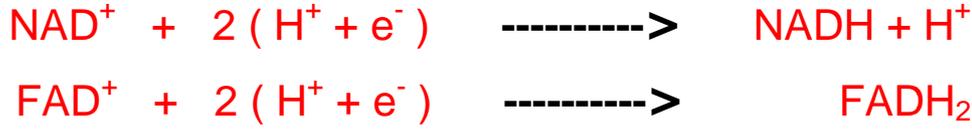
**Équation bilan du cycle de Krebs à partir de l'acide pyruvique (= pyruvate)**

$$\text{CH}_3\text{-CO-COOH} + 4 \text{NAD}^+ + \text{FAD} + \text{GDP} + \text{P}_i + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{NADH} + 4\text{H}^+ + \text{FADH}_2 + \text{GTP} *$$

هي دورة بيوكيميائية تتكون من سلسلة من تفاعلات إزالة الكربون، وإزالة الهيدروجين.

- ينضم أستيل كوانزيم A إلى حمض أوكسالوأسيتيك (C4) ، ليعطي حمض السيترك (C6).
- يحرر الكوانزيم A، قصد تثبيت شق لأستيل جديد.
- يخضع حمض السيترك لتفاعلات إزالة الكربون، وإزالة الهيدروجين، بتواجد أنزيمات خاصة، لنحصل في الأخير على حمض الأوكسالوأسيتيك، هذا الأخير يعاود التفاعل مع أستيل كوانزيم A.

- خلال دورة Krebs يتم تحرير CO<sub>2</sub>، واختزال جزيئة NAD و fad



وتركب جزيئة ATP انطلاقا من أكسدة جزيئة GTP.

التفاعل الإجمالي لهدم حمض البيروفيك في الماتريس:



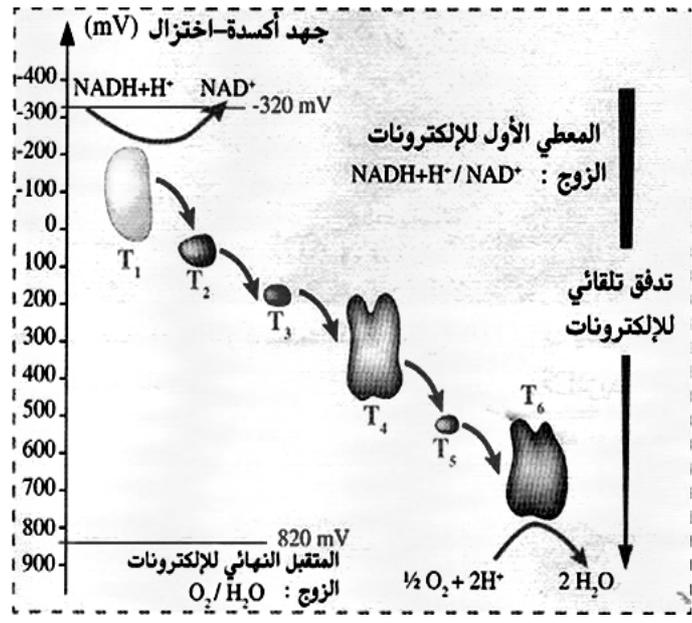
### c - المرحلة الثالثة: مصير NADH+H<sup>+</sup> و FADH<sub>2</sub>.

☒ انطلاقا من الوثيقة 2، والوثيقة 3، واللوحه 4، وضح كيف تحصل الأكسدة التنفسية، وأبرز أهميتها في تكون ممال البروتونات H<sup>+</sup> من جهتي الغشاء الداخلي للميثوكوندري.

#### اللوحه 4

#### الوثيقة 2:

يتم نقل الإلكترونات من الزوج NADH+H<sup>+</sup>/NAD<sup>+</sup> إلى الزوج O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O بواسطة تفاعلات أكسدة-اختزال، عبر السلسلة التنفسية، وذلك بشكل تلقائي حسب تبدل الجهد أكسدة-اختزال.



☒ خلال تفاعلات أكسدة الكليكوز، يتم اختزال NAD<sup>+</sup> و FAD<sup>+</sup>، لتعطي NADH+H<sup>+</sup> و FADH<sub>2</sub>. ادن هذه جزيئات ناقلة للبروتونات والإلكترونات، يجب أن تعود إلى حالتها المؤكسدة.

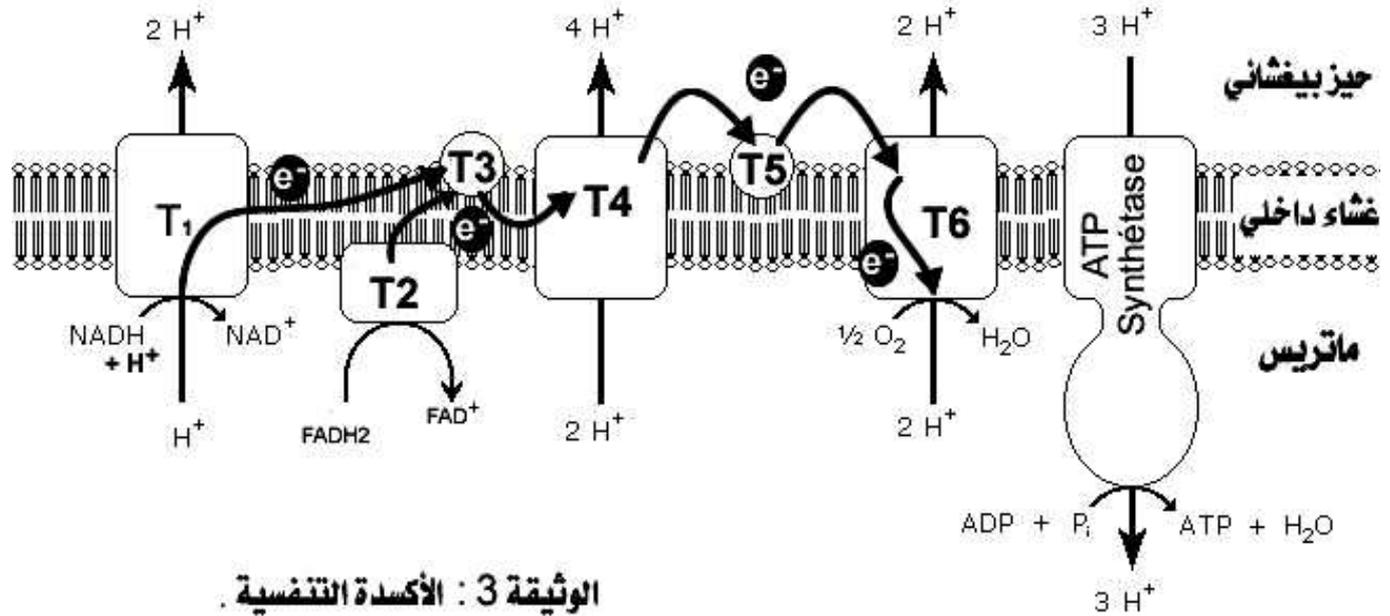
تتم أكسدة هذه المتقبلات داخل الغشاء الداخلي للميثوكوندري. حيث تطرح البروتونات H<sup>+</sup> في الحيز البيغشائي، بينما تسلم الإلكترونات إلى نواقل توجد على مستوى الغشاء الداخلي للميثوكوندري، وتكون السلسلة التنفسية (la chaîne respiratoire).

إن الإلكترونات تتدفق انطلاقا من المعطي الأول NAD<sup>+</sup>/NADH+H<sup>+</sup> إلى المتقبل النهائي وهو الزوج O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O. يسمى هذا التدفق الأكسدة التنفسية. يتفاعل الأوكسجين المختزل O<sub>2</sub><sup>-2</sup> مع 2H<sup>+</sup>، ليعطي جزيئة الماء، وتتم هذه العملية داخل ماتريس الميثوكوندري.



خلال مرور الإلكترونات من أول معط  $\text{NADH} + \text{H}^+$  إلى آخر متقبل  $\text{O}_2$ ، يتم طرح بروتونات  $\text{H}^+$  داخل الحيز البيغشائي، فيرتفع بذلك تركيز  $\text{H}^+$  في هذا الحيز، مما يترتب عنه ممال للبروتونات  $\text{H}^+$  من جهتي الغشاء الداخلي.

#### اللوحة 4



## ② اختزال الأوكسجين والتفسفر المؤكسد:

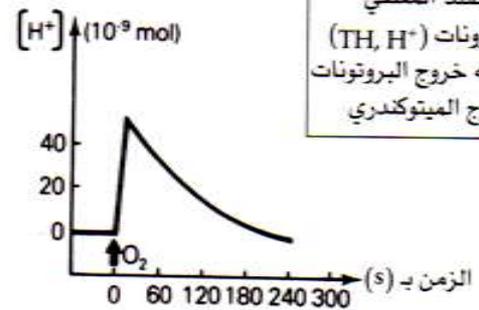
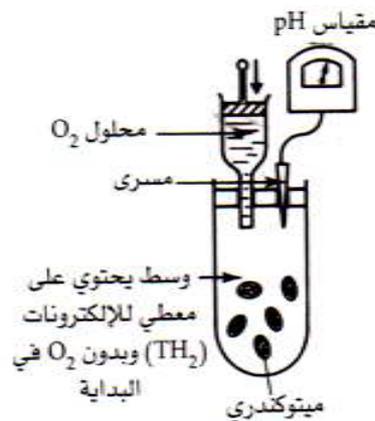
### a - معطيات تجريبية:

#### أ - تجربة 1:

وضعت ميتوكوندريات، على شكل محلول عالق، في وسط يحتوي على معطي بروتونات، خال من  $\text{O}_2$ ، ثم تم تتبع تطور تركيز أيونات  $\text{H}^+$  في هذا الوسط قبل وبعد إضافة محلول غني ب  $\text{O}_2$ . فصلنا على النتائج المبينة على الوثيقة 4 لوحة 4.

#### اللوحة 4

تحدث إضافة كمية معينة من ATP في الوسط انخفاض Ph مما يدل على ارتفاع تركيز  $\text{H}^+$ . عندما يستعيد  $\text{O}_2$  تعود البروتونات إلى داخل الميتوكوندري.



ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات التجريبية؟

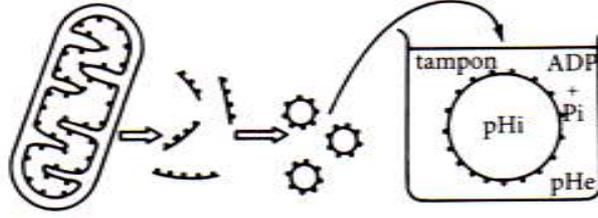
#### ب - تجربة 2 :

للكشف عن شروط إنتاج ATP على مستوى الكرات ذات شمراخ، نقوم بالتجارب المبينة على الوثيقة 1 لوحة 5.

## ■ التجربة a:

بعد عزلها، تخضع الميتوكوندريات لفعل الموجات فوق الصوتية مما يؤدي إلى تقطيعها وجعل أعراف الغشاء الداخلي تتقلب وتكون حويصلات مغلقة، تكون الكرات ذات شمراخ المرتبطة بها موجهة نحو الخارج. توضع هذه الحويصلات بحضور ADP و P في محاليل مثبتة تختلف من حيث pH.

داخلي pH : pHi  
خارجي pH : pHe



- إذا كان pH الداخلي أصغر من pH الخارجي، يلاحظ تقسفر ADP.
- إذا كان pH الداخلي يساوي pH الخارجي، يلاحظ انعدام تقسفر ADP.

## ■ التجربة b:

DNP (2,4 dinitrophenol) مادة ذوابة في الدهون، بحضور هذه المادة يصبح الغشاء الداخلي للميتوكوندري نفوذا للبروتونات؛ في هذه الحالة يلاحظ أن اختزال الأكسجين يتم بصفة عادية بينما يتوقف تقسفر ADP.

استخرج شروط تركيب ATP داخل الميتوكوندري. ثم أبرز العلاقة بين اختزال الأوكسجين والتفسفر المؤكسد.

## b - تحليل المعطيات التجريبية:

## أ - تجربة 1:

قبل إضافة  $O_2$ ، تركيز  $H^+$  في المحلول ضعيف (pH مرتفع). وبعد إضافة  $O_2$  إلى الوسط، تم تسجيل ارتفاع سريع في تركيز  $H^+$  (انخفاض PH)، ثم بدأ يتراجع تدريجياً. يرجع ارتفاع تركيز  $H^+$  في الوسط، بعد إضافة  $O_2$ ، إلى انتقال النواقل ( $TH_2$ ) أي ( $FADH_2$ ،  $NADH_2$ ) من حالتها المختزلة إلى حالتها المؤكسدة حسب التفاعل التالي:



يرجع انخفاض تركيز  $H^+$  في الوسط بعد ذلك، إلى استنفاد  $O_2$  اثر تفاعله مع الالكترونات والبروتونات، حيث يعتبر المتقبل النهائي للبروتونات والالكترونات، حسب التفاعل التالي:



التفاعل الإجمالي بعد إضافة  $O_2$  للوسط هو :



## ب - تجربة 2 :

- ✓ تبين التجربة a أن فسفرة ADP إلى ATP، يتم على مستوى الكريات ذات شمراخ (ATP Synthétase). وتتطلب هذه الفسفرة وجود فارق في تركيز  $H^+$  بين الحيز البيغشائي والماتريس، حيث يفوق تركيزه في الحيز البيغشائي، تركيزه في الماتريس.
- ✓ تبين التجربة b أن الغشاء الداخلي للميتوكوندري ضروري لإنتاج ATP، فهو المسؤول عن خلق الفارق في تركيز  $H^+$ ، بين الحيز البيغشائي والماتريس، هذا الفارق في التركيز يعتبر ضروريا لفسفرة ADP إلى ATP من طرف الكريات ذات شمراخ.

## c - خلاصة:

عند وجود مستقبل للالكترونات ( $O_2$ )، تتم أكسدة ( $FADH_2$ ,  $NADH_2$ ) (معط للالكترونات)، الشيء الذي يعطي طرح للبروتونات  $H^+$ ، فترتفع نسبتها داخل الحيز البيغشائي. بفعل اختلاف تركيز  $H^+$  من جهتي الغشاء الداخلي للميثوكوندري، تتدفق هذه البروتونات إلى الماتريس عبر الكرات ذات شمراخ، والتي تستغل طاقة التدفق لتنتج ATP من خلال تثبيت مجموعة فوسفاتية على جزيئة ADP. تسمى هذه العملية التفسر المؤكسد. Phosphorylation oxydative

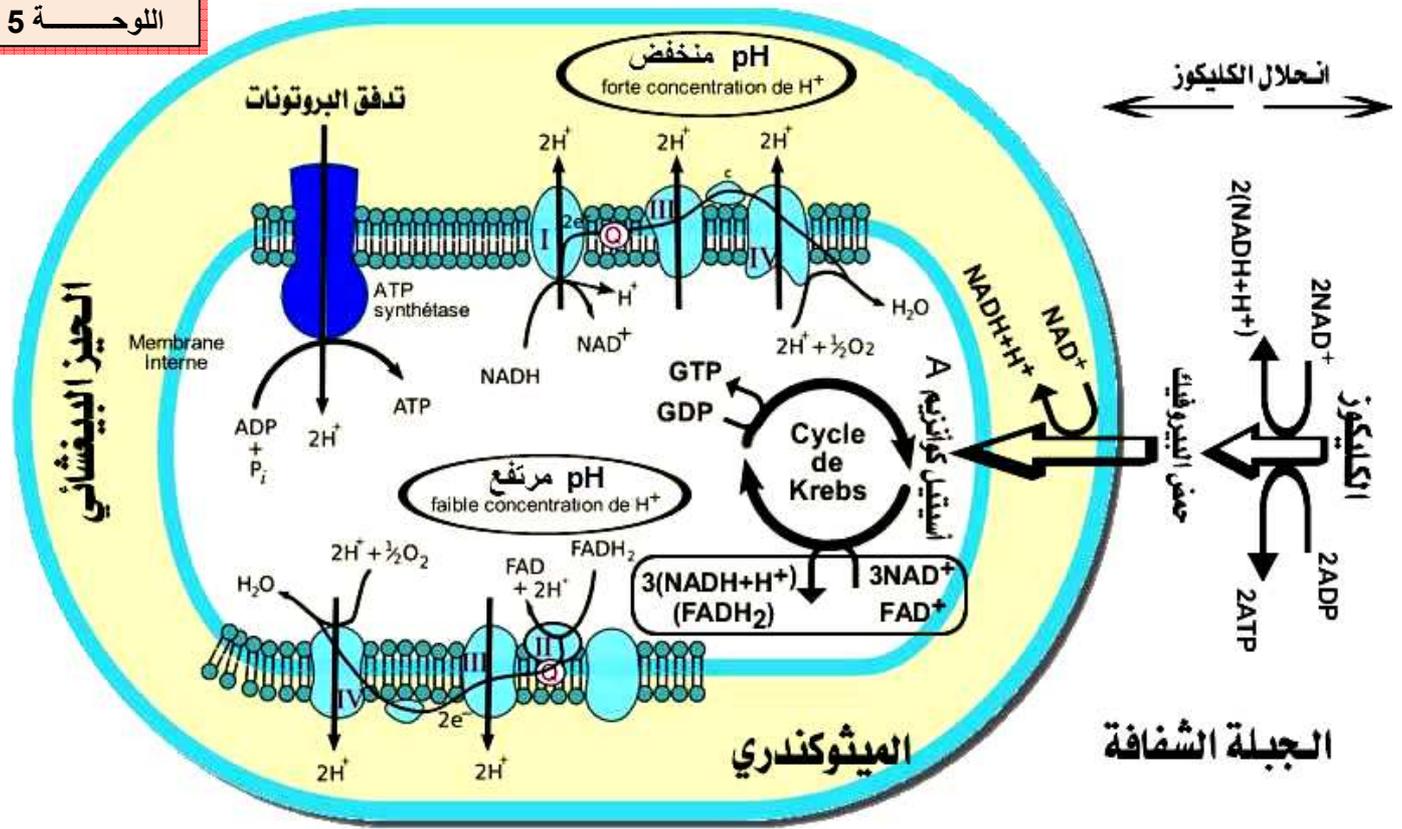
## v - مقارنة الحصيصة الطاقية للتنفس والتخمير:

### ① قياس مردودية التنفس والتخمير:

#### أ- المردود الطاقى للتنفس:

☒ اعتمادا على معلوماتك وعلى معطيات الوثيقة 2 لوحة 5، حدد عدد جزيئات ATP المنتجة انطلاقا من الأكسدة الكاملة لجزيئة واحدة من الكليكوز، في حالة التنفس. علما أن أكسدة جزيئة واحدة من  $NADH_2$ ، تمكن من تركيب ثلاث جزيئات من ATP. وأكسدة جزيئة واحدة من  $FADH_2$ ، تمكن من تركيب جزيئتين من ATP.

### اللوحة 5



اعتمادا على معطيات الوثيقة أعلاه، حدد عدد جزيئات ATP المنتجة انطلاقا من الأكسدة الكاملة لجزيئة واحدة من الكليكوز، في حالة التنفس. علما أن أكسدة جزيئة واحدة من  $NADH_2$ ، تمكن من تركيب ثلاث جزيئات من ATP. وأكسدة جزيئة واحدة من  $FADH_2$ ، تمكن من تركيب جزيئتين من ATP. و أكسدة جزيئة GTP تمكن من تركيب جزيئة واحدة من ATP. ( أتم فراغات النص أسفله ) ان الأكسدة الكاملة لجزيئة الكليكوز، تعطي :

- خلال انحلال الكليكوز نحصل على  $(NADH+H^+)$ ..... + ATP ..... + حمض البيروفيك.
- خلال دورة Krebs يتكون  $(NADH+H^+)$ ..... +  $(FADH_2)$ ..... + ATP ..... اذن بالنسبة لجزيئتين من حمض البيروفيك، الناتجتين عن انحلال جزيئة واحدة من الكليكوز، يتكون.....
- إن عدد ATP المركبة عند استهلاك جزيئة واحدة من الكليكوز هو:  $(NADH+H^+)$ ..... +  $(FADH_2)$ ..... + ATP .....

✓ إن الأوكسدة الكاملة لجزيئة الكليكويز، تعطي :

- خلال انحلال الكليكويز نحصل على  $2\text{ATP} + 2(\text{NADH}+\text{H}^+) + 2$  جزيئتين من حمض البيروفيك.
- خلال دورة Krebs يتكون  $1\text{ATP} + 1(\text{FADH}_2) + 3(\text{NADH}+\text{H}^+)$ . اذن بالنسبة لجزيئتين من حمض البيروفيك، الناتجتين عن انحلال جزيئة واحدة من الكليكويز، يتكون  $8(\text{NADH}+\text{H}^+) + 2\text{ATP} + 2(\text{FADH}_2)$ .
- إن عدد ATP المركبة عند استهلاك جزيئة واحدة من الكليكويز هو:

<b>المجموع :</b> <b>38 ATP</b>	4 ATP ←-----	4 ATP
	30 ATP ←-----	10 (NADH+H <sup>+</sup> )
	4 ATP ←-----	2(FADH <sub>2</sub> )

نظريا نحصل على ATP38 لكن في الواقع نحصل على ATP36 فقط لأن نواقل NADH الناتجة في الجبلة الشفافة لا تدخل إلى الميتوكوندري ولكن تعوض بنواقل 2FADH باستثناء خلايا القلب والكبد حيث تعوض بنواقل NADH .

✗ أحسب المردود الطاقى للتنفس، علما أن الطاقة الإجمالية التي يمكن استخراجها من مول واحد من الكليكويز، تحت درجة حرارة 37 °C، وبوجود الأوكسجين، هي: 2860 KJ، وأن حلمأة مول واحد من ATP، يؤدي إلى تحرير طاقة تساوي 30 KJ.

✓ بما أن مول واحد من الكليكويز يركب 38 ATP، فالطاقة التي يحررها مول واحد من الكليكويز هي:  $1159 \text{ KJ} = (30.5 \times 38)$

$$40,5 \% = 100 \times \frac{1159}{2860}$$

اذن المردود الطاقى للتنفس هو:

ب- المردود الطاقى للتخمير:

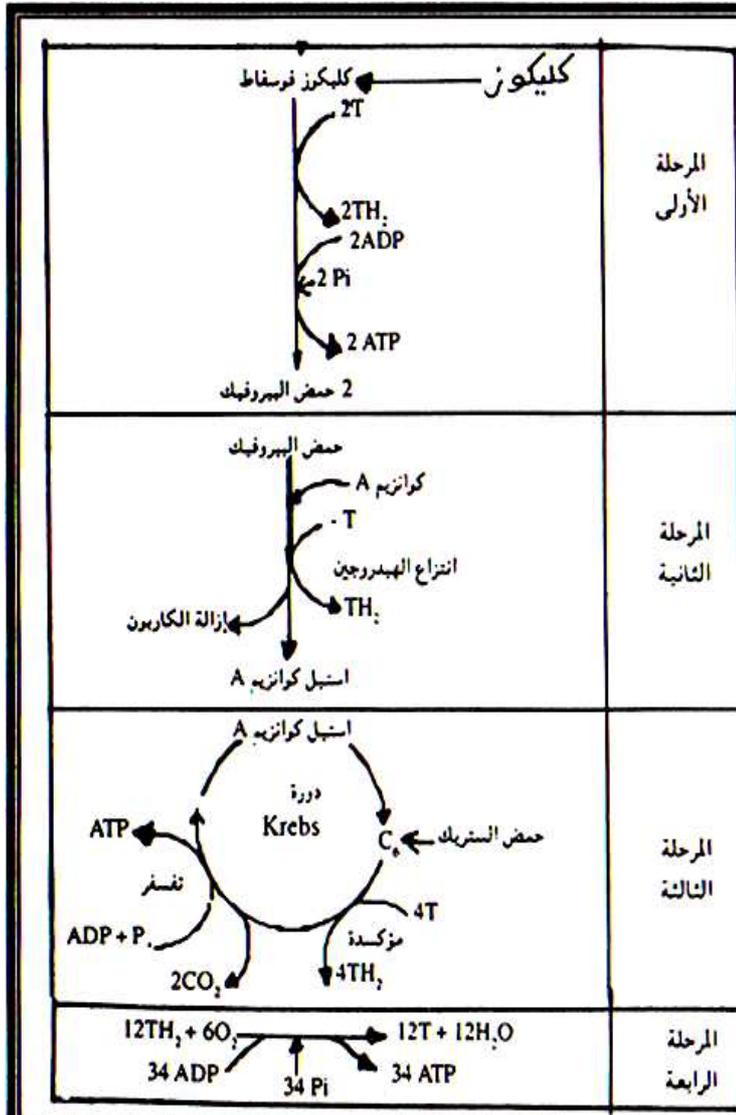
✗ أحسب المردود الطاقى للتخمير، علما أن استهلاك جزيئة واحدة من الكليكويز في حالة التخمير اللبني، يحرر فقط جزيئتين من ATP.

$$2.13 \% = 100 \times \frac{(2 \times 30.5)}{2860}$$

✓ المردود الطاقى للتخمير هو :

② مقارنة وتفسير :

- أثناء التنفس يتحلل المستقلب ( الكليكويز ) كلياً، فيطرح مجموع الطاقة الكامنة فيه، على شكل طاقة كيميائية (1159 KJ)، وطاقة حرارية (1701 KJ)، مع تكوين حثالة معدنية (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O) خالية من الطاقة.
- أثناء التخمير، لا يتحلل المستقلب ( كليكويز ) كلياً وبالتالي لا يطرح إلا جزء من الطاقة الكامنة ( 167 KJ ) جزء منها على شكل طاقة كيميائية ( 61 KJ )، وجزء على شكل طاقة حرارية ( 106 KJ )، مع حثالة عضوية ( حمض لبني )، مازالت تحتوي على طاقة كامنة. (2860 ( ac.lactique )/2 = 1346.5 KJ - 167) .



- تمثل الوثيقة جانبه المراحل الأساسية لهدم الكليكوز داخل الخلية الحية، ويشير الحرف T إلى نواقل الهيدروجين.
- 1- حدد المستوى الخلوي الذي تتم فيه كل مرحلة من مراحل جدول الوثيقة جانبه.
  - 2- عين ناقل الهيدروجين المتدخل في المرحلة الأولى واكتب التفاعل الذي يحصل على مستواه في هذه الحالة.
  - 3- اعتمادا على معلوماتك وعلى معطيات الجدول، حدد المراحل المشتركة بين التنفس الخلوي والتخمير اللبني.
  - 4- حدد دور الأوكسجين المستهلك والمرحلة التي يتدخل فيها.
  - 5- أحسب الحصيلة الطاقية (عدد مولات ATP) الناتجة عن الهدم الكلي لجزيئة الكليكوز.
  - 6- اعتمادا على معلوماتك وعلى المعطيات السابقة، قارن المردودية الطاقية لكل من التنفس الخلوي والتخمير اللبني علما أن :
    - حلماة مول من ATP تحرر 30,5kj وأن الطاقة الكلية الكامنة في مول من الكليكوز تساوي 2860 kj.
    - مولا من الكليكوز يعطي مول من ATP عن طريق التخمير اللبني.

حل التمرين :

<p>المرحلة الأولى : 2 ATP</p> <p>المرحلة الثالثة : 2 ATP</p> <p>المرحلة الرابعة : 34 ATP</p> <p>* الحصيلة الطاقية الإجمالية هي : 38 ATP.</p> <p>6- المردودية الطاقية للتنفس :</p> $\frac{38 \times 30,5 \times 100}{2860} = 40,5\%$ <p>- المردودية الطاقية للتخمير اللبني :</p> $\frac{2 \times 30,5 \times 100}{2860} = 2,1\%$ <p>إذن المردودية الطاقية للتنفس أهم بكثير من المردودية الطاقية للتخمير.</p>	<p>1- المستوى الخلوي الذي تتم فيه :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* المرحلة الأولى هو الجبلة الشفافة.</li> <li>* المرحلة الثانية والمرحلة الثالثة هو الماتريس.</li> <li>* المرحلة الرابعة هو الغشاء الداخلي للميتوكوندري.</li> </ul> <p>2- ناقل الهيدروجين المتدخل في المرحلة الأولى هو <math>NAD^+</math> كما يوضحه التفاعل التالي :</p> $NAD^+ + 2(H^+ + e^-) \rightarrow NADH_2$ <p>3- المرحلة المشتركة بين التنفس الخلوي والتخمير اللبني هي المرحلة الأولى.</p> <p>4- يتحدد دور الأوكسجين المستهلك في كونه متقبل نهائي لبروتونات الهيدروجين، ويتدخل في المرحلة الرابعة.</p> <p>5- * عدد مولات ATP الناتجة عن الهدم الكلي لجزيئة الكليكوز هو :</p>
---	--

## الفصل الثاني:

# دور العضلة الهيكلية المخططة في تمويل الطاقة

### تمهيد:

يمكن كل من التنفس والتخمر من هدم المواد العضوية المستهلكة، وتحرير الطاقة الكامنة فيها، لتصبح على شكل ATP، قابل للاستعمال في مختلف الظواهر المستهلكة للطاقة، كالتفاعلات الكيميائية، مواجهة تغيرات درجة الحرارة، أو القيام بحركة.

يعتبر التقلص العضلي من الظواهر المستهلكة للطاقة.

✗ ما مصدر الطاقة اللازمة للنشاط العضلي؟

✗ ما هي البنيات المسؤولة عن التقلص العضلي؟

✗ كيف يتم التقلص العضلي؟

✗ كيف تستعمل الخلايا العضلية الكليوكوز كمصدر للطاقة؟

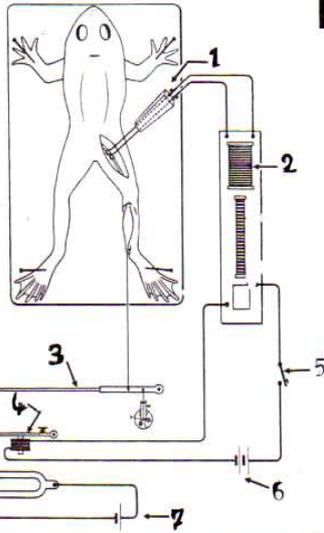
## 1 - الدراسة التجريبية للتقلص العضلي.

### ① تسجيل التقلص العضلي عند الضفدعة

أ - التركيب التجريبي: أنظر الوثيقة 1، الوثيقة 2، لوحة 6.

### اللوحة 6

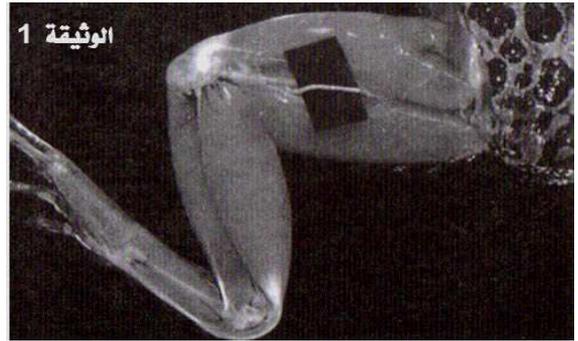
**الوثيقة 2:**  
عدة تجريبية لتسجيل  
الظواهر الميكانيكية  
المصاحبة للنشاط



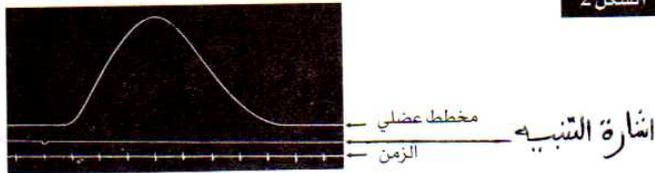
الشكل 1

### الوثيقة 1:

لدراسة التقلص العضلي، يتم أخذ ضفدعة، فيخرب دماغها ونخاعها الشوكي، لإزالة كل ردود الفعل الإرادية واللاإرادية. بعد تثبيتها على لوحة خشبية، نشرح الطرف الخلفي لإبراز العصب الوركي: الوثيقة 2. نقطع وتر العقب لعضلة بطن الساق، ونوصله بجهاز تسجيل التقلص العضلي الشكل 1. نهيج العضلة إما مباشرة، بوضع الالكترودين المهيجين على سطحها، أو بصفة غير مباشرة، بوضع الالكترودين على العصب الوركي. تهيج العضلة بواسطة مهبجات اصطناعية، تكون إما ميكانيكية، حرارية، كيميائية، أو كهربائية.



الشكل 2

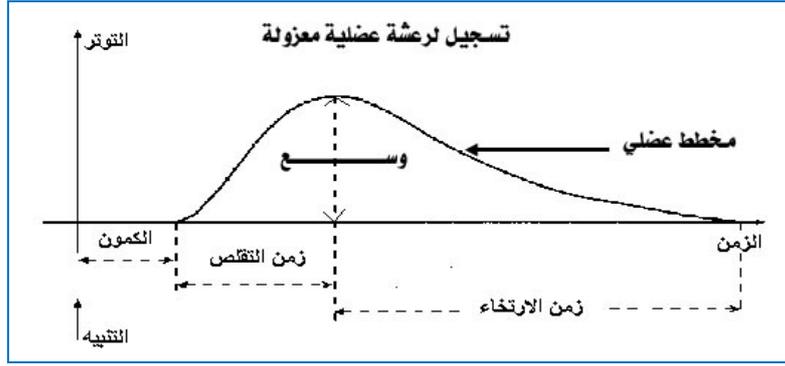


## ب - استجابة العضلة للتهيج الكهربائي:

a - استجابة العضلة لاهاجة منفردة: أنظر الوثيقة 2 الشكل 2 لوحة 6.

عند تسليط اهاجة فعالة، تستجيب العضلة لاهاجة، فنقول أنها هيوجة، (Excitable) ولها خاصية الاهتياجية. كما تستجيب بالتقلص، فنقول أنها قلوصة، وتسمى هذه الخاصية بالقلوصية. عند تطبيق اهاجة منفردة، نحصل على تقلص قصير الأمد، معزول، وبسيط، نتكلم عن رعشة عضلية (Secousse musculaire). والتي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل:

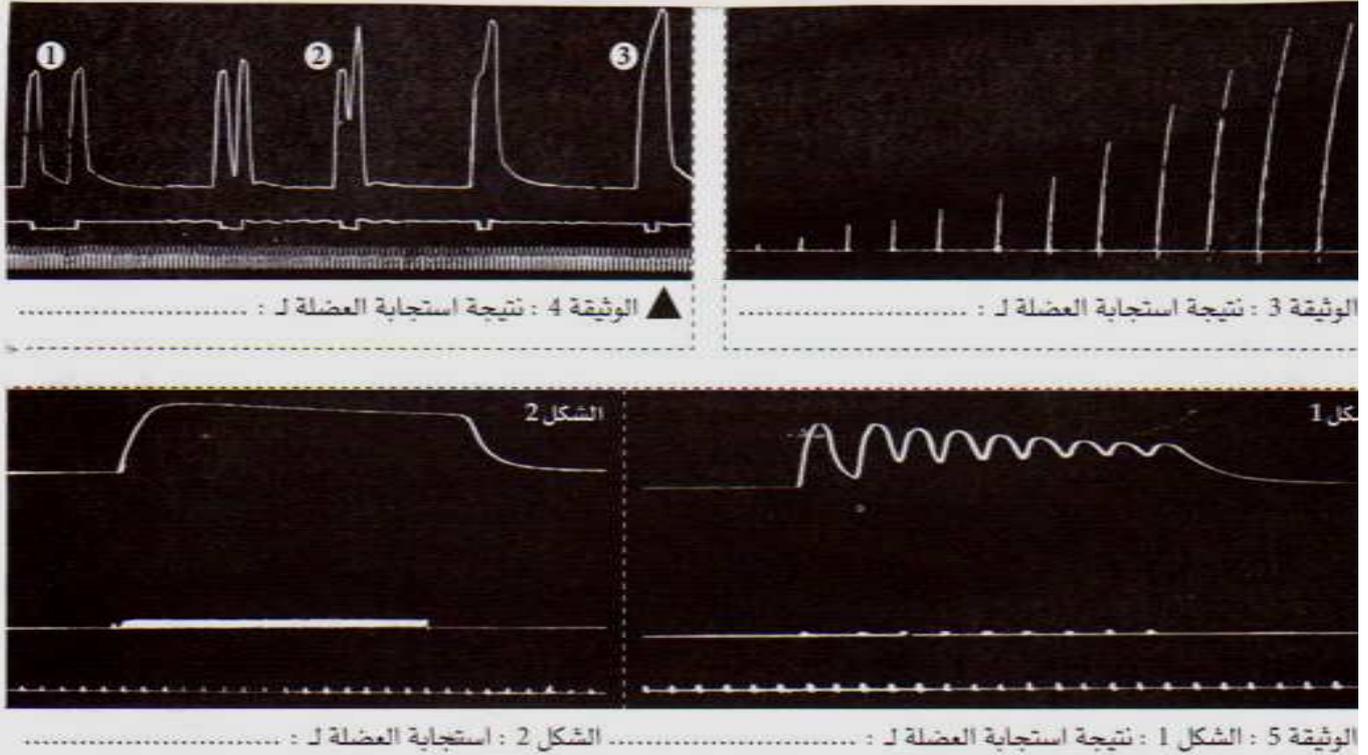
- فترة الكمون: هي الفترة الزمنية الفاصلة بين لحظة الاهاجة وبداية الاستجابة.
- مرحلة التقلص: يرتفع خلالها توتر العضلة.
- مرحلة الارتخاء: خلالها تأخذ العضلة أبعادها الأولية.



### ملحوظات:

- ★ يتغير شكل التخطيط العضلي حسب سرعة الأسطوانة المسجلة.
- ★ أنظر الوثيقة 3 لوحة 6 : عندما نخضع العضلة لاهاجات متباعدة، ذات شدة متصاعدة، لا تظهر الاستجابة إلا عندما تكون شدة التهيج تساوي أو أكبر من قيمة معينة، تسمى عتبة الاهاجة (Seuil (d'excitation، أو الريباز.

### اللوحة 6



### b - استجابة العضلة لاهاجتين متتاليتين: أنظر الوثيقة 4 لوحة 6.

تختلف الاستجابة في هذه الحالة حسب اللحظة التي تسلط فيها الاهاجة الثانية، وهكذا نميز ثلاث حالات:

- ① إذا وقع التهيج الثاني بعد انتهاء الرعدة الأولى، تكون الرعدتان متماثلتين ومستقلتين.
- ② إذا وقع التهيج الثاني خلال مرحلة ارتخاء الاستجابة الأولى، يكون وسع الاستجابة الثانية أكبر من وسع الاستجابة الأولى، كما يبقى المنحنيان منفصلان. نتكلم عن الالتحام غير التام.

③ إذا وقع التهيج الثاني خلال مرحلة تقلص الاستجابة الأولى، يلاحظ تراكم المنحنين. نتكلم عن الالتحام التام، يكون فيه وسع التوتر الاجمالي أكبر من وسع التوتر خلال رعشة معزولة.  
**C - استجابة العضلة لاهجات متتالية:** أنظر الوثيقة 5 لوحة 6.

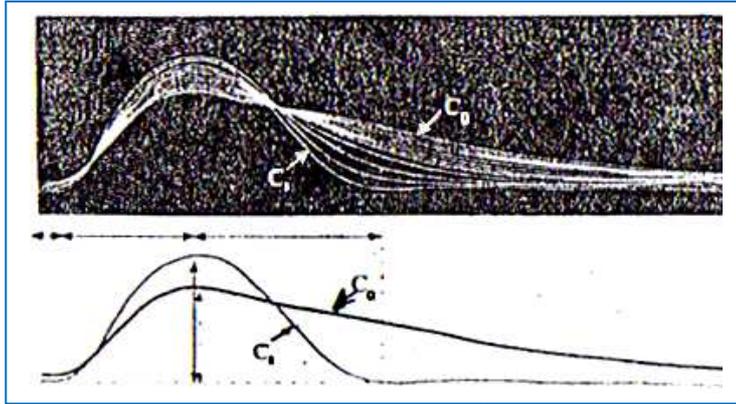
عند تطبيق سلسلة من الاهجات المتتالية، نلاحظ حالتين:

**الشكل 1:** عندما يكون تردد التهيجات ضعيف، نحصل على تسجيل مكون من ذبذبات متتالية، نسمي هذا التقلص الكزاز الناقص (Tétanos imparfait)، والذي يفسر بالتحام غير تام للرعشات العضلية، لأن كل تهيج يحدث خلال فترة الارتخاء للاستجابة السابقة.

**الشكل 2:** عندما يكون تردد التهيجات قوي، نحصل على تسجيل منبسط مستقيم، نسمي هذا التقلص الكزاز التام (Tétanos parfait)، والذي يفسر بالتحام تام للرعشات العضلية، لأن كل تهيج يأتي في فترة التقلص للاستجابة السابقة.

**ملاحظة:** استجابة العضلة المتعبة.

عندما تصبح العضلة متعبة، بعد خضوعها لعدة اهاجات، فإن وسع الاستجابة يصبح ضعيفا، كما أن مدة الارتخاء تصبح طويلة.



**II - الظواهر التي تصاحب التقلص العضلي.**

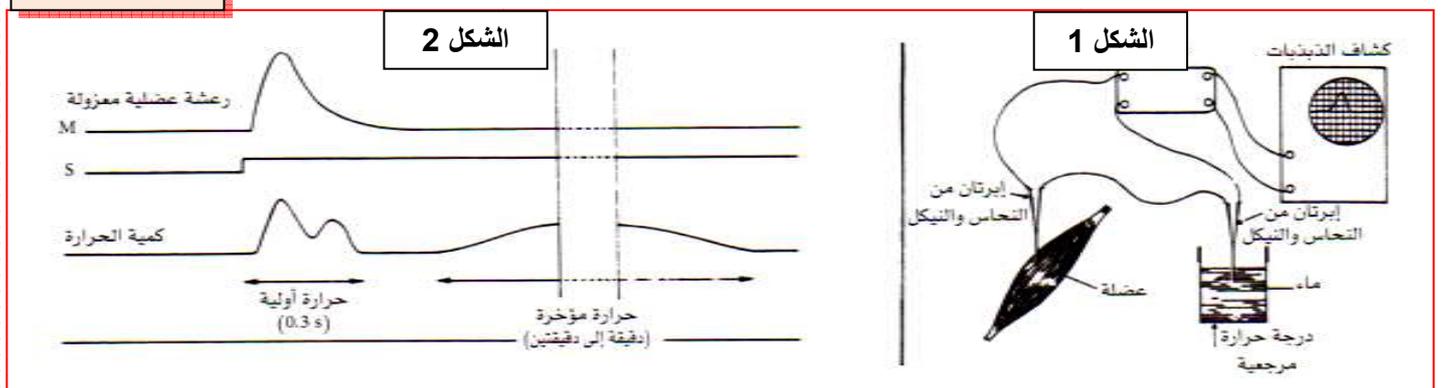
التقلص العضلي ظاهرة ميكانيكية ترافقها ظواهر حرارية، طاقة و كيميائية.

① **الظواهر الحرارية المرافقة للتقلص العضلي:**

عند القيام بمجهود عضلي، ترتفع درجة حرارة الجسم الداخلية، ويقاوم هذا الارتفاع بزيادة طرح الحرارة. هذا الطرح يختلف حسب شدة الجهد.

**أ - التركيب التجريبي:** أنظر الشكل 1 الوثيقة 6 لوحة 6.

اللوحة 6



نستعمل في هذه الدراسة تقنية العمود الحراري Thermopile.

يتكون العمود الحراري من إبرتين كهروحراريتين، تتكون كل إبرة من معدنين مختلفين (نحاس و نيكل أو ذهب ونيكل).

إن اختلاف الحرارة بين الإبرتين، يولد فرق جهد كهربائي تتناسب شدته مع درجة حرارة العضلة المتقلصة.

**ب - النتائج التجريبية:** أنظر أنظر الشكل 2 الوثيقة 6 لوحة 6. انطلاقاً من هذه النتائج، استخراج أنواع الحرارة المحررة من طرف العضلة في حالة نشاط.

### ج - تحليل واستنتاج:

- خلال التقلص العضلي تنتج الحرارة، ويتوزع إنتاجها على مرحلتين أساسيتين:
- الحرارة الأولية : هي الحرارة الابتدائية، وتحرر في جزأين: جزء خلال التقلص (حرارة التقلص)، وجزء خلال الارتخاء (حرارة الارتخاء)، وتدوم بضع أجزاء من الثانية.
  - الحرارة المؤخرة: أو المتأخرة، وتحرر بعد التقلص العضلي، وتدوم من دقيقة إلى دقيقتين.

### ② الظواهر الكيميائية والطاقة :

#### أ - ملاحظات:

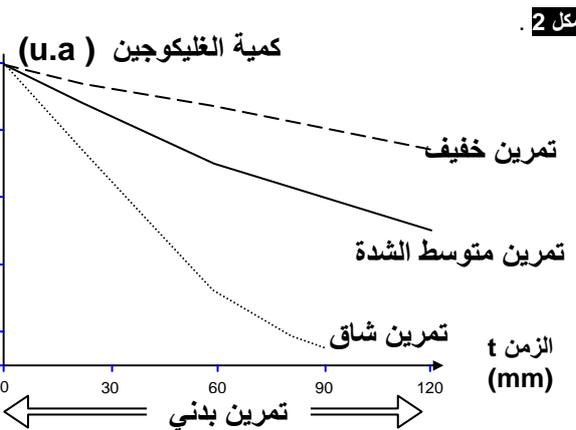
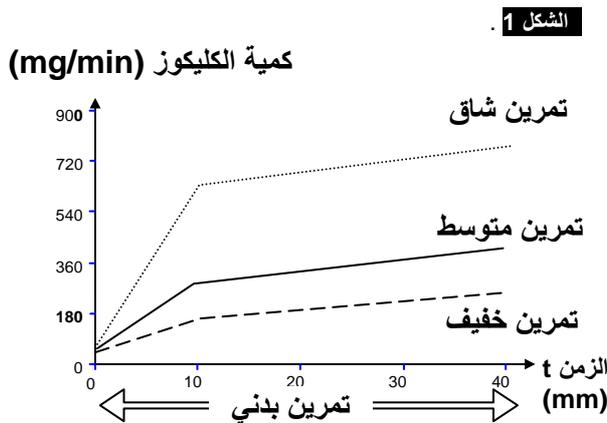
تبين الملاحظة المجهرية للنسيج العضلي، أنه غني بالشعيرات الدموية. يبرر التعرق الشديد للنسيج العضلي، بكون النشاط العضلي يرفع من حاجيات العضلة من القيت والأوكسجين، والتي تصل إلى العضلة عن طريق الدم.

#### ب - نتائج تجريبية:

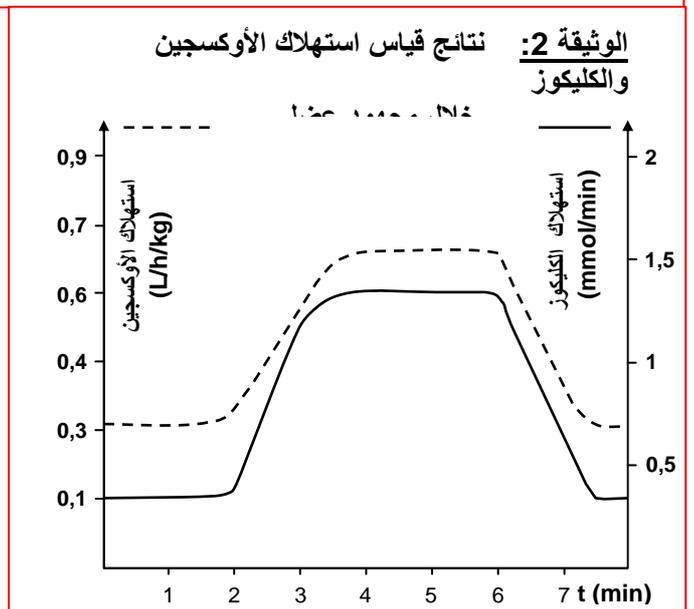
انطلاقاً من تحليل معطيات هذه الوثائق 1، 2، 3، لوحة 7، استنتج متطلبات العمل العضلي

#### اللوحة 7

**الوثيقة 1:** قياس كمية الكليكوز ( شكل 1 )، والجليكوجين ( شكل 2 )، المستعملة من طرف عضلات الطرفين السفليين عند شخص خلال مجهود عضلي متزايد الشدة. (d'après manuel Hatier- mai 2000) حلل هذه المعطيات، واستنتج متطلبات العمل العضلي.



الوثيقة 3:		حجم الدم الذي يعبر العضلة ب ( l )
خلال ساعة بالنسبة ل 1Kg من العضلة	في حالة نشاط	
56.325	12.220	حجم الأكسجين المستهلك ب ( l )
5.207	0.307	حجم ثاني أكسيد الكربون المطروح ب ( l )
5.950	0.220	كمية الكليكوز المستهلكة ب ( g )
8.432	2.042	البروتينات المستهلكة ب ( g )
0	0	الدهون المستهلكة ب ( g )



## ج - تحليل واستنتاج:

نلاحظ خلال المجهود العضلي، ارتفاع استهلاك الكليكوز، ويلاحظ في نفس الوقت، انخفاض مدخرات العضلة من الغليكوجين.

نلاحظ كذلك ارتفاع استهلاك الأوكسجين، عند المجهود العضلي، مع طرح المزيد من ثاني أكسيد الكربون.

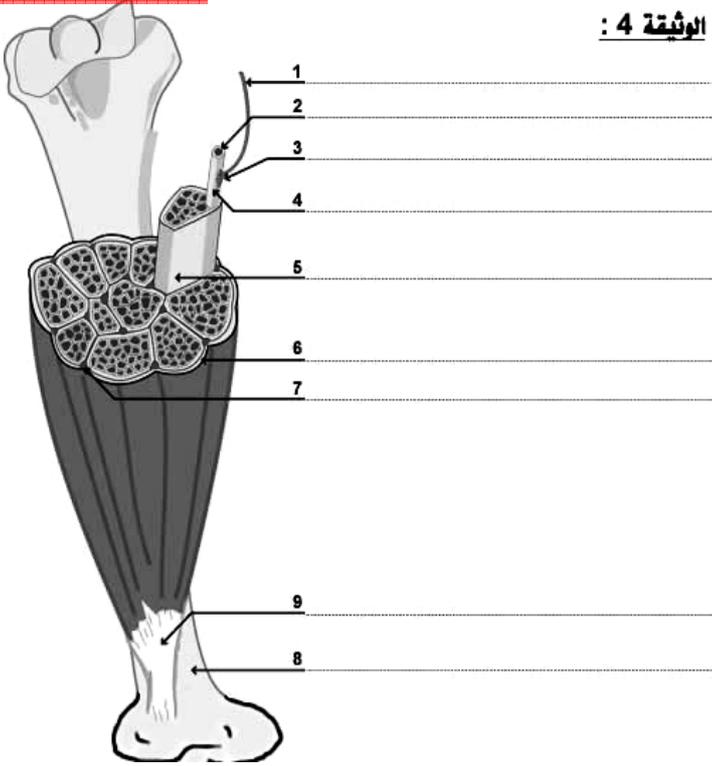
انطلاقاً من هذه المعطيات، نستنتج أن الطاقة اللازمة للنشاط العضلي، تأتي من تفاعل أكسدة الكليكوز، الناتج عن حلمأة الغليكوجين.

## III - بنية وفوق بنية النسيج العضلي.

### ① بنية العضلة الهيكلية المخططة:

أ - ملاحظات بالعين المجردة: أنظر الوثيقة 4، لوحة 7:

اللوحة 7

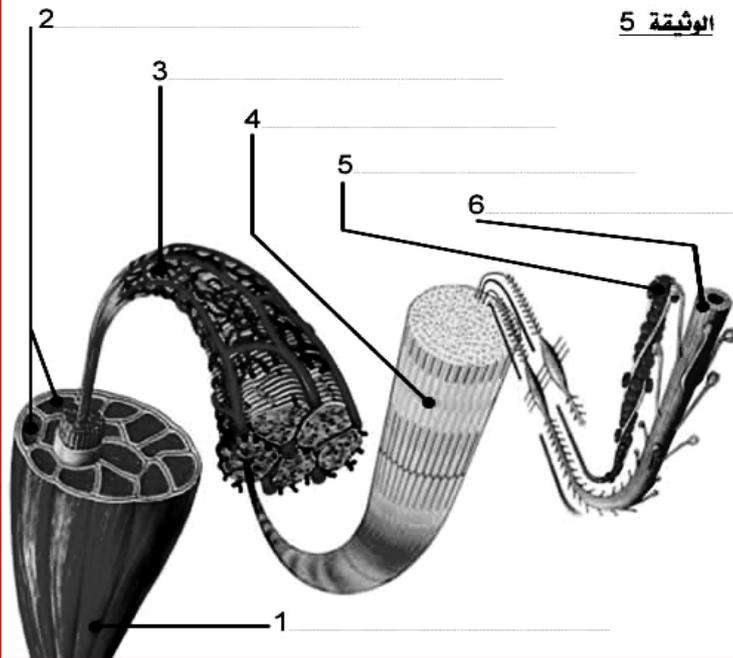


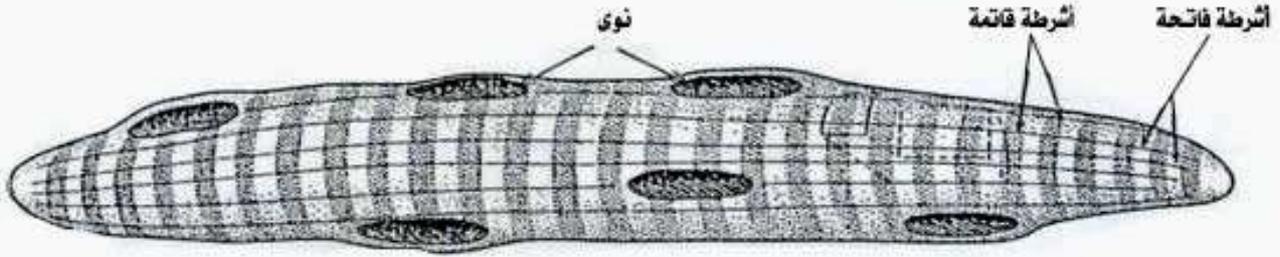
تكون العضلات مثبتة على العظام، وتظهر جزأين: جزء أحمر مرن، يسمى بطن العضلة، وهو أحمر بوجود بروتين خاص يسمى الخضاب العضلي (Myoglobine)، وجزء أبيض لؤلئي (nacré)، يوجد في نهايتي العضلة، ويسمى وتر عضلي (Tendon). تبين ملاحظة المقطع العرضي للعضلة أنها تتكون من كتل مفصولة عن بعضها بواسطة نسيج ضام، هي الحزم العضلية (Faisceau musculaire). يتبين من تأريب العضلة (Délacération) أنها ذات بنية ليفية.

### ب - ملاحظات مجهرية:

أنظر وثيقة 5، لوحة 7 ( أنظر الرسم أسفله )

تبرز الملاحظة المجهرية أن العضلة الهيكلية المخططة تتكون من عدد كبير من الألياف، كل ليف هو عبارة عن خلية مستطيلة مخططة (طولها ما بين 0.1 مم وعدة سنتيمترات). وتحتوي على عدة مئات من النوى مرتبة على المحيط، نتكلم عن مختلط خلوي. كل ليف عضلي يكون محاطاً بغشاء سيتوبلازمي، يدعى ساركوليم، ويحتوي على سيتوبلازم يدعى ساركوبلازم. تظهر الخلية العضلية ( الليف العضلي ) مخططة طويلاً، لوجود لبيفات عضلية داخل الساركوبلازم. وتظهر هذه الخلية مخططة عرضياً، لكون اللبيفات العضلية تتكون من تناوب أشرطة قاتمة وأشرطة فاتحة.





خلية عضلية = ليف عضلي

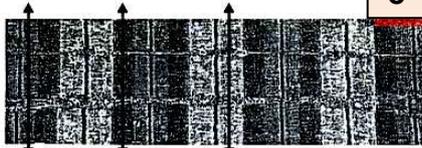
## ① فوق بنية الليف العضلي:

أ - الملاحظات بالمجهر الالكتروني:

☒ انطلاقاً من معطيات الوثيقة 1، 2، 3، 4، لوحة 8، صف بنية المقاطع المستعرضة للييفات العضلية، ثم بين أن الساركومير يعتبر الوحدة البنوية للليف العضلي.

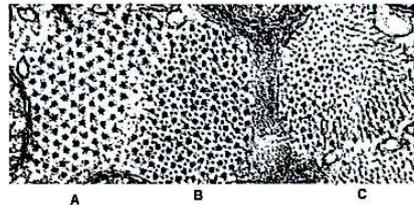
### اللوحة 8

مقطع طولي  
للييفات عضلية  
X15000



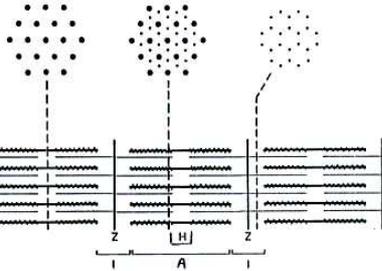
مقاطع على مستوى : A B C

مقطع عرض  
للييفات عضلية  
X100000



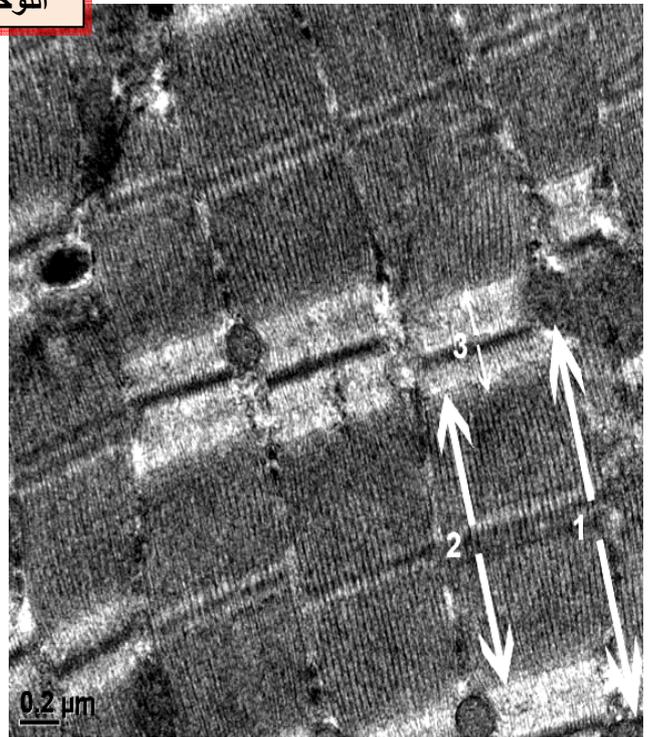
A B C

تفسير المقاطع  
العرضية



تفسير بنية الساركومير  
انطلاقاً من مقطع طولي

**الوثيقة 2:** نقوم بمقاطع مستعرضة للييف عضلي على مستويات مختلفة : A , B , C.



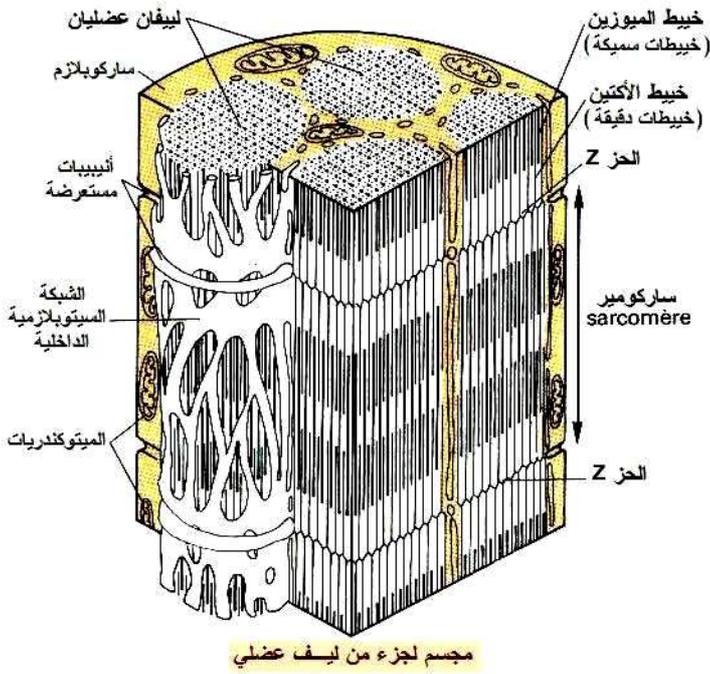
**الوثيقة 1:** ملاحظة بالمجهر الالكتروني لنسيج عضلي.

☑ تبين هذه الملاحظة أن اللييفات العضلية تتكون من تتابوع نوعين من الأشرطة:

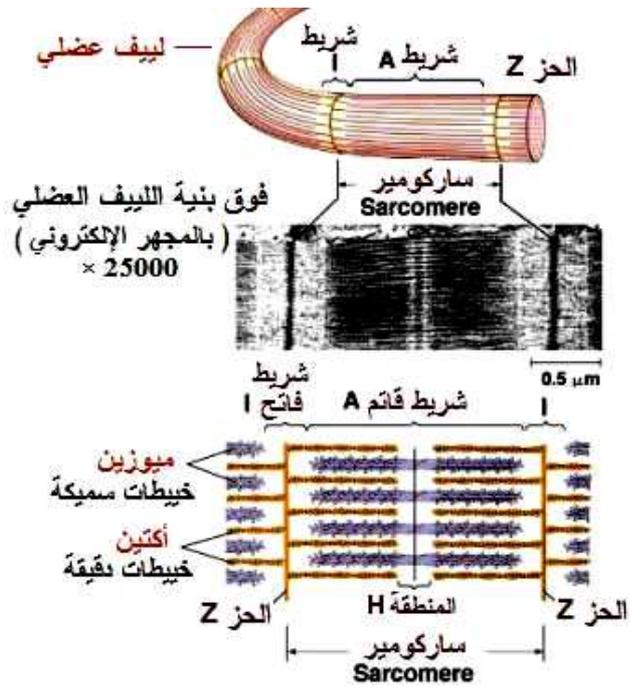
- أشرطة فاتحة (Isotropique=I) تتكون من خييطات دقيقة من بروتين يسمى الأكتين (Actine) ، ويتوسطها الحز Z. (Strie Z) (de l'allemand *zwischen*, signifiant "entre")
- أشرطة قاتمة (Anisotropique=A)، تتكون من خييطات الأكتين، وخييطات سميكة من بروتين يسمى الميوزين (Myosine)، وتتوسطها المنطقة H (de l'allemand *heller*, plus pâle) التي تحتوي على خييطات الميوزين فقط.

## اللوحة 8

## الوثيقة 4 :



## الوثيقة 3 :



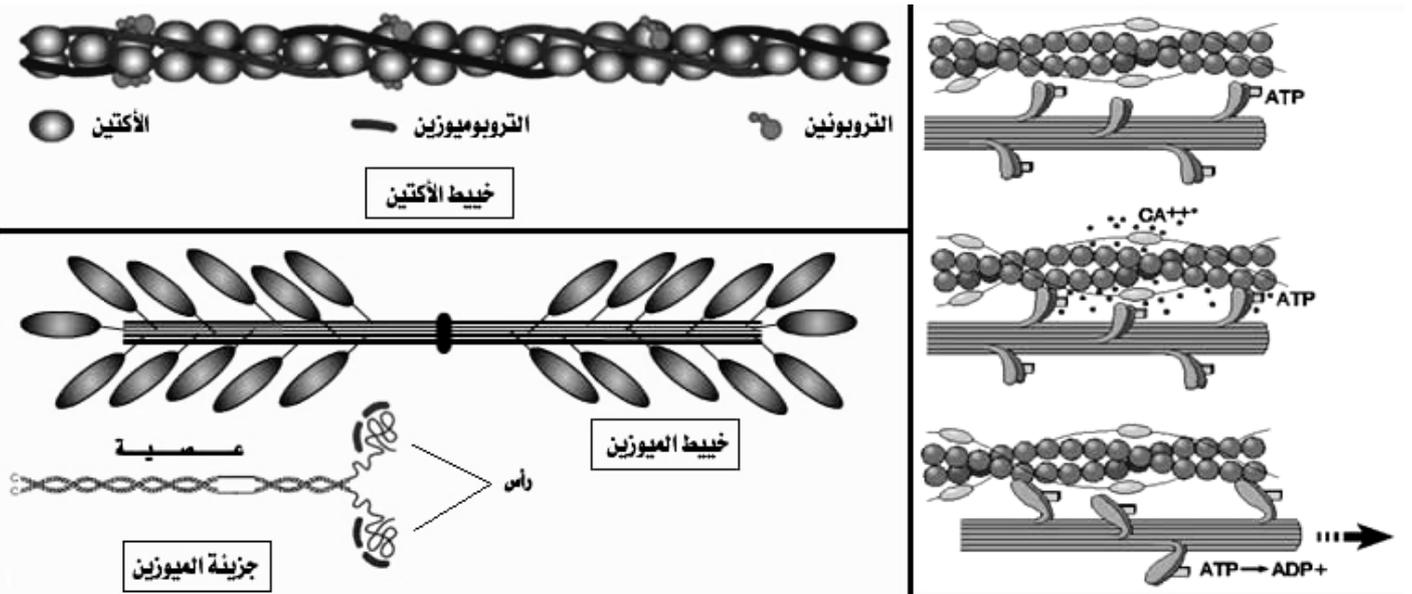
يتكون كل ليف عضلي من وحدات متتالية تسمى الساركوميرات (Sarcomère)، توجد بين حزي Z. ويعتبر الساركومير الوحدة البنوية للليف العضلي.

يحتوي الساركومير على عدد كبير من الميتوكوندريات، وكمية هامة من الغليكوجين، كما يحتوي على شبكة ساركوبلازمية وافرة، تحتوي على كمية كبيرة من الكالسيوم.

ب - البنية الجزيئية للخييطات العضلية: أنظر الوثيقة 1 لوحة 9.

## اللوحة 9

## الوثيقة 1 :



يتكون كل خييط دقيق، أو خييط الأكتين من بروتين يدعى الأكتين، وهو الطاعي، بالإضافة إلى بروتينين آخرين هما التروبونين والتروبوميوزين.

يتكون الخييط السميك أو خييط الميوزين، من حزمة من جزيئات بروتين الميوزين، وكل جزيئة ميوزين تتكون من رأسين كرويين وعصية.

#### IV – آلية التقلص العضلي.

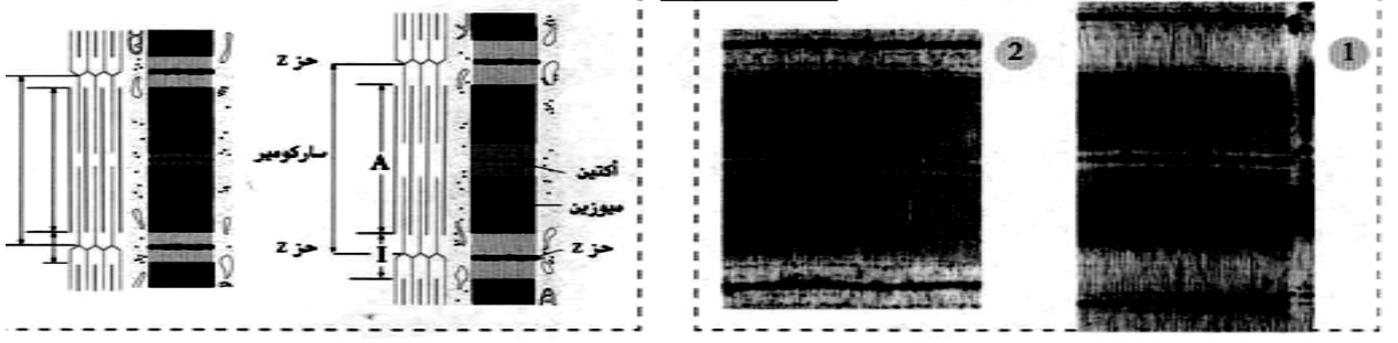
① ماذا يحدث أثناء التقلص العضلي؟

أ – ملاحظات مجهرية:

☒ تم تجميد عضلة في حالة راحة، وعضلة متقلصة. بعد ذلك تم انجاز مقاطع على مستوى العضلتين، لتتم ملاحظتهما بالمجهر الالكتروني. تمثل الوثيقة 5 لوحة 8، نتيجة هذه الملاحظة.

#### اللوحة 8

#### الوثيقة 5 :



حدد التغيرات الملاحظة على الليف المتقلص، ثم فسر هذه التغيرات.

☑ نلاحظ أن تقلص العضلة يصاحبه :

- تقصير على مستوى الساركوميرات ( تقارب حزبي Z ).
- ينقص طول الشريط الفاتح I، والمنطقة H.
- يبقى طول الشريط القاتم A ثابت.

#### ب – تفسير واستنتاج:

بما أن طول الأشرطة القاتمة يبقى ثابت، نستنتج أن التقصير الملاحظ في الساركومير ليس ناتجا عن تقصير في الخييطات العضلية، بل عن انزلاق هذه الخييطات بعضها بالنسبة لبعض، في اتجاه مركز الساركومير ( انزلاق الأكتين على الميوزين )، فينتج عن ذلك اقتراب حزبي Z واختزال المنطقة H. نتكلم عن آلية انزلاق الخييطات. Glissement des filaments.

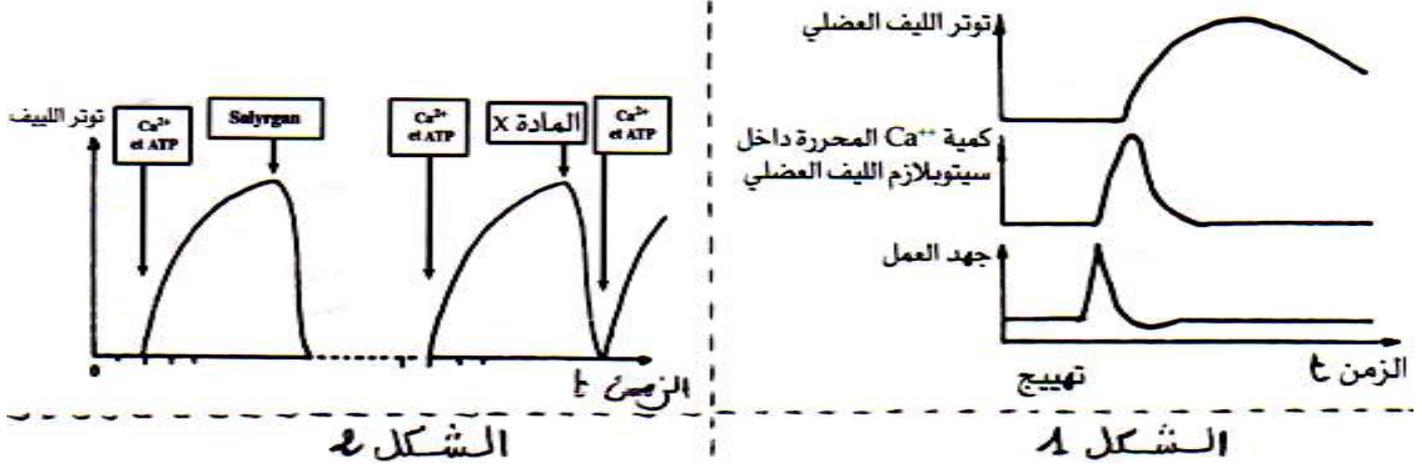
#### ② آلية انزلاق الخييطات ؟

أ – معطيات تجريبية:

انطلاقا من معطيات الوثيقة 2، لوحة 9، استنتج دور كل من ATP و  $Ca^{++}$  في حدوث التقلص العضلي.

لقد بينت دراسات أخرى أن هناك تالف بين رؤوس الميوزين والأكتين، وبوجود ايونات الكالسيوم، ترتبط رؤوس الميوزين بالأكتين فيتشكل مركب الأكتوميوزين الذي يكون بنيات خاصة تسمى القناطر المستعرضة (Ponts transversals) ( الوثيقة 1، لوحة 9 ). بالاعتماد على المعطيات السابقة ومعطيات الوثيقة 1، لوحة 9، بين العلاقة بين ايونات الكالسيوم ونشوء القناطر المستعرضة.

**الوثيقة 2:** يعطي مبيان الشكل 1، نتائج قياس كل من كمية  $Ca^{2+}$  داخل ساركوبلازم الخلية العضلية وتوترها بعد تهيجها. يعطي مبيان الشكل 2، نتائج تأثير وجود أو عدم وجود ATP و  $Ca^{2+}$  ، على توتر الليف العضلي. المادة X هي مادة كيميائية ترتبط بالكالسيوم وتمنع فعله. المادة Salyrgan، هي مادة كابحة لحمأة ATP.



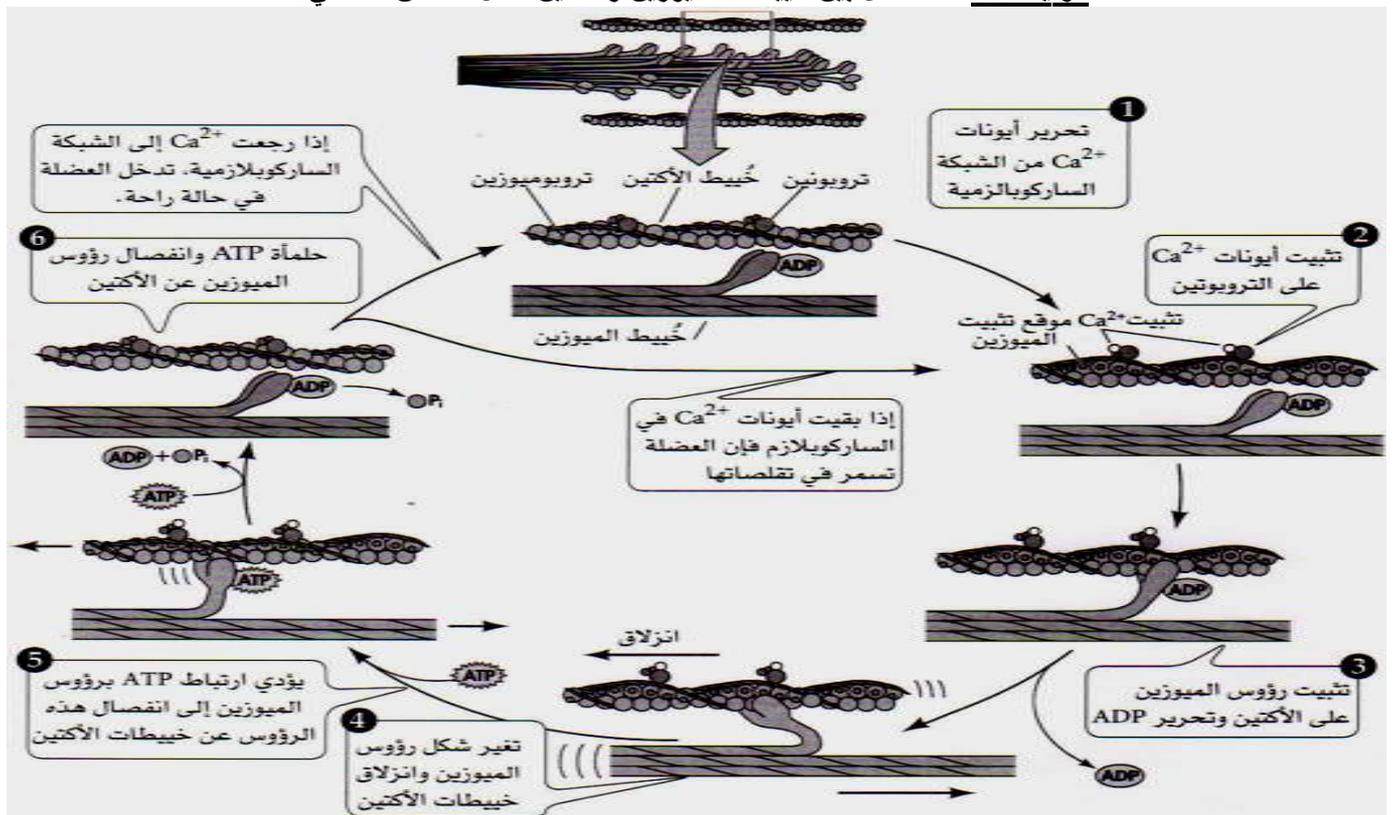
### اللوحة 9

### ب - تحليل واستنتاج:

- الشكل 1 : بعد تهيج العضلة مباشرة، نلاحظ ارتفاع تركيز الكالسيوم داخل سيتوبلازم الخلية العضلية، متبوعا بارتفاع توتر الليف العضلي.
- الشكل 2 : نلاحظ أن الليفيات العضلية تتقلص بسرعة عند وجود ATP، وعندما نمنع لحمأة ATP بفعل Salyrgan، يختفي توتر الليف. أما عندما نمنع فعل  $Ca^{++}$ ، يختفي توتر الليف، رغم وجود ATP. نستنتج من هذه المعطيات أن توتر الليف العضلي يستلزم وجود ATP و  $Ca^{++}$ . هذا الأخير يعمل على تحرير مواقع الارتباط بين الميوزين والأكتين، لتتكون قناطر مستعرضة.

### ج - خلاصة : آلية التقلص العضلي. أنظر الوثيقة 1، لوحة 9، الوثيقة 1، لوحة 10.

#### الوثيقة 1 : التفاعل بين خييطات الميوزين والأكتين خلال التقلص العضلي.



- يتطلب التقلص العضلي وجود ATP، وايونات الكالسيوم، ويتم كما يلي:
- عند تنبيه الليف العضلي، تحرر الشبكة الساركوبلازمية ايونات الكالسيوم.
  - بحضور  $Ca^{++}$ ، يتم تحرير مواقع ارتباط رؤوس الميوزين على الأكتين، والتي كانت محجوبة ببروتينات التروبوميوزين، فتتكون بذلك قناطر الأكتوميوزين.
  - تلعب مركبات الأكتوميوزين دور أنزيم محفز لحلمأة ATP، وتحرير طاقة تؤدي إلى دوران رؤوس الميوزين في اتجاه مركز الساركومير، وهذا ما يؤدي إلى تقلصه.
  - عند انتهاء التنبيه، يضخ  $Ca^{++}$  داخل الشبكة الساركوبلازمية، فترتبط جزيئة أخرى ل ATP برؤوس الميوزين، مما يؤدي إلى انفصال الأكتين عن الميوزين، وحدث الارتخاء.

## V - كيف يتم تجديد الطاقة اللازمة للتقلص العضلي ؟

### أ - معطيات تجريبية:

تعطي الوثيقة 2، لوحة 10، تغيرات بعض المكونات الكيميائية للعضلة، قبل وبعد التقلص. قارن معطيات جدول الوثيقة، واقترح تفسيراً لقيم ATP، قبل التقلص وبعده.

### اللوحة 10

الوثيقة 2: تغيرات بعض المكونات الكيميائية للعضلة قبل وبعد التقلص..

الاستنتاجات	نتائج المعايرة		المواد المعايرة	الملاحظات	التجارب
	قبل التقلص	بعد التقلص			
	1,21	1,62	كليكوجين	تقلص العضلة	إهاجة العضلة كهربائياً
	1,95	1,5	حمض لبني	لمدة 3 دقائق	
	2	2	ATP		
	1,5	1,5	فوسفوكرياتين		
	1,62	1,62	كليكوجين	تقلص العضلة	إهاجة عضلة بوجود الحمض
	1,5	1,5	حمض لبني	في نفس	الأبيودي الأستيك (مادة توقف
	2	2	ATP	ظروف التجربة	انحلال الكليكوز)
	0,4	1,5	فوسفوكرياتين	السابقة	
	1,62	1,62	كليكوجين	العضلة تتقلص	إهاجة عضلة بوجود الحمض
	1,5	1,5	حمض لبني	بصفة عادية	الأبيودي الأستيك ومادة
	0	2	ATP	ثم تتوقف	مانعة للفوسفوكرياتين كيناز
	1,5	1,5	فوسفوكرياتين		(أنزيم ضروري لانحلال
					الفوسفوكرياتين)

### ب - تحليل واستنتاج:

نلاحظ خلال التجربة الأولى أن نسبة الغليكوجين تنخفض، ونسبة الحمض اللبني ترتفع، بينما نسبة ATP، والفوسفوكرياتين، تبقى ثابتة.

يدل ثبات نسبة ATP في هذه التجربة، رغم استهلاكه خلال التقلص العضلي، على أنه يتجدد باستمرار. ويتم هذا التجديد بواسطة التخمر اللبني، حيث تمت حلمأة الكليكوجين إلى كليكوز، يخضع هذا الأخير للتخمر ليعطي حمض لبني + ATP.

خلال التجربة الثانية، انخفاض نسبة الفوسفوكرياتين فقط. تدل هذه النتائج على أن تجديد ATP في هذه الحالة يتم بواسطة الفوسفوكرياتين، وهي مادة غنية بالفوسفات، تجدد ATP، حسب التفاعل التالي:





## الفصل الثالث:

# دور المادة العضوية في بناء وتجديد المادة الحية

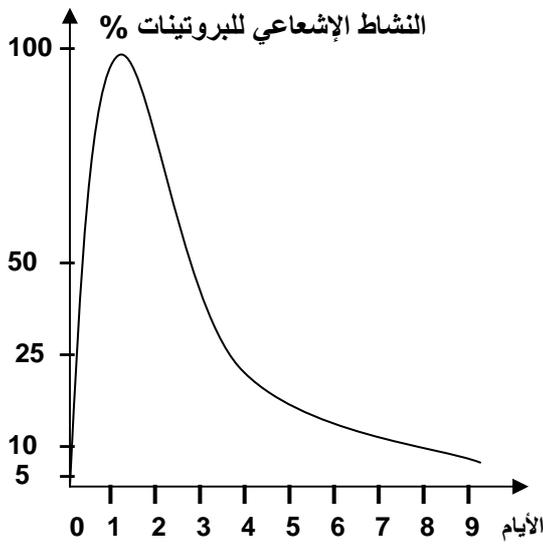
### تمهيد:

يتم استعمال جزء من المواد العضوية المستهلكة، للحصول على الطاقة اللازمة للنشاط الخلوي، بينما يتم استعمال جزء آخر في بناء وتجديد المادة الحية. فكيف يتم توظيف المادة العضوية في بناء وتجديد المادة الحية؟

## أ - الكشف عن تجديد المادة الحية.

أ - معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 1، لوحة 11.

اللوحة 11



### الوثيقة 1:

- 1) يتكون جسم الإنسان البالغ مما يقارب 100 ألف مليار خلية، ويزن حوالي 80 مليار مرة أكثر من البيضة التي تعتبر أصله.
- 2) تتجدد الأمعاء الدقيقة كل أربعة أيام تقريبا، كما يتجدد الجلد كل 25 يوما.
- 3) مكن التحليل الكيميائي للمادة الحية من الحصول على النتائج المدونة في الجدول التالي:

النسبة من الكتلة الحية	المركبات
70 %	الماء
23 %	البروتينات
4 %	السكريات
2 %	الدهون
1 %	أملاح معدنية

- 4) تناولت مجموعة من الفئران وجبة غذائية تحتوي على أحماض أمينية موسومة بالكربون المشع ( $^{14}\text{C}$ ). وتم قياس النشاط الإشعاعي لبروتينات الكبد عند هذه الفئران، فحصلنا على المبيان أمامه.
- 5) يعطي الجدول أمامه، مدة تجديد بعض الجزيئات، وذلك في مواقع مختلفة من جسم الإنسان والفأر.

الكائن الحي	العضو أو المكون	المادة العضوية	مدة التجديد بالأيام
الإنسان	الكبد	البروتينات	10
	العضلة	البروتينات	150
	البلازما	البروتينات الكولسترول	4 إلى 8 8
الفأر	الكبد	البروتينات	5 إلى 14
	العضلة	الغليكوجين	1.5
		البروتينات	21

## ب - تحليل واستنتاج:

**A.** ينمو الجسم عن طريق التكاثر، والذي يتطلب تركيب المادة الحية تتجدد المادة الحية باستمرار، بحيث تموت في كل لحظة خلايا متعددة، فتعوض بأخرى جديدة. تتكون المادة الحية من مواد مختلفة، تمثل منها المادة العضوية 29 %، وتعتبر البروتينات المادة العضوية الأكثر تواجدا في المادة الحية.

**B.** أدى تناول الوجبة المحتوية على الأحماض الأمينية المشعة، إلى ارتفاع في النشاط الإشعاعي لبروتينات الكبد، إلى أن وصلت قيمتها القصوى، ثم تراجعت تدريجيا إلى أن تنعدم.

إن ارتفاع النشاط الإشعاعي لبروتينات الكبد، ناتج عن تجديد بروتينات الكبد العادية، بأخرى مشعة.

إن انخفاض النشاط الإشعاعي لبروتينات الكبد، ناتج عن تجديد بروتينات الكبد المشعة بأخرى عادية.

**C.** نستخلص من هذه المعطيات أن الجزيئات العضوية، وخاصة البروتينات، تدخل في تركيب المادة الحية، وتجدد باستمرار.

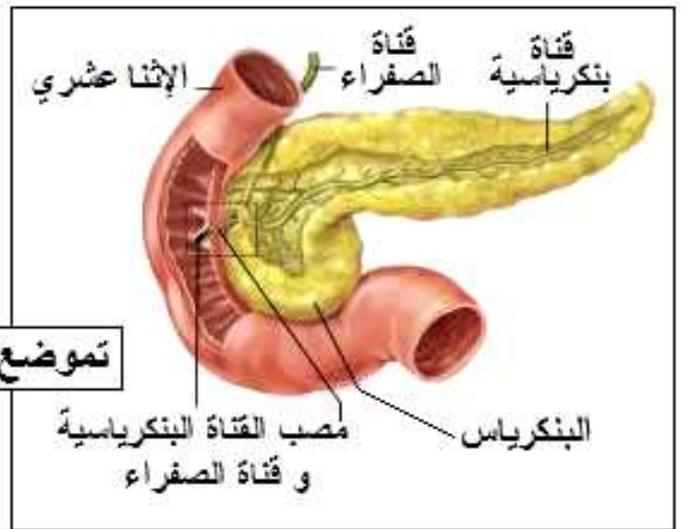
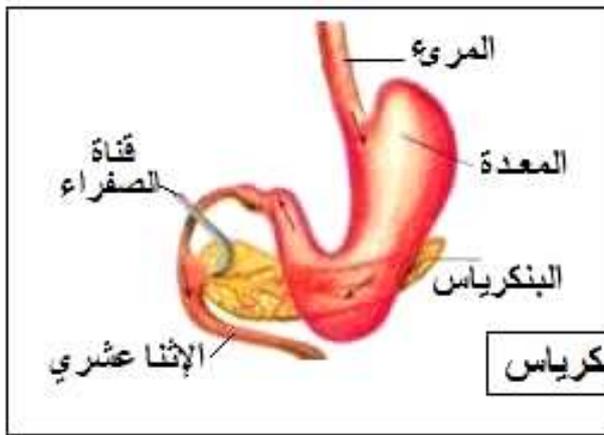
**D.** تبين المعطيات على الجدول، أن جميع المواد العضوية تتجدد، إلا أن مدة تجديدها تختلف من مادة عضوية إلى أخرى، ومن عضو لآخر، ومن كائن حي لآخر.

## II – تركيب البروتينات الأنزيمية للبنكرياس.

أ – بنية البنكرياس: أنظر الوثيقة 2، لوحة 11.

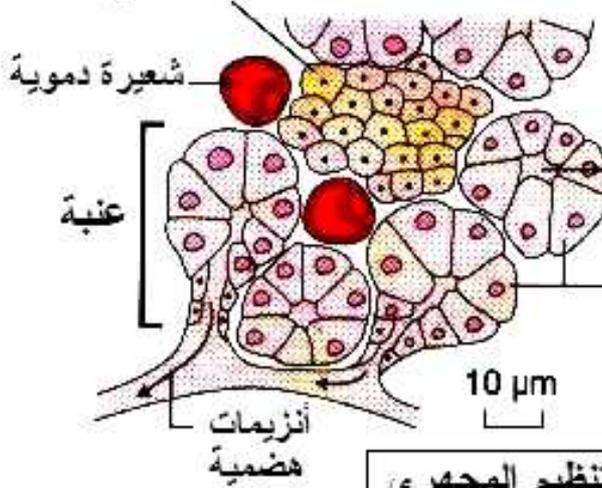
اللوحة 11

الوثيقة 2:



تموضع البنكرياس

خلايا جزيرة  
Langerhans



ر.ت. للتنظيم المجهرى

البنكرياس غدة مختلطة لأنها تفرز الهرمونات ( الأنسولين و الكليكاكون ) بواسطة خلايا لانجرهانس ، و الأنزيمات الهضمية بواسطة الخلايا الإفرازية للعنبات .

- البنكرياس غدة تقع خلف المعدة، وتتكون من مجموعتين من الخلايا:
- خلايا مفرزة للأنزيمات الهضمية، تنتظم على شكل بنيات تسمى عنبات (Les acinis).
- خلايا مفرزة لهرمونات، تظهر على شكل جزيرات، تسمى جزيرات لانجرهانس (Les îlots de langerhans)

البنكرياس غدة خارجية الإفراز = غدة صماء، وغدة داخلية الإفراز، لذلك تعتبر البنكرياس غدة مختلطة.

## ب - تتبع تدفق المادة عبر البنيات الخلوية:

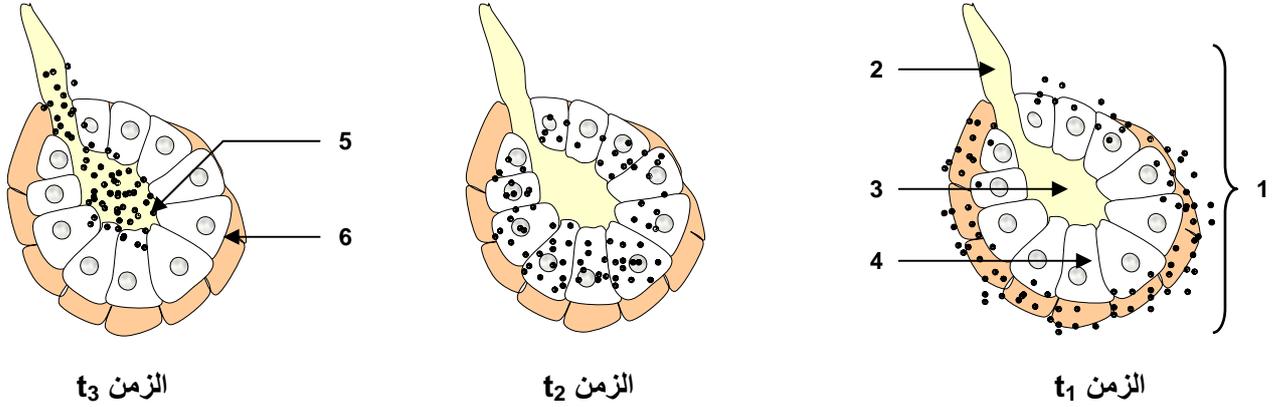
### a - معطيات تجريبية:

لإبراز دور العنبات في تدفق المادة، نقوم بالتجارب المبينة على الوثيقة 1، لوحة 12.

#### اللوحة 12

**الوثيقة 1** بعد حقن حيوان بكمية من حمض أميني مشع من نوع اللوسين، تم تتبع مسير الجزيئة المشعة عبر الخلايا الإفرازية لعنبة بنكرياسية. تمثل الأشكال أسفله النتائج المحصل عليها.

- 1 أعط الأسماء المناسبة لكل رقم.
- 2 حدد مسار الإشعاع في خلايا العنبة الإفرازية.
- 3 علما أن اللوسين يدخل في تركيب البروتينات، حدد الظاهرة التي عرفت فيها خلايا العنبة الإفرازية.



### b - تحليل واستنتاج:

1) الأسماء : أنظر الوثيقة

- 2) في الزمن  $t_1$ ، تنفذ المواد المشعة إلى سيتوبلازم الخلايا الإفرازية من جهتها القاعدية. في الزمن  $t_2$ ، تتواجد المواد المشعة وسط سيتوبلازم الخلايا الإفرازية. في الزمن  $t_3$ ، تتواجد المواد المشعة بالجهة العلوية للخلايا الإفرازية، وفي فتحة العنبة.

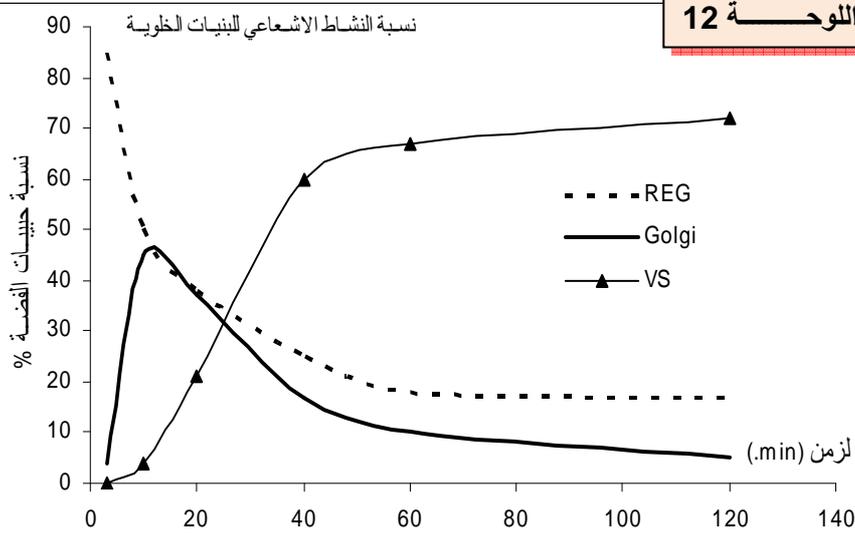
3) نلاحظ أن الإشعاع ينفذ للخلية من قاعدتها صوب قممها، تم طرح بعد ذلك في فتحة العنبة، نستنتج من هذا أن خلايا العنبة تستعمل الأحماض الأمينية التي تدخل عبر قاعدتها، لتركيب البروتينات الأنزيمية البنكرياسية.

## ج - الموقع الخلوي لتركيب البروتينات ومسارها الضمخوي:

### a - معطيات تجريبية:

لتحديد البنيات الخلوية المتدخلة في تركيب البروتينات، نقوم بالتجربة المبينة على الوثيقة 2، لوحة 12.

#### اللوحة 12



**الوثيقة 2:** توضع خلايا إفرازية في وسط يحتوي على أحماض أمينية مشعة لبضع دقائق، بعد ذلك يتم نقلها إلى وسط يحتوي على أحماض أمينية عادية، فننتبع تطور نسبة الإشعاع عبر البنيات الخلوية المختلفة، بدلالة الزمن. لنحصل على المبيان أمامه.

REG = الشبكة السيتوبلازمية الداخلية.

Golgi = جهاز غولجي.

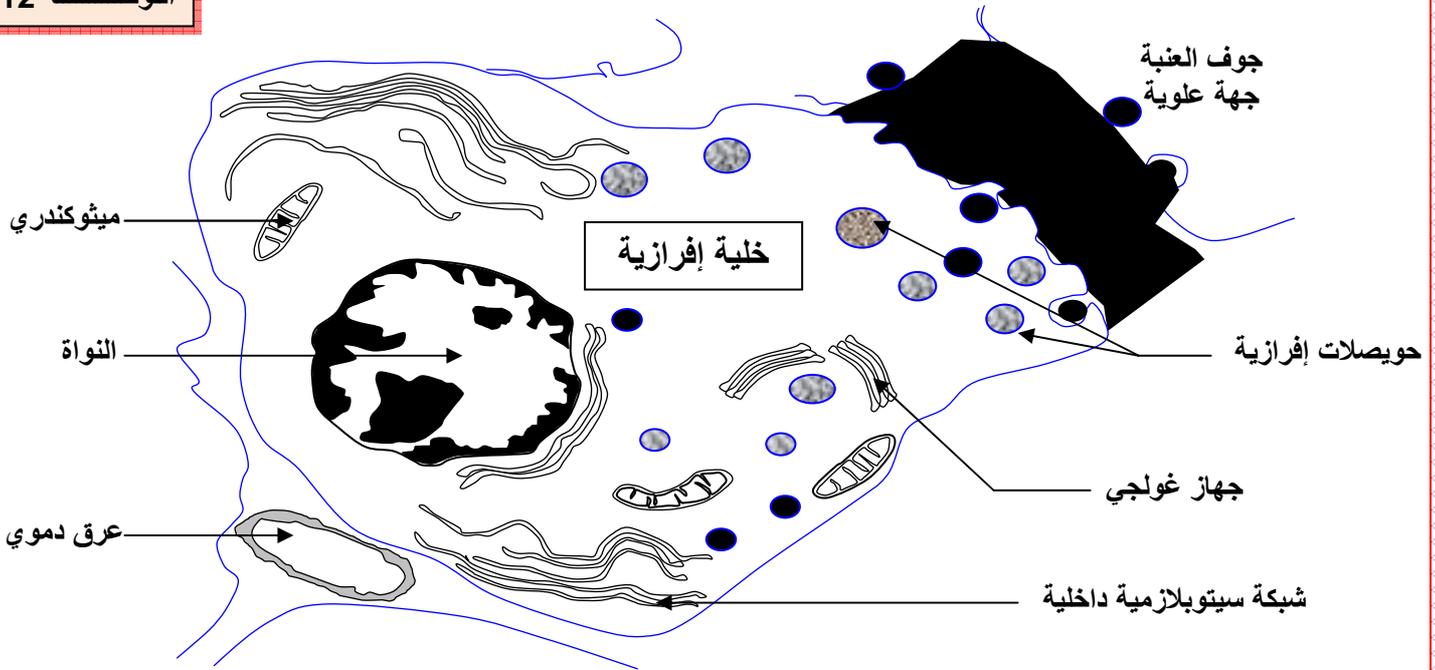
VS = حويصلات إفرازية.

- 1 صف نتائج التجربة.
- 2 فسر التغير الملاحظ في النشاط الإشعاعي للعضيات الخلوية.
- 3 بين على الوثيقة 3 مسير الجزيئات البروتينية المركبة.

## b - تحليل واستنتاج:

- (1) في بداية التجربة، يرتفع النشاط الإشعاعي في الشبكة السيتوبلازمية الداخلية المحيطة ( وجود جسيمات ريبية). مع مرور الزمن، ينخفض النشاط الإشعاعي في الشبكة السيتوبلازمية الداخلية، وبتزامن مع ذلك يرتفع الإشعاع في جهاز غولجي. ينخفض النشاط الإشعاعي في جهاز غولجي، ليرتفع في الحويصلات الإفرازية.
- (2) تطور النشاط الإشعاعي للعضيات الخلوية، يبين مسار البروتينات المركبة داخل الخلية. حيث تنتقل البروتينات المركبة من الشبكة السيتوبلازمية الداخلية المحيطة، إلى جهاز غولجي عبر الحويصلات الانتقالية، لتمر إلى فتحة العنبة عبر الحويصلات الإفرازية.
- (3) تنفذ الأحماض الأمينية إلى الخلية من جهتها القاعدية، وتدخل في تركيب البروتينات على مستوى الشبكة السيتوبلازمية الداخلية المحيطة، فتنتقل بعد ذلك إلى جهاز غولجي، قبل أن تنتقل عبر الحويصلات الإفرازية إلى خارج الخلية، بواسطة ظاهرة الإخراج الخلوي. أنظر الوثيقة 3، لوحة 12.

### اللوحة 12



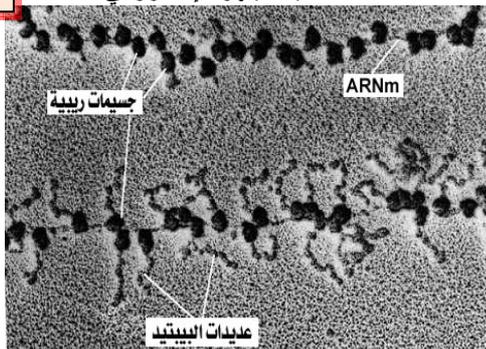
## III - فوق بنية العضيات المسؤولة عن تركيب البروتينات.

① فوق بنية العضيات الخلوية ودورها.

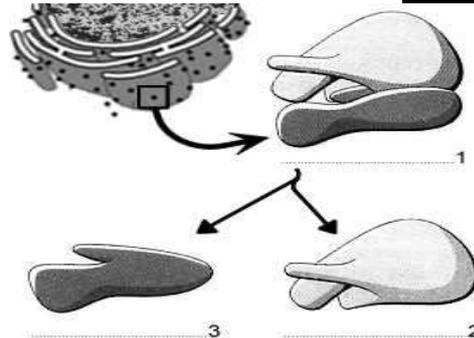
أ - الجسيمات الريبية = الريبوزومات: Les ribosomes، أنظر الوثيقة 1، لوحة 13.

### اللوحة 13

ملاحظة بالمجهر الإلكتروني



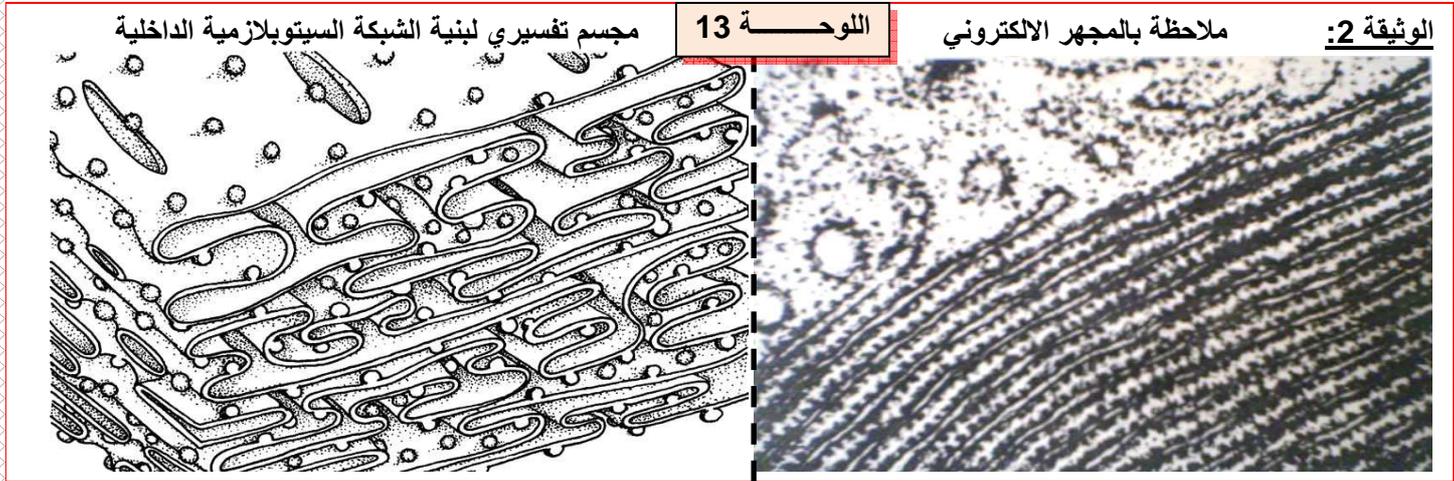
### الوثيقة 1



هي عبارة عن جسيمات صغيرة جدا، تكون إما حرة في السيتوبلازم أو ملتصقة على الوجه الخارجي للشبكة السيتوبلازمية الداخلية.

تتكون الجسيمات الريبية من بروتينات متعددة، ومن الحمض النووي الريبوزي (ARN) 80%، وهي وحدات تركيب البروتينات، إذ تقوم بتجميع الأحماض الأمينية على شكل سلسلة بيبتيديّة.

## ب - الشبكة السيتوبلازمية الداخلية. Réticulum endoplasmique أنظر الوثيقة 2، لوحة 13.

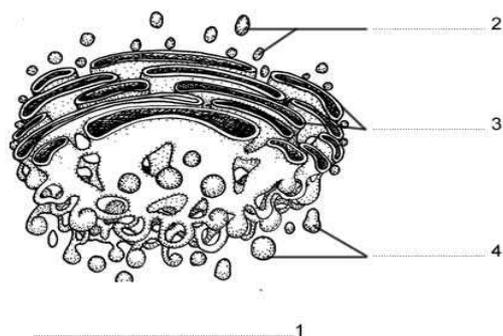
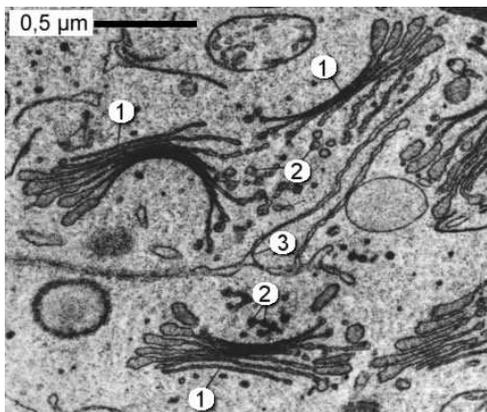


هي عبارة عن شبكة من القنوات على شكل كبيسات مسطحة، تتكون من تجويف داخلي يحيط به غشاء له نفس بنية الغشاء السيتوبلازمي، وتتصل فيما بينها، كما تتصل بغشاء النواة.

على مستوى تجويفات الشبكة السيتوبلازمية الداخلية يتم تكثيف وتركيز البروتينات، التي تم تركيبها على مستوى الجسيمات الريبية الملتصقة بها، لتتجمع مع جزيئات أخرى، مكونة بذلك أجساما بروتيدية معقدة، تتم تعبئتها في حويصلات انتقالية.

## اللوحة 13

## الوثيقة 3:



## ج - جهاز غولجي: Appareil de golgi

أنظر الوثيقة 3، لوحة 13. هو عبارة عن فجوات على شكل أكياس مسطحة، ومتراسة بعضها إلى بعض، كل كيبس يحتوي على تجويف وعلى غشاء له نفس بنية الغشاء السيتوبلازمي. ولكل كيبس واجهتان:

- واجهة التشكل: التي يتشكل على مستواها الكيبس، حيث تلتحم الحويصلات الانتقالية المتبرعمة عن الشبكة السيتوبلازمية الداخلية.

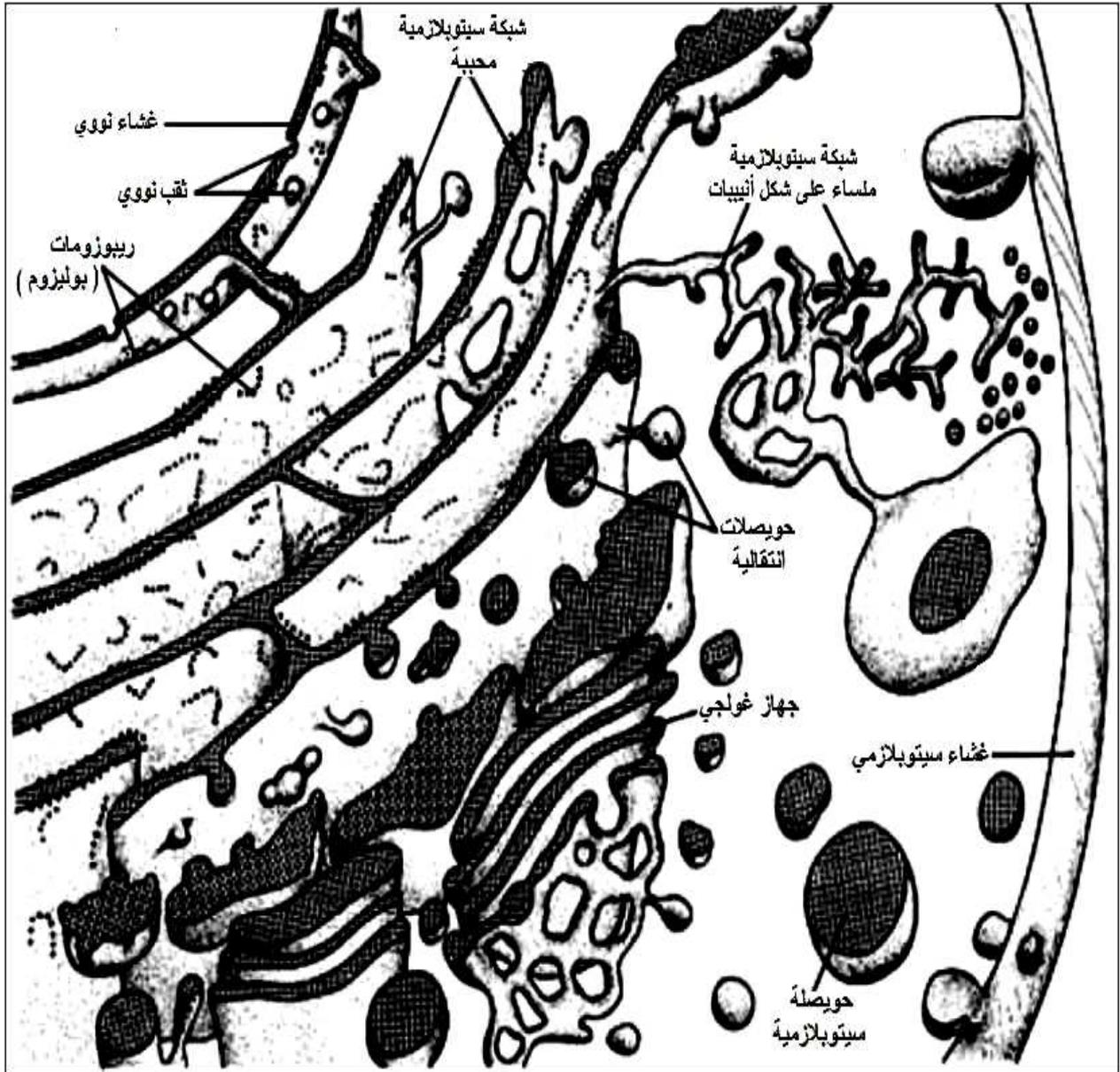
- واجهة النضج: التي يتجزأ على مستواها الكيبس، ليعطي حويصلات غولجية إفرازية، هذه الأخيرة يمكنها تخزين المواد أو طرحها خارج الخلية. يمثل جهاز غولجي موقع تكثيف البروتينات وعمليات السكر، كما يتدخل في إجراء التعديلات الكيميائية النهائية، وانتقاء البروتينات الموجهة لداخل الخلية، والموجهة إلى خارج الخلية.

## ② التجديد المستمر لمكونات الخلايا الحية.

✘ انطلاقاً من الوثيقة 4، لوحة 13، بين أهمية ظاهرة الإخراج الخلوي في تجديد الغشاء السيتوبلازمي، وأهمية التدفق الغشائي والإخراج الخلوي (Exocytose) في تجديد المادة الحية.

اللوحة 13

الوثيقة 4:



✓ نلاحظ أن غشاء الشبكة السيتوبلازمية الداخلية يعطي حويصلات انتقالية، تتجمع وتتحد لتكون الكبيسات الغولجية. وبما أن عدد كبيسات جهاز غولجي ثابت، وظاهرة التشكل تتم بصفة مستمرة، نستنتج أن الكبيسات القديمة، تعرف تجزء إلى حويصلات جديدة هي الحويصلات الإفرازية، التي تتوجه نحو الغشاء السيتوبلازمي لتلتحم معه، وتفرغ محتواها بواسطة ظاهرة الإخراج الخلوي. نتكلم إذن عن ظاهرة التدفق الغشائي داخل الخلايا الإفرازية، نتيجة التعضي الموحد للأغشية المشكلة لعضياتها. هذا التدفق هو المسؤول عن تجديد وإعادة بناء مكونات الخلايا الحية.

# الوحدة الثانية

## طبيعة الخبر الوراثي والية تعبيره – المهندسة الوراثية

### مدخل عام :

رغم تنوع الكائنات الحية، ورغم الفروق البيفردية والسلالية داخل كل جنس، يلاحظ دائما أن هناك وحدة على مستوى الآلية الوظيفية عند كل الأجسام الحية، كما أن مختلف البروتينات المكونة لمختلف البنيات، تتكون من تسلسل الأحماض الأمينية، وتختلف هذه البروتينات فيما بينها بعدد ونوع وترتيب الأحماض الأمينية، وأن الصفات الشكلية والفيزيولوجية والسلوكية، تنتقل عبر السلالات المتعاقبة، الشيء الذي يبين أن هناك خبر وراثي ينتقل من جيل إلى آخر. وقد سخر الانسان علم الوراثة، فيما يعرف بالهندسة الوراثية، لتعديل الصفات عند بعض الكائنات الحية.

- 1) أين يتموضع الخبر الوراثي ؟
- 2) كيف يتم نقل الخبر الوراثي من جيل لآخر؟
- 3) ماهي الطبيعة الكيميائية للخبر الوراثي؟
- 4) ما العلاقة بين الصفات الوراثية والخبر الوراثي؟
- 5) ما علاقة نوع وترتيب الأحماض الأمينية للبروتينات بطبيعة الخبر الوراثي؟
- 6) ما مبادئ الهندسة الوراثية وتقنياتها ؟ وما مجالات تطبيقها ؟

## الفصل الأول:

### مفهوم الخبر الوراثي

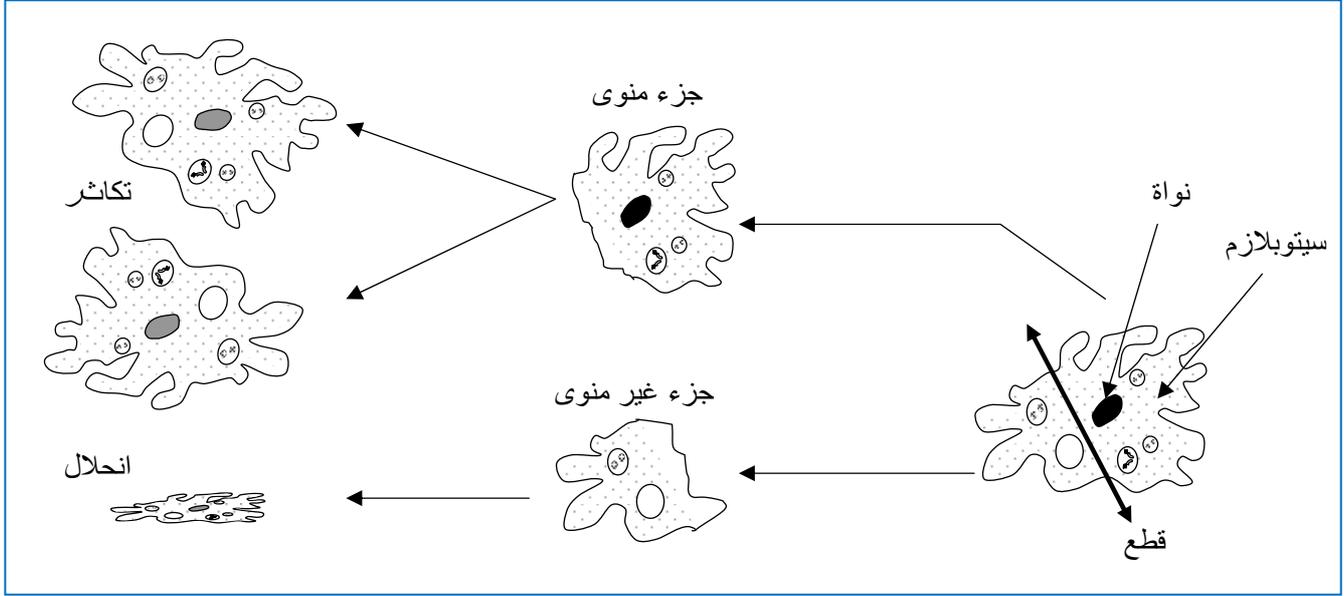
#### 1 - أين يتواجد الخبر الوراثي؟

##### ① الكشف عن تموضع الخبر الوراثي داخل الخلية

a - تجربة القطع عند الأميبة Amibe : أنظر الرسم.

✗ يبين الرسم التالي نتائج تجربة القطع عند الأميبة.

ماذا تستخلص من تحليل نتائج هذه التجربة؟



✓ نلاحظ أن الجزء الذي يحتوي على النواة يستمر في الحياة، ويتكاثر. نستنتج أن النواة ضرورية لحياة الخلية وتكاثرها.

#### b - تجارب القطع والتطعيم عند الأسيتابولاريا Acetabularia: أنظر نشاط 1، تجربة 1 لوحة 1.

##### اللوحة 1

##### نشاط 1 دور النواة في حياة الخلية

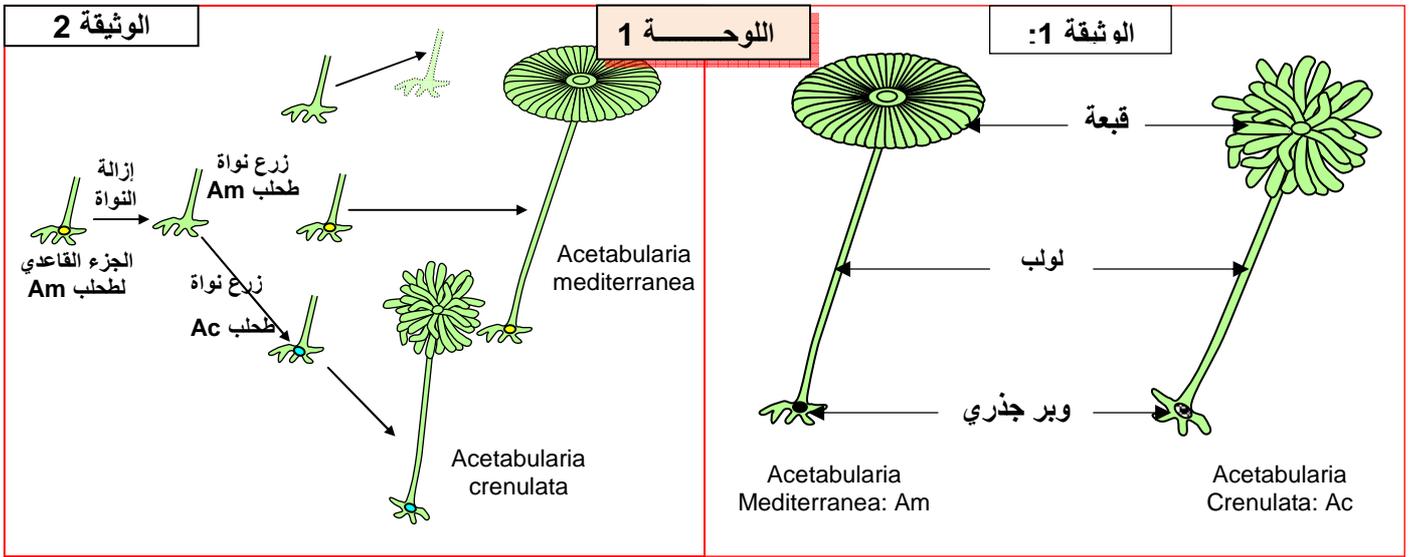
تعد الأسيتابولاريا Acetabularia من بين الطحالب الخضراء Les algues vertes البحرية الوحيدة الخلية. ويمثل شكلا الوثيقة 1 نوعين من هذا الطحلب. من أجل معرفة كيفية عمل المواد المسؤولة عن تحديد الشكل الخارجي (خاصة القبعة)، أنجزت مجموعة من التجارب

- التجربة 1 قام Hamerling ومساعدوه بتجربة القطع و التطعيم على النوعين المذكورين أعلاه من طحلب الأسيتابولاريا ، وتبين الوثيقة 2 ظروف ونتائج هذه التجربة.

1- حدد الهدف من هذه التجربة

2- ضع فرضية تفسر بواسطتها تشكل القبعة

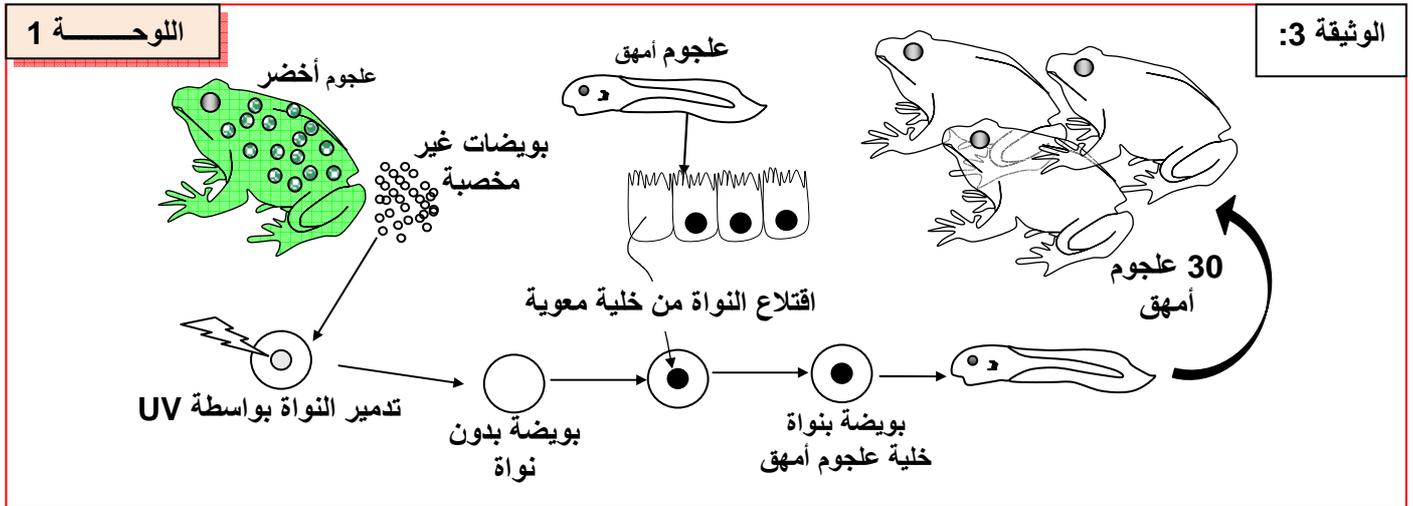
- التجربة 2 قصد تحديد تموضع الخبر الوراثي داخل الخلية، تم إنجاز التجارب المبينة على الوثيقة 3. انطلاقا من معطيات هذه التجربة، استنتج مكان تموضع الخبر الوراثي عند الكائنات المتعددة الخلايا.



1) الهدف من هذه التجربة هو تحديد دور النواة في حياة الخلية.

2) نلاحظ أن الوبر الجذري الذي يحتوي على النواة، وحده يستمر في العيش ويجدد خلية كاملة، بنفس صفات الخلية الأصل للنواة، أي أن شكل القبة مرتبط بنوع النواة. انطلاقاً من هذا يمكن افتراض أن النواة هي المسؤولة عن تشكل القبة، إذن هي الحاملة للخبر الوراثي.

c - تجربة الاستنساخ عند العلجوم (Crapaud) Xénopes : أنظر نشاط 1، تجربة 2 لوحة 1.



3) نلاحظ أن العلجوم الناتج عن الاستنساخ، له صفات العلجوم الذي أخذت منه النواة. إذن الصفات الوراثية محمولة على النواة. يعني أن الخبر الوراثي يتواجد بالنواة عند الكائنات المتعددة الخلايا.

## ② خلاصة:

يتبين من التجارب السابقة أن النواة ضرورية لحياة الخلية ولتوالدها، وأن هذه النواة هي التي تتحكم في التكوين الشكلي للخلية. إذن المادة الناقلة للصفات الوراثية توجد في النواة. أي أن الخبر الوراثي يتواجد على مستوى النواة.

## II - انتقال الخبر الوراثي عبر الانقسام الخلوي.

### ① الانقسام غير المباشر عند خلية نباتية.

ينمو الجسم وتتجدد خلاياه، عن طريق التكاثر الخلوي، الذي يتم عبر الانقسام الخلوي.

أثناء الانقسام الخلوي، تنقسم الخلايا الأم، لتعطي خلايا بنت مشابهة لها، ويسمى هذا الانقسام بالانقسام غير المباشر (Mitose).

## أ - ملاحظة خلايا نباتية في طور الانقسام غير المباشر. أنظر نشاط 2، لوحة 1.

الوثيقة 4



اللوحة 1

② نشاط 2 انتقال الخبر الوراثي عبر الانقسام الخلوي

يتم نمو المتعضيات وتجديد خلاياها بالتكاثر الخلوي ويحافظ هذا الشكل من التوالد على الهوية البيولوجية للخلية. فكيف تتدخل هذه الآلية في انتقال الخبر الوراثي؟

تعطي الوثيقة 4 صورة الكترولونوغرافية لملاحظة مجهرية لحافة جذر البصل.

1 - انطلاقا من تحليل هذه الوثيقة بين كيف يتم التكاثر الخلوي؟

تبين هذه الملاحظة أن الجدر يتكون من خلايا صغيرة ذات نوى مختلفة المظهر: بعضها كبير الحجم، وكروي الشكل، محاطة بغشاء نووي، وتضم شبكة كثيفة من الخييطات النووية تسمى الصبغين كما تحتوي على نويات، تعتبر هذه الخلايا في طور السكون، بعض الخلايا تلاشت بها النواة و عوضت بنويات على شكل خييطات تسمى الصبغيات Chromosomes، وتعتبر في حالة انقسام غير مباشر.

## ب - مراحل الانقسام غير المباشر. أنظر نشاط 2، اللوحة 2.

اللوحة 2

تعطي الوثيقة 5 صورة الكترولونوغرافية لبعض الخلايا في طور الانقسام.  
2 - أعط عنوانا لكل صورة (1، 2، ...، 9) بعد ترتيبها والتعليق عليها

تعطي الوثيقة 6 رسوما تخطيطية لملاحظات مجهرية لبعض الخلايا في طور الانقسام.  
3 - أعط الأسماء المناسبة لعناصر كل رسم ثم حدد اسم كل طور من أطوار الانقسام.

تبين الوثيقة 7 مظاهر الصبغيات خلال دورة خلوية.

4 - احسب عدد الصبغيات في كل طور، ماذا تستنتج؟

5 - ماذا تستنتج من هذه المعطيات؟

### a - الطور التمهيدي La prophase

تتميز هذه المرحلة في بدايتها بتكاثف الصبغين و انتظامه على شكل خييطات تسمى الصبغيات، كل صبغي مكون من وحدتين، نسمي كل واحد منهما صبيغي Chromatide، مرتبطين على مستوى الجزيء المركزي Centromère، في نهاية هذه المرحلة يتلاشى الغشاء النووي و النويات، وتظهر منطقة فاتحة في قطبي الخلية، هي عبارة عن كمات قطبية Calottes polaires، يظهر بينهما مغزل لالوني Fuseau achromatique.

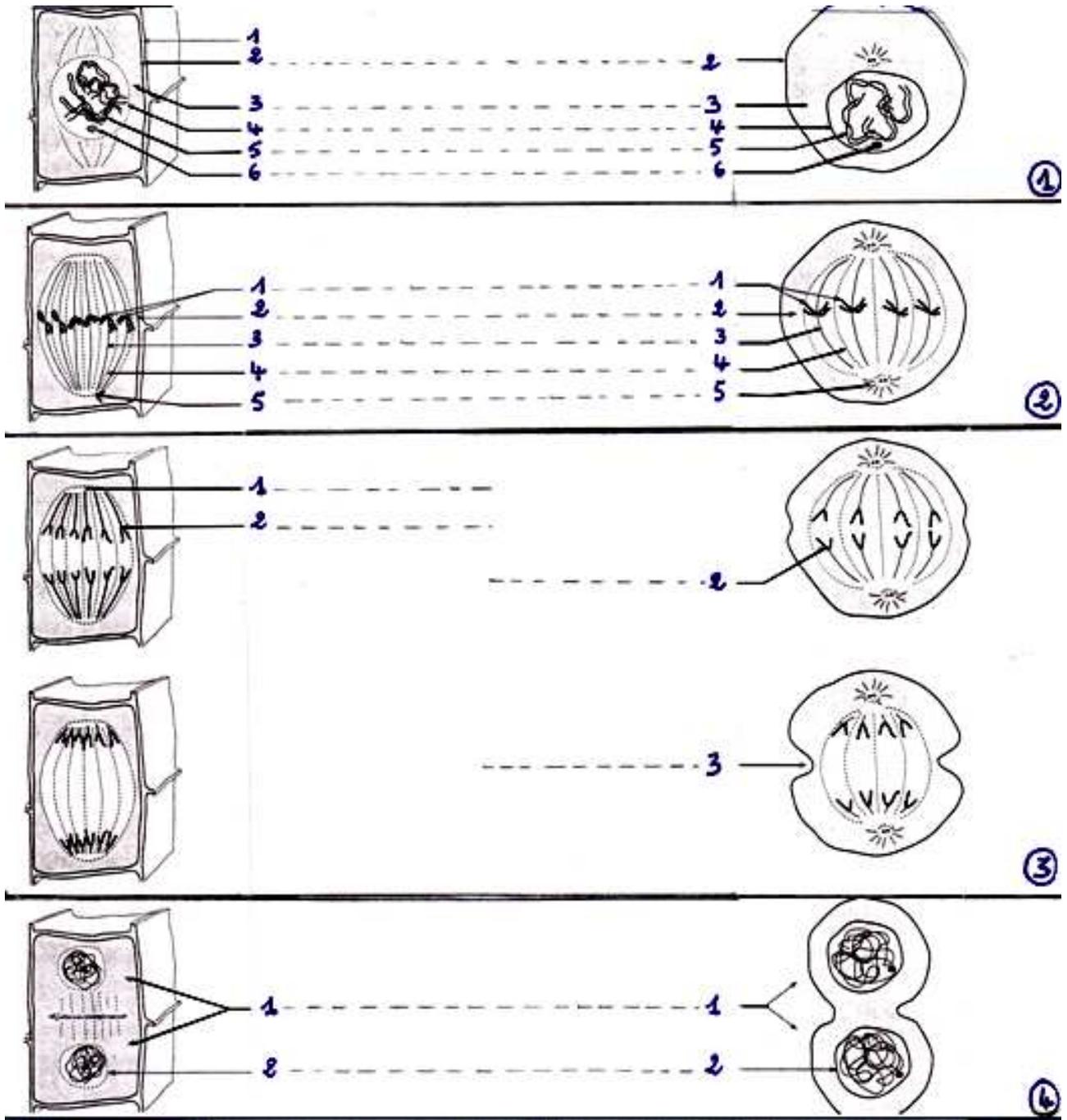
### b - الطور الاستوائي La métaphase

خلال هذه المرحلة تصبح الصبغيات أكثر وضوحا، و تتموضع على المستوى الاستوائي للخلية مكونة الصفيحة الاستوائية La plaque équatoriale، و يكتمل تشكل مغزل الانقسام.

### c - الطور الانفصالي L'anaphase

تتميز هذه المرحلة بانسطار الجزيء المركزي، ليعطي جزيئين مركزيين، يتصل كل منهما بصبيغي، ليتضاعف





## ② الانقسام غير المباشر عند خلية حيوانية.

من خلال ملاحظة مراحل الانقسام غير المباشر عند خلية، حيوانية يتبين أنه يشبه انقسام الخلية النباتية في خطوته العريضة، مع وجود اختلافين رئيسيين:

- تتوفر الخلية الحيوانية على عضي خاص يسمى الجسم المركزي Le centrosome، مكون من مريكزين Centrioles 2، يشكل كل واحد منهما نجمة قطبية Aster، يتكون بينهما المغزل اللالوني أثناء الانقسام الخلوي.
- خلال الطور النهائي، يتم انفصال الخليتين البنيتين، بواسطة حلقة قلوصة تظهر على مستوى استواء الخلية، تنقبض فتفصل الخلية إلى جزأين متساويين، وتسمى هذه الظاهرة بالاختناق الاستوائي L'étranglement équatorial.

### ③ مفهوم الدورة الخلوية. أنظر الوثيقة 7، لوحة 3.

اللوحة 3

الوثيقة 7:

	= G1
	= S
	= G2
	= P
	= M
	= A
	= T

يكون كل انقسام غير مباشر مسبقا بمرحلة سكون، تتميز بمضاعفة الصبغيات، ليصبح كل صبغي ناتج عن انقسام غير مباشر، مكونا من صبيغين متماثلين. ويمثل مجموع مرحلة الانقسام غير المباشر، ومرحلة السكون التي تسبقه، دورة خلوية. اذن تنتقل الدخيرة الوراثية من جيل إلى آخر دون تغيير، فنكلم النقل المطابق للخبر الوراثي.

### III - الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية.

#### ① الكشف عن الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية.

أ - تجربة Griffith (1928) أنظر نشاط 3، لوحة 4.

اللوحة 4

③ نشاط 3 التركيب الكيميائي للخبر الوراثي  
قصد تحديد طبيعة الخبر الوراثي أنجزت التجارب التالية:

① أبحاث Griffith (1928)  
في سنة 1928 قام العالم الإنجليزي Griffith بملاحظة المكورات الرئوية Les pneumocoques ، وهي بكتريا تسبب التهاب الرئة ، وتوجد على شكلين مختلفين:

- شكل يحتوي على محفظة (علبية) ويكون لمات ملساء، نرمرز لها بالحرف S (Smooth) . تتميز بكونها حادة ( ممرضة ).
- شكل بدون محفظة ويكون لمات حرسة ( خشنة )، نرمرز لها بالحرف R (rough) . وهو شكل غير حاد.

في محاولة منه لتحويل البكتريا S إلى بكتريا R غير معدية، قام هذا العالم بالتجارب الملخصة على الجدول التالي:

ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج أبحاث Griffith ؟

الوثيقة 7:

التجارب	الظروف التجريبية	النتائج المحصل عليها	ملاحظة مجهرية للدم
1	حقن فأر A1 بمكورات رئوية S حية	يموت الفأر	وجود مكورات S حية
2	حقن فأر A2 بمكورات رئوية R حية	يبقى الفأر حيا	وجود مكورات R حية
3	حقن فأر A3 بمكورات رئوية S ميتة	يبقى الفأر حيا	عدم وجود مكورات S حية
4	حقن فأر A4 بخليط يحتوي على مكورات S ميتة ومكورات R حية	يموت الفأر	وجود مكورات S حية

## ب - تحليل واستنتاج:

موت الفأر A1، ناتج عن حقنه بمكورات S حية، وهي بكتيريا حادة.  
لم يموت الفأر A2، وذلك لكونه حقن بمكورات R حية، وهي بكتيريا غير حادة.  
لم يموت الفأر A3، لكونه حقن بمكورات S ميتة، وهي بكتيريا غير حادة.  
موت الفأر A4، ناتج عن حقنه بمكورات S ميتة، و R حية، فظهرت عنده مكورات S حية.  
نستنتج من هذا التحليل، أن المكورات R الحية عند الفأر A4، تحولت إلى مكورات S حية، ولتفسير هذا التحول افترض Griffith أن المكورات S الميتة، حولت المكورات R الحية، إلى مكورات S حية، وذلك عن طريق مادة نقلتها إليها، سماها Griffith : العلة المحولة Principe transformant.

## ج - التحقق من فرضية Griffith:

a - تجربة Avery و مساعدوه: أنظر نشاط 3، لوحة 4.

### اللوحة 4

### أبحاث Mc Carthy , Mc Leod , Avery

لمعرفة العلة المحولة، أي تحديد العامل المسؤول عن تحول البكتيريا R غير الممرضة، إلى بكتيريا S ممرضة، قام هؤلاء الباحثون بإضافة أنزيمات خاصة لتفكيك بعض المكونات الكيميائية للبكتيريا، فكانت النتائج كالتالي:

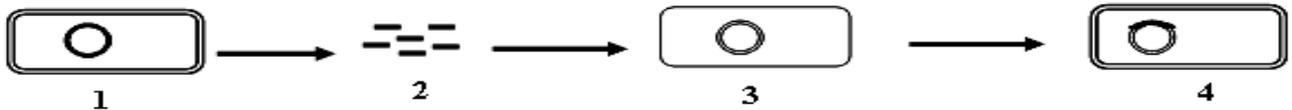
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محلل للبروتينات = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محلل للدهون = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محلل ل ARN = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محلل ل ADN = عدم تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- حقن ADN بكتيريا S لبكتيريا R حية ثم حقن هذه الأخيرة للفأر = موت الفأر وبيبين تحليل دمه وجود بكتيريا S حية.

ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج تجربة Avery ومساعدوه؟

## b - تحليل واستنتاج:

نلاحظ أن التحول البكتيري لا يحدث عند استعمال أنزيمات محلل ل ADN، (الحمض النووي الريبوزي ناقص الأوكسجين Acide désoxyribonucléique). كما أن حقن ADN البكتيريا S، لبكتيريا R، يحول هذه الأخيرة إلى بكتيريا S حية.  
نستنتج من هذه المعطيات أن العنصر المسؤول عن تحويل R حية إلى S حية، هو ADN، وبالتالي فالعلة المحولة هي جزيئة ADN.

## c - تفسير آلية التحول البكتيري: أنظر الرسم.



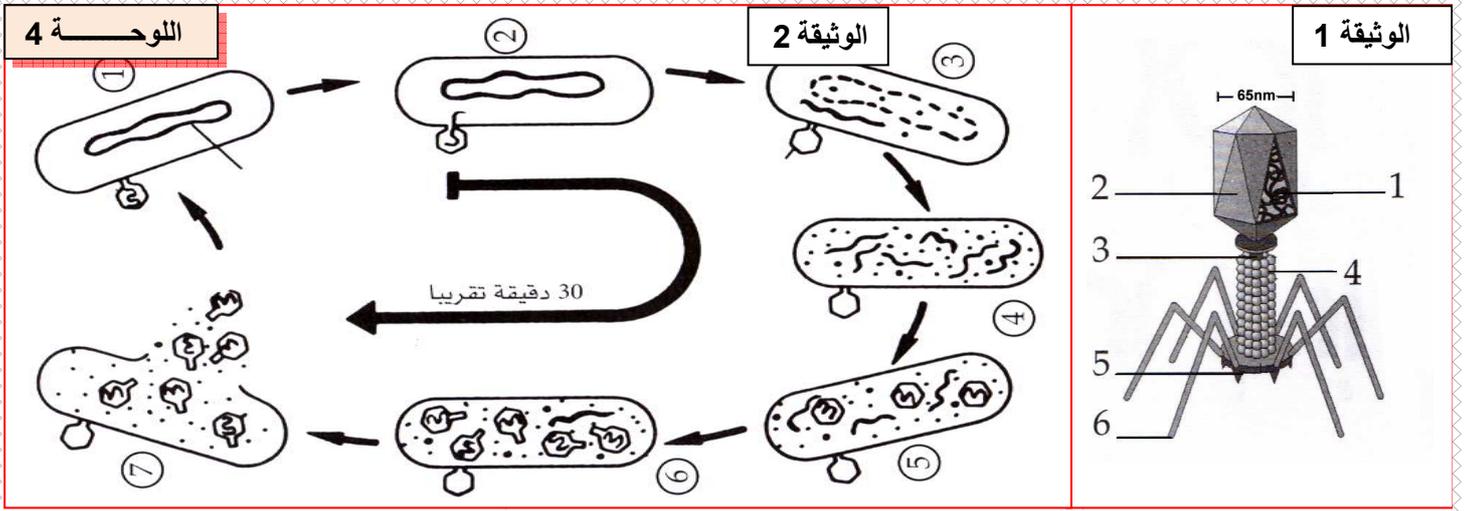
بعد موت المكورات S الحادة (1) يتجزأ ADN إلى أجزاء صغيرة (2) فيدمج جزء من ADN المكورات S، في ADN المكورات R الحية (3)، التي تصبح لها القدرة على تركيب المحفظة المسؤولة عن المرض، وبالتالي تصبح مكورات S حية. يعني هذا نقل صفة وراثية جديدة من S إلى R.

## d - دورة حياة العاتية Bactériophage : أنظر الوثيقة 2، 1، لوحة 4.

### اللوحة 4

### تكاثر الحمات (الفيروسات) Les virus

تعتبر الفيروسات نظاما حيا، لها شكل هندسي مكون من بروتينات يتوسطها حمض نووي ADN وأحيانا ARN كحالة الزكام و السيدا. ليس لها استقلال خاص بها بل تتكاثر على حساب خلايا أخرى. مثلا العاتية Bactériophage (أنظر الوثيقة 1) تتكاثر على حساب البكتيريا. ويتم ذلك على مراحل ( أنظر الوثيقة 2 ): ماذا يمكنك استنتاجه من هذه الوثائق لتفسير تكاثر العاتيات؟



تتكاثر العاتية على حساب البكتيريا، ويتم ذلك على مراحل هي:

- ✓ تثبيت العاتية على البكتيريا، وتسرب جزيئة ADN العاتية إلى سيتوبلازم البكتيريا.
- ✓ تضاعف ADN العاتية وتلاشي ADN البكتيريا.
- ✓ تجميع مكونات العاتية داخل البكتيريا، وتركيب عاتيات جديدة.
- ✓ انفجار البكتيريا وتحرير عاتيات جدد مشابهة للعاتية الأصلية.

يتبين من دورة حياة العاتية أن هذه الأخيرة تحقق فقط خبرها الوراثي، المتمثل في جزيئة ADN، ليتم تركيب عاتيات جديدة مشابهة للعاتية الأصلية. وبذلك يتأكد أن ADN يمثل الخبر الوراثي.

#### ه - خلاصة:

انطلاقا مما سبق يمكن استخلاص ما يلي:

المادة الوراثية الحاملة للخبر الوراثي هي عبارة عن جزيئة ADN، تتموضع في النواة و تنتقل عبر الصبغيات خلال الانقسام الخلوي.

#### ② الكشف عن مادة ADN.

لأجل ذلك تستعمل طريقة Feulgen، إذ تعتمد هذه التقنية على استعمال كاشف schiff الذي يكون عديم اللون ويتلون بالأحمر عند وجود ADN. تبرز نتائج تقنية Feulgen أن جزيئة ADN، مكون أساسي للصبغيات.

**ملحوظة:** نجد أيضا جزء من ADN على مستوى الميتوكوندري و البلاستيدة الخضراء لكنه يتحكم فقط في بعض خصائص هذه العضيات.

#### IV - التركيب الكيميائي لجزيئة ADN.

① المكونات الكيميائية لجزيئة ADN. أنظر نشاط 4، وثيقة 1، لوحة 5.

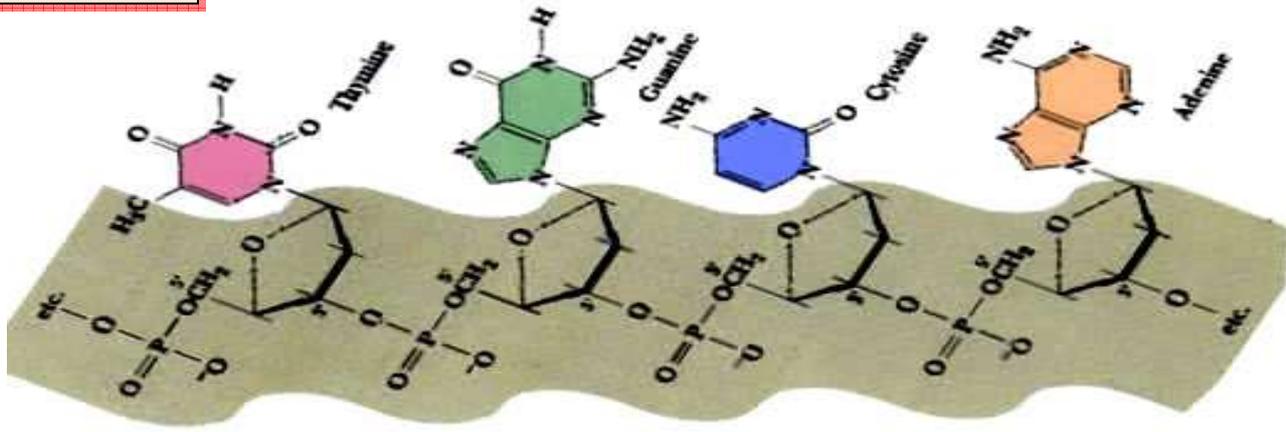
④ نشاط 4 الخصائص الكيميائية ل ADN و علاقته بالصبغين و الصبغيات

اللوحة 5

♥ الوثيقة 1 : تعتبر جزيئة ADN جزيئة كبيرة تتكون من ثلاثة أجزاء تتكرر في الفضاء :

- سكر الريبوز ناقص الأوكسجين Désoxyribose
- حمض فسفوري Acide phosphorique
- قاعدة ازوتية Base azotée وهي إما: الأدينين (A) Adénine ، الغوانين (G) Guanine ، التيمين (T) Thymine ، السيتوزين (C) Cytosine .

تكون هذه الأجزاء الثلاثة، الوحدة الأساسية ل ADN ونسُميها نيكليوتيد Nucléotide وبذلك نقول أن جزيئة ADN هي عبارة عن عديد النيكليوتيدات Polynucléotide. (أنظر الوثيقة 1 )



بينت حلماً جزيئات ADN، ذات مصادر مختلفة أنها تتكون من ثلاثة عناصر هي:

- حمض فوسفوري  $H_3PO_4$ .
  - سكر خماسي هو الريبوز ناقص أوكسجين،  $C_5H_{10}O_4$ .
  - قواعد ازوتية G، C، T، A.
- و يمثل النيكليوتيد الوحدة الأساسية لـ ADN و يتكون من: سكر ريبوزي ناقص أوكسجين + حمض فسفوري + قاعدة أزوتية A أو T أو C أو G، و بذلك يسمى ADN بعدد النيكليوتيدات.

## ② بنية جزيئة ADN.

### a - نتائج Chargaff:

قام Chargaff بتحديد نسب القواعد الأزوتية الأربع، G، C، T، A، في جزيئات ADN ذات مصادر مختلفة، فحصل على النتائج المبينة على الوثيقة 2، لوحة 5.

### اللوحة 5

♥ الوثيقة 2 : تعطي الوثيقة التالية نسبة القواعد الأزوتية في ADN عند بعض الأنواع من الكائنات :

نسبة القواعد الأزوتية			التركيب من القواعد الأزوتية ب mol %				الأجسام
A+G/C+T	G/C	A/T	T	C	G	A	
1.03	1.01	1.05	29.4	19.8	19.9	30.9	الإنسان
1.03	1.02	1.04	28.3	21.0	21.4	29.3	الخروف
0.97	0.95	0.98	29.3	21.5	20.5	28.8	الدجاج

عن ماذا تكشف نتائج هذه الدراسة؟

### b - تحليل واستنتاج:

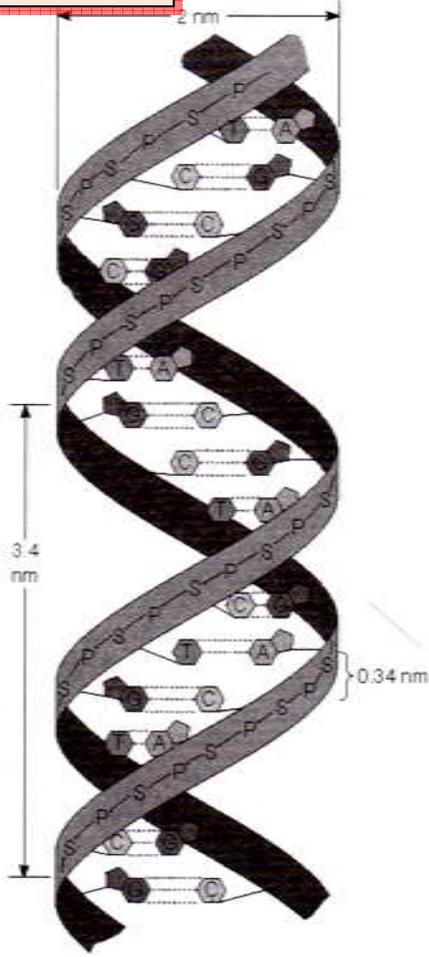
نلاحظ بالنسبة لجميع المتعضيات أن العلاقة  $A/T = G/C = 1$ ، كما أن  $A+G/T+C = 1$ ، وذلك لأن مقدار A يساوي مقدار T، ومقدار C يساوي مقدار G. نستنتج من هذا أن A ترتبط ب T، و C ترتبط ب G.

أنظر الوثيقة 3، لوحة 5.

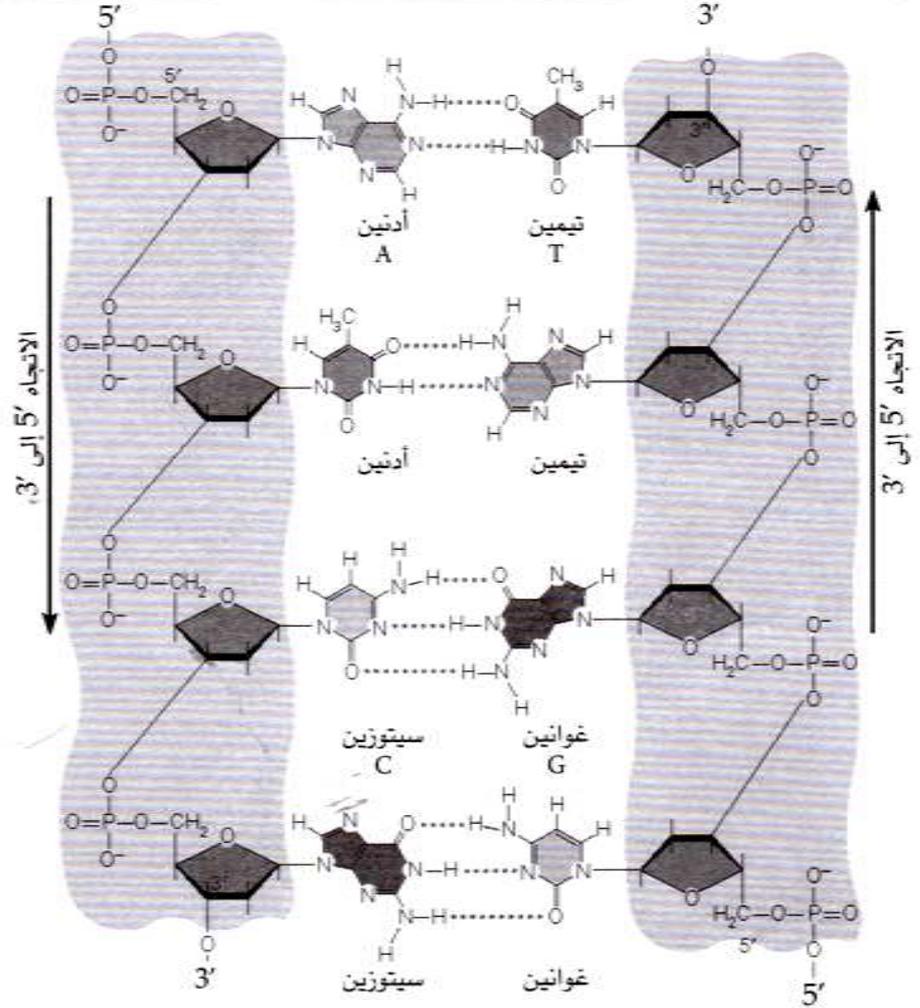
في سنة 1953 اقترح العالمان Crick و Watson، نموذجاً لجزيئة ADN، على أنها عبارة عن لولب مضاعف Double hélice. يتكون كل لولب من متتالية من النيكليوتيدات، والتي ترتبط فيما بينها عن طريق الحمض الفسفوري بواسطة الكربون 5' لسكر الريبوز ناقص أوكسجين للنيكليوتيد الأول و الكربون 3' لسكر الريبوز ناقص أوكسجين للنيكليوتيد الموالي، وهكذا إلى نهاية اللولب و بالتالي تكون هناك نهايتين حرتين: 3' و 5'، ومن تم نصطح على توجيهه 3' ← 5'.

و بما أن جزيئة ADN لولب مضاعف ، فلكي يكتمل اللولبين يجب أن يكونا متضادا القطبية  
 5'---> 3' و 3'---> 5' . نقول إن لولبي ADN مضادا التوازي  
 ويرتبط اللولبان بعضهما ببعض، بروابط هيدروجينية على مستوى القواعد الازوتية.

### اللوحة 5



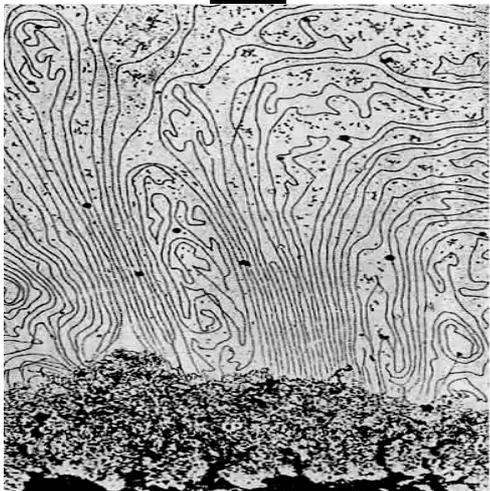
### الوثيقة 3 : نموذج جزيئة ADN على شكل لولب مضاعف ( تصور WATSON و CRICK )



### اللوحة 6

♥ الوثيقة 1: الشكل أ بنية الصبغين، الشكل ب بنية الصبغى:

#### الشكل أ



### V - العلاقة بين الصبغين، الصبغيات، و ADN.

#### ① بنية الصبغين.

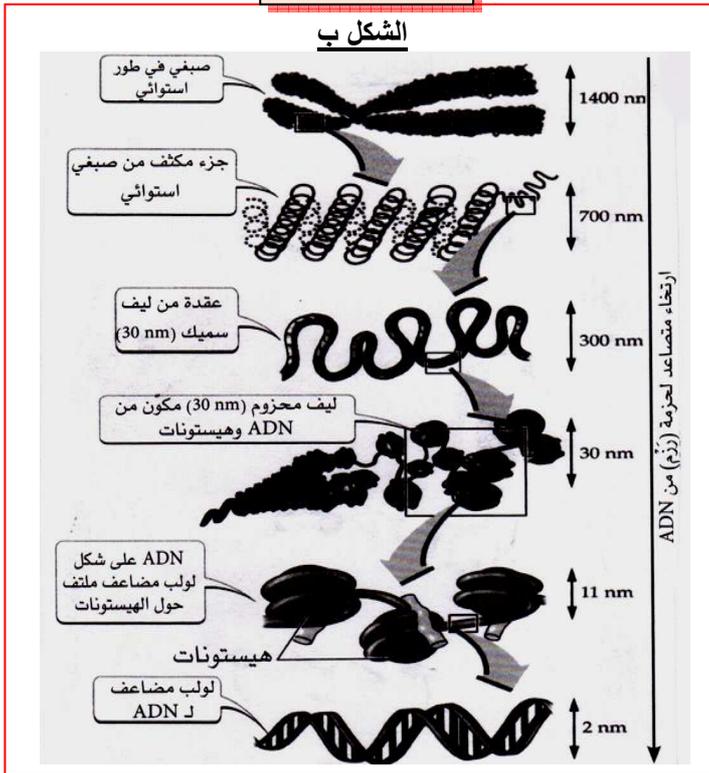
☒ يعطي الشكل أ من الوثيقة 1، لوحة 6، ملاحظة بالمجهر الالكتروني لصبغى استوائي، تمت معالجته بواسطة أنزيمات نوعية تحلل البروتينات.

انطلاقا من هذه الملاحظة استخرج بنية الصبغى.

☑ تبين الملاحظة المجهرية لصبغين خلية أنه يتكون من خييطات متشابكة، يبلغ قطر الواحد منها 30nm، وتسمى هذه الخييطات خييطات نووية Les nucléofilaments . بينت الدراسات أن الخييط النووي يتكون من جزيئة ADN ملولبة حول حبات من البروتينات، مكونة نكليوزومات Nucléosomes، كما نسمي هذه البروتينات : هيستونات Les histones .

## ② بنية الصبغيات. أنظر الشكل ب من الوثيقة 1، لوحة 6.

### اللوحة 6



إن للصبغين والصبغيات نفس التركيب الكيميائي، إذ يعتبر ADN مكون مشترك بين الصبغين والصبغيات:

- يلتف كل خيط ADN حول هستونات، فيشكل خيط نووي.
- تتلولب الخييطات النووية لتولبا طفيفا، فتشكل الصبغين.
- عند دخول الخلية في انقسام غير مباشر، يزداد تلولب الخييط النووي حول نفسه، فتظهر الصبغيات. ويصبح هذا التلولب شديدا وقصويا، في المرحلة الاستوائية، مما يجعل الصبغيات جد واضحة.
- في نهاية الانقسام تتم إزالة تلولب الخييطات النووية للصبغيات، لتعود إلى حالة الصبغين.

## ③ العلاقة بين الصبغين، الصبغيات، و ADN.

يلاحظ خلال الانقسام الخلوي، أنه عندما تظهر الصبغيات، يختفي الصبغين، والعكس صحيح. كما أن للصبغين والصبغيات نفس التركيب الكيميائي (ADN + هستونات)، فهما إذن يمثلان عنصرا واحدا، يتغير شكله حسب درجة تلولب الخييط النووي، وذلك حسب مراحل الدورة الخلوية.

## VI - آلية مضاعفة جزيئة ADN.

### ① الكشف عن مضاعفة جزيئة ADN. أنظر نشاط 5، وثيقة 1، لوحة 6.

### اللوحة 6

⑤ نشاط 5 مضاعفة الـ ADN وعلاقتها بالحفاظ على الخبر الوراثي:

يعتبر الـ ADN المكون الأساسي للصبغيات والحامل الكيميائي للخبر الوراثي، وينتقل من جيل لآخر بواسطة الانقسام الخلوي غير المباشر. قصد فهم الآليات التي تضمن الحفاظ على الخبر الوراثي من دورة خلوية لأخرى، نقوم بدراسة الوثائق التالية:

♥ الوثيقة 1: تمت معايرة كمية ADN الموجودة في خلية إنسان خلال دورتين خلويتين فحصلنا على النتائج المبينة على الوثيقة 1.

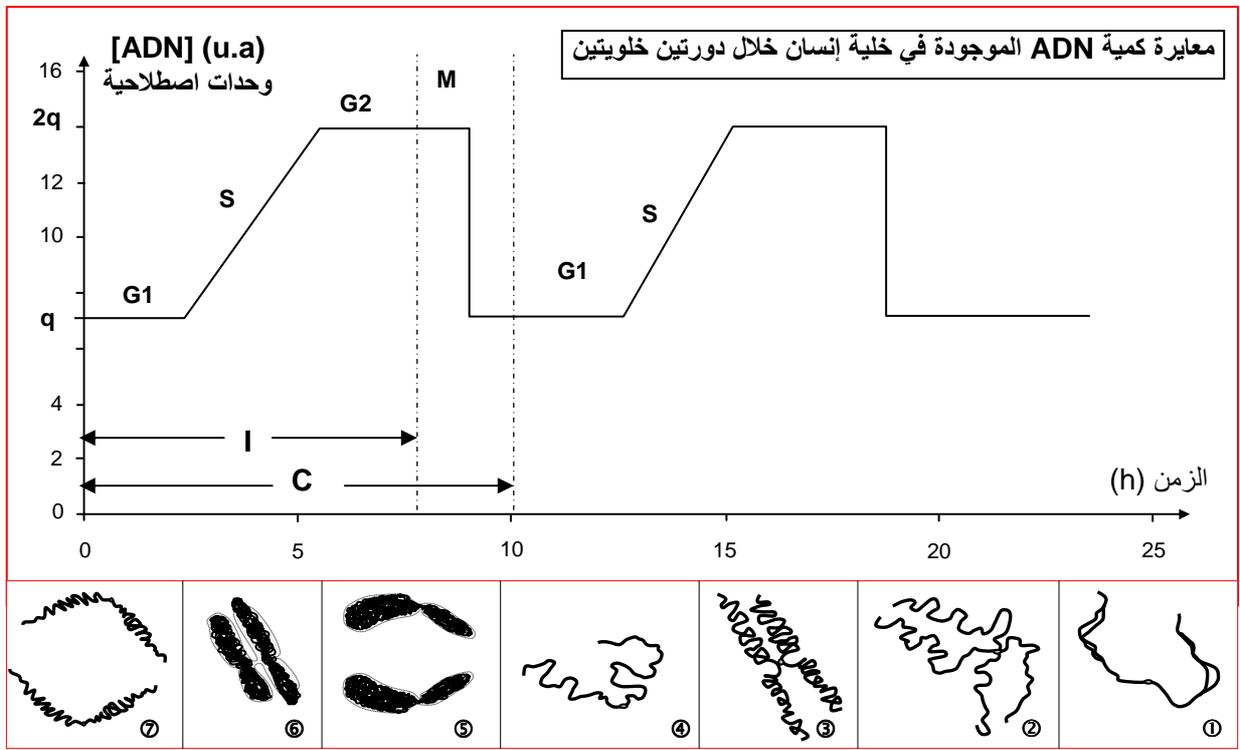
(1) سم المراحل المشار إليها بحروف على الوثيقة. ثم حدد المدة الزمنية التقريبية للمراحل: ا، و، C، و M.

(2) كيف تتطور كمية ADN في الخلية خلال الدورة الخلوية؟

(3) أنسب كل شكل من أشكال الوثيقة ( ①، ②، ③، ...، ⑦ )، لمرحلة الدورة الخلوية

المطابقة له ( M, G2, S, G1 ).

(4) بين العلاقة بين كمية ADN في الخلية وشكل الصبغي في مختلف مراحل الدورة الخلوية.



- (1) تسمية المراحل: I = مرحلة السكون، تدوم 8 ساعات، وتتكون من ثلاث فترات هي: G1 = فترة النمو الأولى، S = فترة التركيب / التضاعف، G2 = فترة النمو الثانية. M = الانقسام غير المباشر، ويدوم ساعتين. C = دورة خلوية، وتدوم 10 ساعات. M+I = C
- (2) تتغير كمية ADN في نواة الخلية خلال الدورة الخلوية على النحو التالي:

- ☆ خلال الفترة G1 من مرحلة السكون تبقى كمية ADN مستقرة في القيمة q، لتضاعف خلال الفترة S وتمر من القيمة q إلى القيمة 2q. فتبقى مستقرة في القيمة 2q خلال الفترة G2.
- ☆ خلال الانقسام غير المباشر، تنخفض كمية ADN، لتمر من القيمة 2q إلى القيمة q، بحيث أنه خلال المرحلة التمهيديّة والاستوائية، كمية ADN مستقرة في القيمة 2q، وفي المرحلة الانفصالية والنهائية، تصبح كمية ADN مستقرة في القيمة q.
- (3) ننسب للمرحلة G1، الشكل 4. وللمرحلة S، الشكل 1. وللمرحلة G2، الشكل 2. أما الأشكال 3، 5، 6، 7، فننسب المرحلة M، أي الانقسام غير المباشر، (3 للمرحلة التمهيديّة، 5 للمرحلة الانفصالية، 6 للمرحلة الاستوائية، 7 للمرحلة النهائية).

- (4) تتكون الدورة الخلوية من مرحلتين:
- ☆ مرحلة السكون، خلالها تتضاعف كمية ADN في نواة الخلية، ومع تضاعف ADN تتضاعف

حيث يصبح كل صبغي مكونا من صبيغيين.

☆ مرحلة الانقسام غير المباشر، خلالها تنتشر الصبغيات على مستوى الجزيء المركزي، فنتشكل

مجموعتان متماثلتان من الصبغيات، تحتوي كل واحدة على الكمية q من ADN.

يتبين من هذا أن الخلية تضاعف كمية ADN التي تتوفر عليها، لتصل إلى القيمة 2q، أثناء فترة السكون، ثم تعود بعد ذلك كمية ADN إلى القيمة الأصلية q أثناء المرحلة الانفصالية للانقسام غير المباشر.

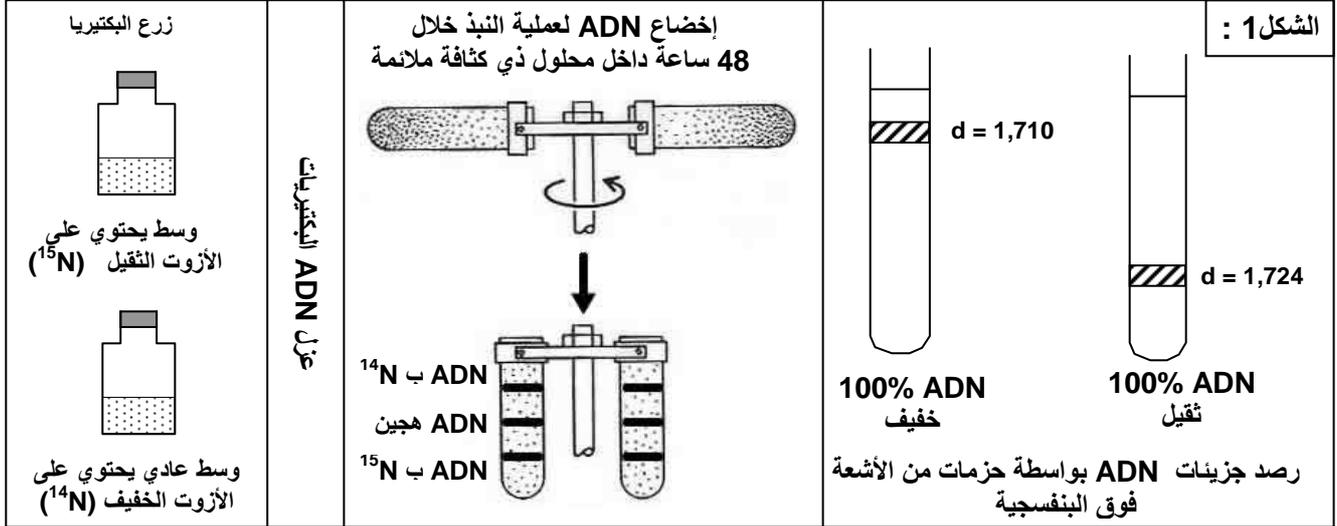
## ② آلية مضاعفة ADN.

أ - تجربة Stahl و Meselson. أنظر الوثيقة 2، لوحة 7.

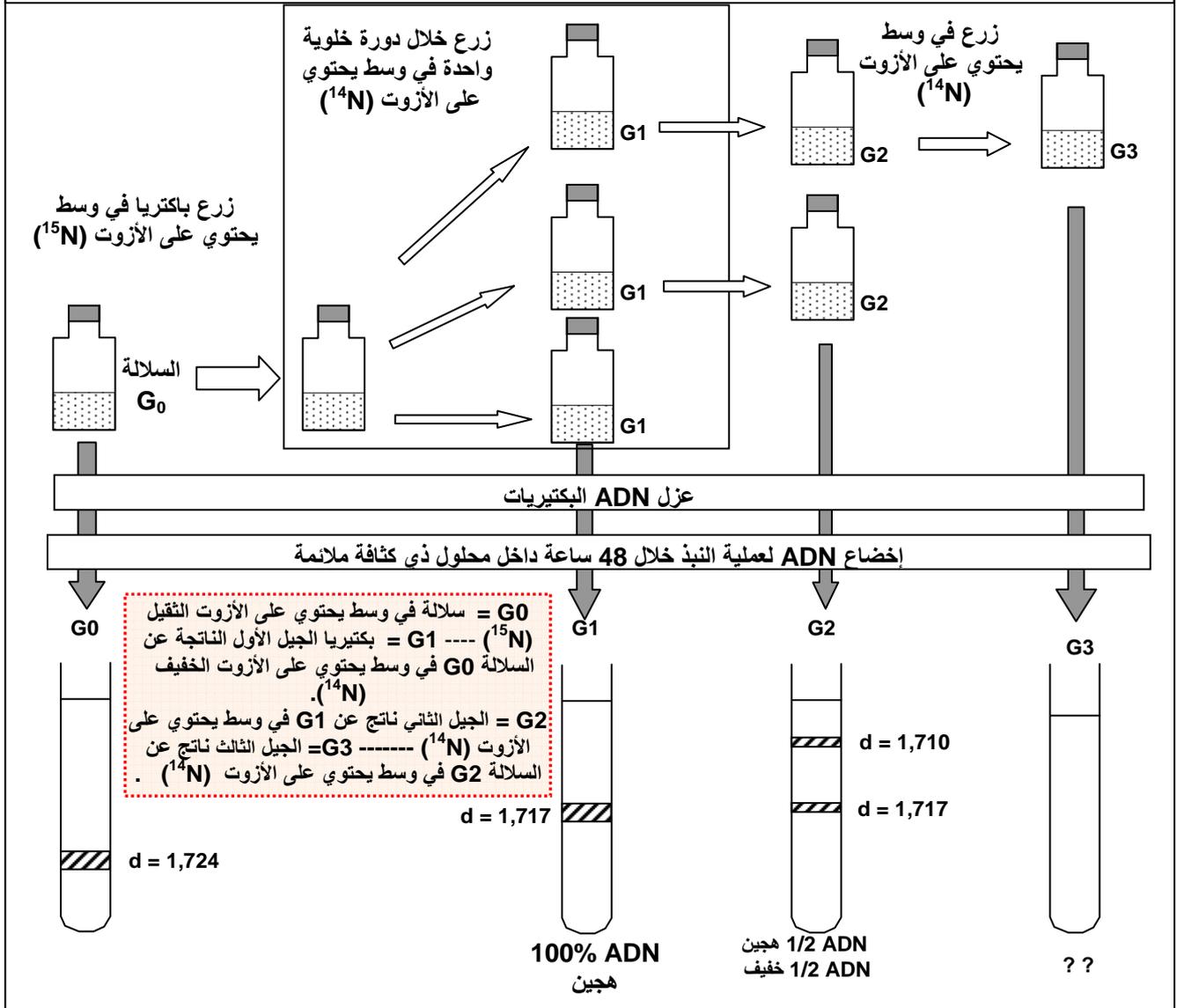
اللوحة 7

الوثيقة 2 : تجربة Stahl و Meselson

- بواسطة تقنية النبد centrifugation ، تمكن Stahl و Meselson من عزل جزيئات ADN تحتوي على ذرات الأزوت الثقيل  $^{15}\text{N}$  عن جزيئات ADN المشابهة والتي تحتوي على ذرات الأزوت الخفيف  $^{14}\text{N}$  . كما هو مبين على الوثيقة 2 :
- 1) ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج تجربة Stahl و Meselson ؟
  - 2) ترجم هذه الاستنتاجات على شكل رسوم تخطيطية محترما الطبيعة الفيزيائية لجزيئة ADN ، قصد تفسير نتائج التجربة .



الشكل 2 : البروتوكول التجريبي ونتائج تجارب Stahl و Meselson

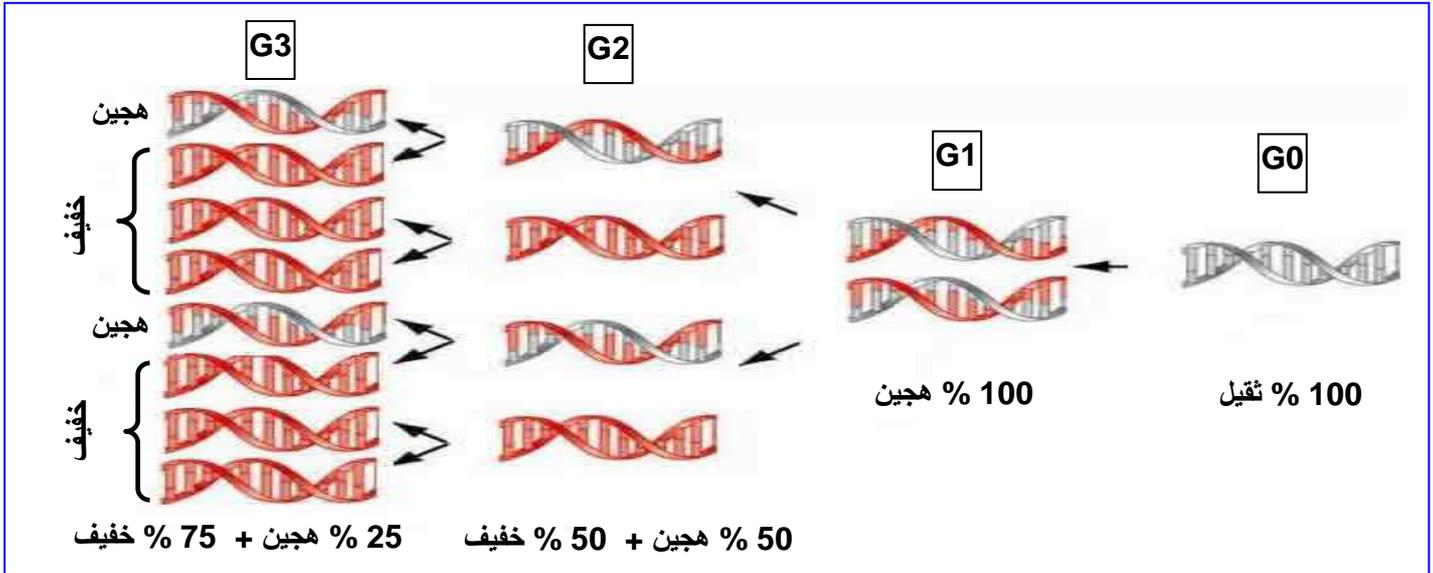


(1) يتبين من المعطيات التجريبية أن :

الجيل G1 : كل الخلايا لها  $d(ADN) = 1.717$  (كثافة وسيطة بين ADN الثقيل (1.724) و ADN الخفيف ( 1.710 ) واعتبر هذا الـ ADN هجيناً.  
الجيل G2 : 50% من الخلايا لها ADN هجين و 50 % لها ADN خفيف.  
الجيل G3 : 25% من الخلايا لها ADN هجين و 75 % لها ADN خفيف.

بناء على هذه النتائج، فإن بنية وكثافة ADN الجيل الأول G1 لا يمكن تفسيرها إلا باعتبار كون نصف جزيئة ADN الجيل الأول تتوفر على  $^{14}N$  والنصف الآخر على  $^{15}N$ .  
وبنية وكثافة ADN الجيل الثاني G2 لا يمكن تفسيرها إلا باعتبار كون نصف الجزيئات يطابق ADN الجيل الأول، والنصف الآخر من الجزيئات لا تتوفر إلا على  $^{14}N$  فقط.

(2) أنظر الرسم :



ب - تجربة Taylor. أنظر الوثيقة 3، لوحة 8.

اللوحة 8

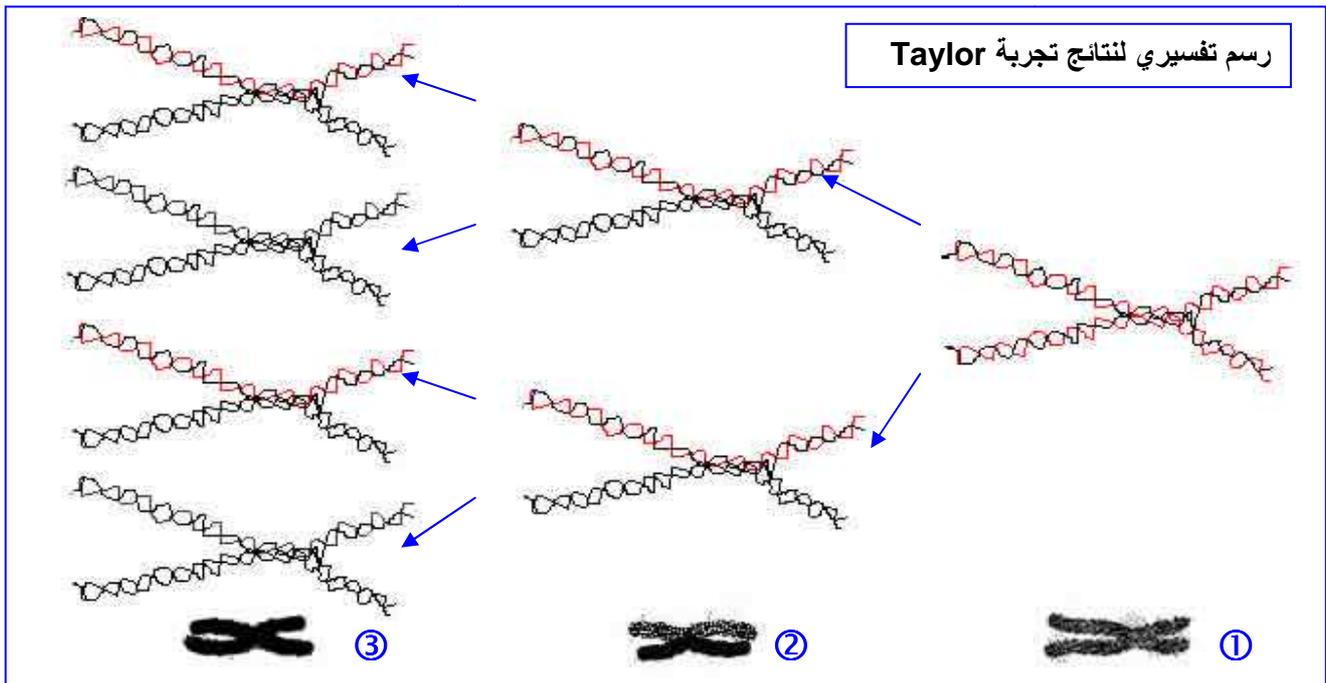
الوثيقة 3 : تجربة Taylor

- وضع Taylor جذور نبات *Bellevalia* في وسط يحتوي على التيمدين معلم بالتريتيوم  $H^3$  ، وهو نظير إشعاعي النشاط للهيدروجين.  
وبعد مرور 8 ساعات ( مدة طور السكون )، أخرج Taylor هذه الجذور ثم غسلها ووضعها في وسط ائقناتني محايد ( غير مشع )، وتتبع اندماج التيمدين بالتصوير الإشعاعي الذاتي وذلك أثناء الانقسامات الخلوية، ومن أجل تسهيل ملاحظة الصبغيات، أضاف Taylor للمحلول الاقناتيني مادة الكولشيسين التي تمنع افتراق الصبغيات في نهاية الطور الاستوائي. فحصل على النتائج المبينة على الوثيقة 3 :
- (1) بين أهمية توظيف التيمدين والكولشيسين في هذه التجربة.
  - (2) صف نتائج هذه التجربة.
  - (3) فسر بواسطة رسوم نتائج هذه التجربة، مع العلم أن كل صبيغي يتكون من جزيئة ADN واحدة.

الوثيقة 3

③ مظهر الصبغيات بعد وضعها في وسط محايد خلال مدة زمنية تقابل دورتين خلويتين	② مظهر الصبغيات بعد وضعها في وسط محايد خلال مدة تقابل دورة خلوية	① مظهر الصبغيات بوجود التريتيوم
		

- 1) التيميدين مكون لـ ADN، يحتوي على التيمين كقاعدة ازوتية، وتم استعماله مشعا لرصد إدماجه في جزيئة ADN. الكولشيسين مادة توقف الانقسام غير المباشر في المرحلة الاستوائية، حيث تكون الصبغيات جد واضحة، مما يمكن من ملاحظتها وتحديد نشاطها الإشعاعي.
- 2) مباشرة بعد المعالجة بالتيميدين المشع، نلاحظ أن كل الصبغي يظهر نشاطا إشعاعيا. بعد مدة زمنية من المعالجة تقابل دورة خلوية، نلاحظ أن أحد صبيغي الصبغي يكون مشعا، والأخر غير مشع. بعد مدة زمنية تقابل دورتين خلويتين، نلاحظ أن نصف الصبغيات يكون غير مشع، والنصف الأخر يتكون من صبيغيات مشعة وصبيغيات غير مشعة.
- 3) تفسر نتائج هذه التجربة بكون كل لولب من لولبي ADN، يعمل كقالب يشيد عليه لولب مكمل، مما ينتج عنه تكون جزيئتين متماثلتين لجزيئة ADN الأصل. ويلاحظ أنه أثناء المضاعفة يتم الاحتفاظ على نصف كل جزيئة أصلية، لذلك نتكلم عن التركيب النصف محافظ. Semi-conservatif. أنظر الرسم.





## الفصل الثاني:

### تعبير الخبر الواثي

#### تمهيد:

من خلال دراسة تجارب GRIFFITH تبين أن علاقة بين المادة الوراثية (ADN)، وظهور أو غياب صفة معينة. فما هي هذه العلاقة؟ وكيف يتحكم ADN في ظهور صفات وراثية قابلة للملاحظة والقياس؟

#### 1 - مفهوم الصفة، المورثة، الحليل، والطفرة.

##### ① مفهوم الصفة الوراثية.

الصفة الوراثية هي ميزة نوعية أو كمية، تميز فردا عن باقي أفراد نوعه، وتنتقل عبر الأجيال. بعض الصفات تلاحظ بالعين المجردة (لون الأزهار مثلا)، في حين لا تبرز أخرى إلا بواسطة اختبارات أو تحاليل خاصة (الفصيلة الدموية مثلا).

##### ② العلاقة بين الخبر الوراثي والصفة.

أ - تجارب. أنظر نشاط 1، لوحة 1.

#### اللوحة 1

#### ① نشاط 1 مفهوم الصفة، المورثة، الحليل، والطفرة.

من خلال التجربتين التاليتين نحاول تتبع انتقال بعض الصفات الوراثية .

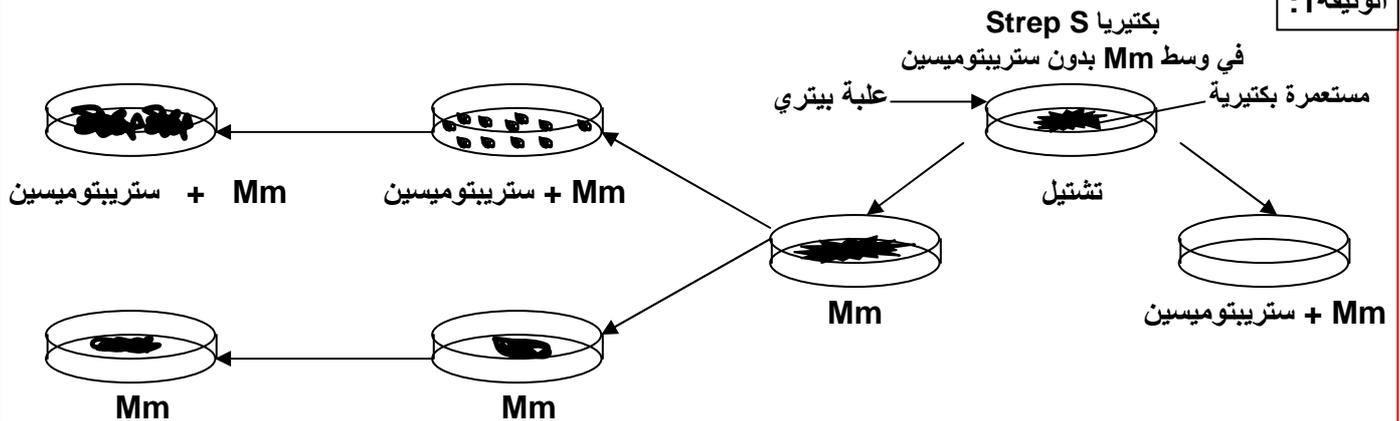
♥ التجربة 1 :

نختار إحدى الكائنات الحية التي لها دورة نمو قصيرة زمنيا مثل بكتريا Echerichia-Coli. إذا كانت الظروف ملائمة تنقسم هذه البكتريا فنحصل على مستعمرة بكتيرية (colonie) تدعى اللمة (clone)، تكون البكتريا بها لها نفس الخصائص والمتطلبات. وقد تتوالد هذه البكتريا في وسط أدنى ( أملاح معدنية + غراء + سكر ) = (M.m) ومن مميزات هذه البكتيريا أنها غير قادرة على العيش والتكاثر في وسط يحتوي على المضاد الحيوي (Antibiotique) المسمى ستريبتومييسين Streptomycine، حيث تعتبر حساسة لهذا المضاد الحيوي فنرمز لها بـ Strep S.

بعد زرع هذه البكتيريا في وسط بدون ستريبتومييسين، تم تشثيلها ( نقلها ) إلى أوساط مختلفة كما هو مبين على الوثيقة 1:

- 1) انطلاقا من هذه المعطيات، أعط تعريفا للمة.
- 2) صف هذه التجربة، ثم حدد ما هو المشكل الذي تطرحه هذه النتائج؟
- 3) اقترح تفسيراً لنتائج هذه التجربة.

#### الوثيقة 1:



## ♥ التجربة 2 :

نضع بكتريا Strep s غير قادرة على العيش في وسط لا يحتوي على اللاكتوز (Lactose). وتتطلب هذه البكتريا هذا الأخير للعيش ولهذا يرمز إليها ب (- Lac) ، اذن هذه البكتريا سيرمز إليها ب (- Strep s , Lac). إذا تتبعنا هذه التجارب فإننا نحصل بالإضافة للبكتريا المذكورة سابقا على أنواع أخرى والتي هي : (Strep r , Lac -) ، (Strep r , Lac +) ، (Strep s , Lac +) .

- 4) ماذا تستنتج من تحليل معطيات التجربة 2 ؟
- 5) اربط بين نتائج التجريبتين وبنية جزيئة ADN ثم استخلص مفهوم المورثة Le gène و مفهوم الحليل L'allèle .

## ب - تحليل واستنتاج.

- 1) اللمة هي مجموعة من الأفراد لهم نفس الخبر الوراثي، ومن تم نفس الصفات.
- 2) نلاحظ أن البكتيريا لا تتكاثر عند وجود الستريبتومييسين (Strep S)، لكن تظهر تلقائيا بكتيريات أخرى في هذا الوسط، مقاومة للستريبتومييسين، نصلح على تسميتها (Strep R). المشكل المطروح هو كيف أصبحت البكتيريا Strep S بكتيريا Strep R ؟
- 3) بما أن الصفة Strep S وراثية، والصفة Strep R بدورها وراثية، فان المتحكم فيهما هو ADN. لا يمكن اذن تفسير تحول البكتيريا Strep S إلى بكتيريا Strep R إلا بحدوث تغير فجائي على مستوى ADN، ونسمي هذا التغير بالطفرة Mutation، فنقول أن البكتيريا Strep R بكتيريا طافرة أما البكتيريا Strep S فهي بكتيريا متوحشة.
- 4) نلاحظ في هذه التجربة صفتين: ★ العلاقة بالستريبتومييسين: وتظهر شكلين، الشكل المتوحش Strep S، والطافر Strep R. ★ العلاقة باللاكتوز: وتظهر شكلين، الشكل المتوحش Lac<sup>-</sup>، والشكل الطافر Lac<sup>+</sup>. وهكذا فالسلالة المتوحشة بالنسبة للصفتين هي: (Strep S, Lac<sup>+</sup>). والسلالة الطافرة بالنسبة للصفتين هي: (Strep R, Lac<sup>-</sup>). نلاحظ أن ظهور طفرة في صفة ما غير مرتبط بالضرورة بظهور طفرة في الصفة الأخرى، ويمكن تفسير ذلك بأن قطعتي ADN المتحكمتين في الصفتين مختلفتان.
- 5) بما أن التغير على مستوى المادة الوراثية ADN أدى إلى تغير على مستوى الصفة، فهذا يعني أن كل صفة يقابلها جزء خاص من ADN، يسمى مورثة Gène.

## ③ العلاقة مورثة - بروتين / بروتين - صفة.

أ - مثال أول : تجربة Beadle et Tatum: أنظر نشاط 2، لوحة 1.

### اللوحة 1

② نشاط 2 العلاقة صفة - بروتين - مورثة  
قصد الكشف عن هذه العلاقة نعمل على استثمار المعطيات التالية:

### ♥ تجربة Beadle و Tatum

النوروسبورا Neurospora عفن مجهري على شكل غزل فطري، ينمو عادة على الخبز. يمكن للسلالة المتوحشة أن تعيش في وسط أدنى يحتوي على سكر + ماء + أملاح الأمونيوم. بينما توجد سلالة طافرة غير قادرة على العيش في هذا الوسط. نقوم بزرع السلالة الطافرة في وسط أدنى + الحمض الأميني التريبتوفان L'acide aminé Tryptophane فنلاحظ أن هذه السلالة قادرة على العيش والتكاثر في هذا الوسط وحده.  
1) ماذا تستنتج من هذه التجربة؟

يتم تركيب التريبتوفان عبر سلسلة من التفاعلات الأنزيمية، يمكن تلخيصها فيما يلي:



(2) ماذا تستخلص إذا علمت أن بعض السلالات الطافرة يكفيها وجود حمض أنترانيليك في الوسط لكي تعيش وتتكاثر؟

(1) نلاحظ أن السلالة الطافرة غير قادرة على تركيب التريبتوفان في وسط أدنى يتكون من أملاح الأمونيوم فقط. لذا نرسم لهذه السلالة بـ Try<sup>-</sup>، ونقول أنها سلالة غير ذاتية التركيب للتريبتوفان Auxotrophe pour la tryptophane. بينما السلالة المتوحشة Try<sup>+</sup> فهي ذاتية التركيب للتريبتوفان Autotrophe pour la tryptophane. نستنتج من هذه الملاحظة أن الصفة مرتبطة بالقدرة على تركيب بروتيني معين.

(2) إن السلالة الطافرة Try<sup>-</sup> غير قادرة على تحديد التحول أملاح الأمونيوم ← حمض الأنترانيليك. وذلك لغياب الأنزيم E1. نستخلص ادن أن كل صفة مرتبطة بتركيب بروتيني معين، والذي يرتبط بدوره بتركيب أنزيمي معين.

### ب - مثال ثاني : فقر الدم المنجلي L'anémie falciforme انظر نشاط 1، وثيقة 1 لوحة 2

#### اللوحة 2

#### الوثيقة 1

الخضاب الدموي بروتين يوجد داخل الكريات الحمراء و له دورين، وظيفي يتجلى في نقل الغازات التنفسية، و بنيوي يتجلى في إعطاء الشكل الكروي المقعر للكريات الحمراء. فقر الدم المنجلي مرض استقلابي ناتج عن تركيب خضاب دموي Hémoglobine غير عادي (تشوه الكريات الحمراء تصبح منجلية الشكل) يرمز له بـ ( HbS )، بينما يرمز لخضاب الدم العادي بـ : (HbA). أنظر الوثيقة 1، شكل 1. عند تحرير ( HbS ) للأوكسيجين يصبح الخضاب غير دوام و يترسب على شكل ابر تشوه مظهر الكريات الحمراء التي تفقد ليونتها وتسد الشعيرات الدموية، مما ينتج عنه فقر في إمداد الخلايا بالأوكسيجين. يعطي الشكل 2 تسلسل الأحماض الأمينية المكونة لجزء من جزيئة الخضاب الدموي مع جزء من المورثتين المتحكمتين في تركيبهما.

(1) قارن سلسلتي HbS و HbA من جهة ومورثة HbS و HbA من جهة أخرى.  
(2) ماذا تستنتج؟

الوثيقة 1	الشكل 1
<p>الشكل 2 جزء المورثة المسؤول عن تركيب HbA</p> <p>GTGCACCTTACTCCAGAGGAG</p> <p>   </p> <p>CACGTGGAATGAGGTCTCCTC</p> <p>الخضاب الدموي HbA</p> <p>(val) (his) (leu) (thr) (pro) (glu) (glu)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>بداية السلسلة β</p> <p>جزء المورثة المسؤول عن تركيب HbS</p> <p>GTGCACCTTACTCCAGTGGAG</p> <p>   </p> <p>CACGTGGAATGAGGTCACCTC</p> <p>الخضاب الدموي HbS</p> <p>(val) (his) (leu) (thr) (pro) (val) (glu)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p>	

1) يكمن الاختلاف الوحيد بين السلسلة  $\beta$  للخضاب الدموي HbA والخضاب الدموي HbS، في تعويض الحمض الأميني رقم 6 (Glu) في HbA بالحمض الأميني Val في HbS. وأن متتالية القواعد الأزوتية لجزء المورثة HbA تختلف عن متتالية القواعد الأزوتية لجزء المورثة HbS، إذ استبدل الزوج النيكليوتيدي رقم 17، حيث تم استبدال A - T في HbS بـ T - A في HbA.

2) إن استبدال متتالية القواعد الأزوتية في المورثة، ترتب عنه تغيير في متتالية الأحماض الأمينية في البروتين. نستنتج أن هناك علاقة بين المورثة والبروتين. إن كل تغيير في بنية البروتين، يؤدي إلى تغيير في المظهر الخارجي لصفة معينة (تغير بنية الخضاب تغير شكل الكريات الحمراء)، هذا يدل على وجود علاقة بين الصفة والبروتين.

### ج - خلاصة.

إن كل صفة تترجم وجود بروتين بنوي، أو نشاط بروتيني مختص، وأن كل تغيير في تعاقب القواعد الأزوتية (النيكليوتيدات) داخل جزيئة ADN، ينتج عنه تغيير في تعاقب الأحماض الأمينية داخل السلسلة البروتينية. وهذا يعني أن ترتيب النيكليوتيدات في جزيئة ADN، هو الذي يحدد طبيعة وترتيب الأحماض الأمينية في البروتينات. تسمى كل قطعة من ADN تتحكم في صفة وراثية معينة مورثة، وبما أن الصفة لها عدة أشكال، فإن للمورثة المتحكمة فيها عدة أشكال كذلك، وكل شكل يسمى حليلا Allele. مثال : صفة العلاقة بالستريبتومييسين لدى البكتيريا E.coli: الحليل المتوحش StrepS، الحليل الطافر StrepR.

## II - آلية تعبير الخبر الوراثي: من المورثة إلى البروتين.

المورثات قطع من ADN، وموقعها النواة، أما تركيب البروتينات فيتم على مستوى السيتوبلازم. فما الذي يلعب دور الوسيط بين النواة والسيتوبلازم؟

### ① الوسيط بين النواة والسيتوبلازم.

#### أ - معطيات تجريبية.

انطلاقاً من معطيات الوثيقة 1، نشاط 3، لوحة 2، حدد طبيعة الوسيط بين النواة والسيتوبلازم.

### اللوحة 2

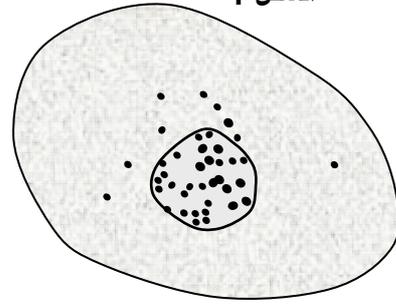
### ③ نشاط 3 آلية تعبير الخبر الوراثي :

إن الخبر الوراثي يتموضع داخل النواة بينما تركيب البروتينات يتم داخل السيتوبلازم. من خلال نتائج تجريبية وملاحظات مجهرية نسعى إلى تحديد العلاقة بين النواة و السيتوبلازم ودورها في تركيب البروتينات .

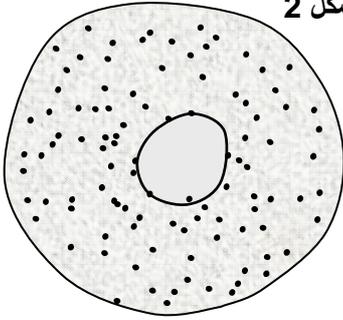
تضم الخلايا جزيئات يقارب تركيبها الكيميائي تركيب ADN، وتسمى ARN. نكتشف عن تموضع الجزيئتين معا في خلايا البنكرياس، باستعمال خليط من ملونين : أخضر الميتيل الذي يلون ADN بالأزرق المخضر، و البيرونيين الذي يلون ARN بالوردي.

يضاف إلى وسط زرع الخلايا مكون نوعي لـ ARN مشع، ثم نلاحظ تطور الإشعاع داخل الخلية فنحصل على النتائج المبينة على الشكل 1 و 2.

ماذا تستنتج من معطيات التجربة؟ حدد الخاصية المميزة لـ ARN معللا نعتة بـ ARN الرسول.



صورة إشعاعية ذاتية لخلية زرعت مدة 15 mn بوجود بشير مشع نوعي لـ ARN



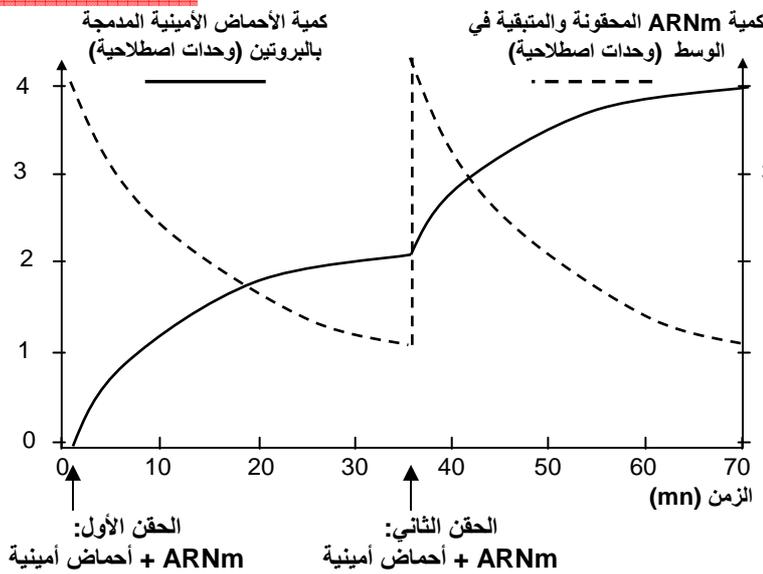
صورة إشعاعية ذاتية لخلية مماثلة عرضت مدة 15 mn لنفس البشير المشع، ثم زرعت مدة ساعة ونصف في وسط يحتوي على بشائر أخرى عادية

### ب - تحليل واستنتاج.

نلاحظ في المرحلة الأولى من التجربة تركيز الإشعاع في نواة الخلية، وفي المرحلة الثانية من التجربة انتقل الإشعاع نحو السيتوبلازم. نستنتج من هذه الملاحظات أن ARN يركب داخل النواة، وينتقل بعد ذلك إلى السيتوبلازم. وهكذا يمكن افتراض أن الوسيط بين المورثات في النواة، و البروتينات في السيتوبلازم، هو ARN، لذلك سمي ARN الرسول، ونرمز له بـ ARNm. (ARN méssager).

### ج - التحقق من الفرضية. أنظر الوثيقة 2، لوحة 3.

#### اللوحة 3



#### الوثيقة 2 : تجربة تركيب البروتينات في الزجاج.

انطلاقاً من عصيات كولونية نعد مستخلصاً يحتوي على جميع المكونات السيتوبلازمية اللازمة لتركيب البروتينات، ما عدا ADN. بعد ذلك نضيف لهذا المستخلص كميتين من ARNm وأحماض أمينية، خلال فترتين مختلفتين. يعطي المبيان أمامه، تطور كمية ARNm والأحماض الأمينية المدمجة في البروتينات بعد كل حقن.

- 1) صف نتائج هذه التجربة.
- 2) ماذا تستنتج؟

1) بعد كل حقن لـ ARNm والأحماض الأمينية، ترتفع كمية الأحماض الأمينية المدمجة في البروتينات، مع انخفاض في كمية ARNm.

2) نستنتج من هذه التجربة أن هناك علاقة مباشرة بين تركيب البروتين ووجود ARNm، أي أن ARNm هو فعلاً الوسيط بين المادة الوراثية على مستوى النواة، و تركيب البروتينات على مستوى السيتوبلازم.

## ② بنية جزيئة ARN. أنظر الوثيقة 3، لوحة 3.

### اللوحة 3

♥ الوثيقة 3 : تعطي الوثيقة التالية جزء المورثة المسؤولة عن تركيب الخضاب الدموي HbA و ARNm المناسب له. قارن الجزئتين.

GTGCACCTTACTCCAGAGGAG  
CACGTGGAATGAGGTCTCCTC

جزء من ADN المسؤول عن تركيب HbA

GUGCACCUUACUCCAGAGGAG

ARNm المناسب لـ ADN المسؤول عن تركيب HbA

U = قاعدة ازوتية هي الأوراسيل (Uracile)

ARN هو الحمض النووي الريبوزي Acide ribonucléique، يتكون من سلسلة من النيكليوتيدات على شكل لولب واحد (شريط واحد)، وكل نيكليوتيد يتكون من حمض فوسفوري + سكر الريبوز + قاعدة ازوتية تكون إما الأدينين A، أو الغوانين G، أو السيتوزين C، أو الأوراسيل U.

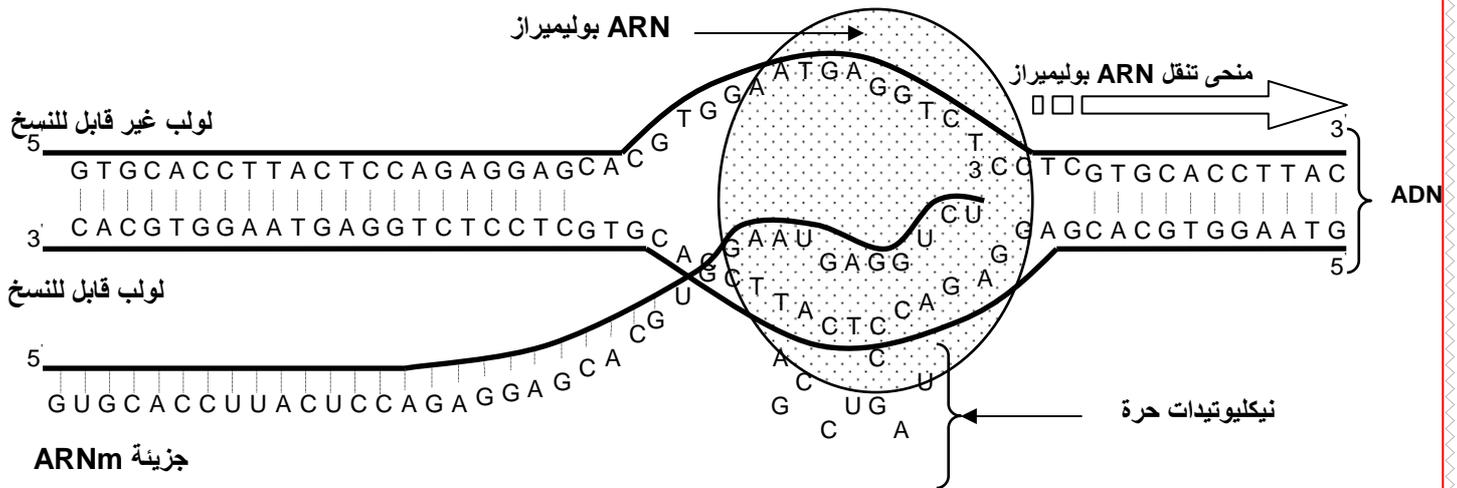
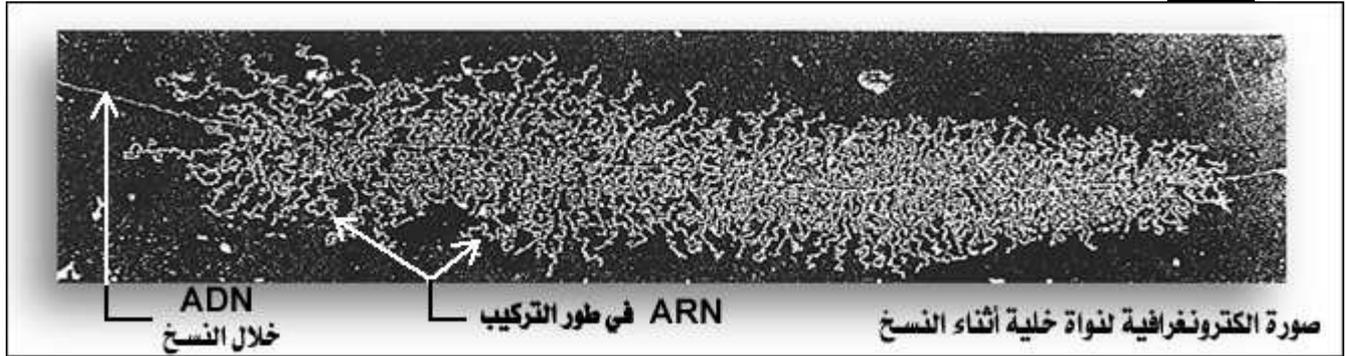
## ③ مراحل تعبير المورثة.

### أ - مرحلة نسخ ARN: من المورثة إلى ARNm.

☒ انطلاقا من الوثيقة 4، لوحة 3، قارن بين بنية جزيئة ARNm و ADN، ثم حدد مراحل تركيب ARNm انطلاقا من ADN.

### اللوحة 3

الوثيقة 4 . الشكل 1:



☑ إن تركيب ARNm يتم داخل النواة، ثم ينتقل إلى السيتوبلازم حاملا الخبر الوراثي، أو الشفرة الضرورية لتركيب البروتين.

إن ARNm هو نسخة لأحد شريطي ADN، وتسمى عملية تركيب ARNm بالاستنساخ والتي تتم كما يلي:

- يتعرف أنزيم ARN polymérase على الإشارات الوراثية المسؤولة عن انطلاق تركيب ARNm ويلتصق بها.
- يعمل ARN polymérase على تفريق لولبي جزيئة ADN على اثر انفصام الروابط الكيميائية التي تجمع القواعد الازوتية المتاكلمة فيما بينها.
- تعمل ARN polymérase على بلمرة النيكلوتيدات الخاصة بـ ARNm، وذلك حسب تكامل القواعد الازوتية لـ ARNm، (G أمام C و U أمام A).
- تتعرف ARN polymérase على الوحدات الرمزية المسؤولة عن نهاية الاستنساخ، فتتوقف عن البلمرة، وتستعيد جزيئة ADN حالتها الأصلية.

## ب - مرحلة الترجمة في السيتوبلازم: من ARNm إلى البروتين.

a - معطيات حول الطفرات: أنظر الوثيقة 1، لوحة 4.

### اللوحة 4

④ نشاط 4 العلاقة بين نكلوتيدات ADN ومتتالية الأحماض الأمينية و أدوات تعبير الخبر الوراثي :  
♥ الوثيقة 1 : معطيات حول الطفرات  
كشفت دراسة الطفرات عن ما يلي:

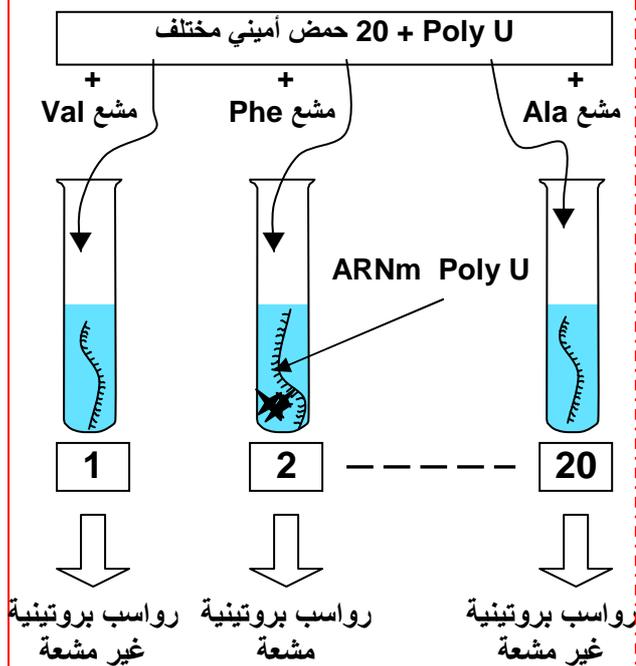
- يؤدي تغيير نكلوتيد واحد أو اثنان أو ثلاثة نكلوتيدات متتالية في المورثة، إلى تغيير متتالية النكلوتيدات في ARNm، وبالتالي تغيير حمض أميني واحد في البروتين.
  - يؤدي تغيير أربع أو خمس أو ست نكلوتيد متتالية في المورثة، إلى تغيير متتالية النكلوتيدات في ARNm، وبالتالي تغيير حمضين أميين في البروتين.
- عن ماذا تكشف هذه المعطيات ؟

تبين هذه المعطيات ما يلي:

- هناك علاقة بين النكلوتيدات المكونة لـ ARNm والأحماض الأمينية للبروتين.
- إن الإشارة لحمض أميني واحد في البروتين، يتم بواسطة ثلاثة نكلوتيدات في ARNm.

## b - تجارب Nirenberg و Matthaei أنظر الوثيقة 2، لوحة 4.

### اللوحة 4



عزل مستخلص خلوي من بكتيريا E.coli يتوفر على كل العناصر السيتوبلازمية اللازمة لتركيب البروتينات، (ريبوزومات، ATP، GTP، Mg<sup>2+</sup>، أنزيمات). ماعدا ADN، و ARNm.

وضع المحتوى الخلوي تحت حرارة 37°C في 20 أنبوب اختبار، ثم أضيف لكل أنبوب اختبار 20 حمض أميني. حيث أن كل أنبوب يتميز بكون حمض أميني واحد موسوم بالكربون المشع 14C. بعد ذلك تضاف إلى كل وسط جزيئات ARNm اصطناعية، ذات متتالية نكلوتيدية معروفة، مثلا متتالية مكونة من نكلوتيدات لا تحتوي إلا على قاعدة ازوتية واحدة هي الأوراسيل - U - وبذلك يرمز له بـ Poly U ARNm.

في آخر التجربة وسط واحد من هذه الأوساط يظهر سلسلة عديد الببتيد مشعة، هذا الوسط يتميز بتوفره على الحمض الأميني الفينيلالانين .

1) ماذا تستنتج من هذه المعطيات ؟  
عندما نستعمل ARN Poly-C نحصل على متتالية من البرولين .Pro

عندما نستعمل ARN Poly-A نحصل على متتالية من الليزين Lys.  
عندما نستعمل ARN Poly-GU نحصل على متتالية من حمضين أميين السيستين - الفالين Val-Cys.

2) حدد الوحدة الرمزية التي تطابق كل حمض أميني من الأحماض الأمينية التي تكشف عنها التجارب السابقة.

1) يتبين من هذه المعطيات أن الطابع الوراثي الأساسي يوجد على شكل ثلاثي من النيكلوتيدات، حيث أن الثلاثي UUU يرمز للحمض الأميني الفينيلالانين.

2) الوحدة الرمزية CCC ترمز للحمض الأميني البرولين. والوحدة الرمزية AAA ترمز للحمض الأميني الليزين. والوحدة الرمزية GUG ترمز للحمض الأميني الفالين، والوحدة الرمزية UGU ترمز للحمض الأميني السيستين.

نستخلص من هذه التجارب أن كل ثلاثي نيكلوتيدي يشكل وحدة رمزية Codon، ويرمز لأحد الأحماض الأمينية. وباستعمال نفس التقنية التجريبية السابقة، تمكن الباحثون من تحديد الوحدات الرمزية التي تشير إلى 20 نوعا من الأحماض الأمينية المكونة للبروتينات، فتم تجميع النتائج المحصل عليها في جدول الرمز الوراثي الممثل على الوثيقة 3، لوحدة 4.

#### اللوحة 4

♥ الوثيقة 3 :

تبعاً لتجارب مماثلة للتجارب السابقة تم الحصول على نتائج الجدول الممثل على الوثيقة 3 (جدول الرمز الوراثي) Code génétique الذي يعطي مختلف التوافقات الممكنة لأربع نيكلوتيدات مأخوذة بثلاثة ومعاني هذه التركيبات.

		الحرف الثاني								
		U		C		A		G		
الحرف الأول	U	UUU	الفينيلالانين	UCU	سيرين Ser	UAU	تيروزين	UGU	سيستين	U
		UUC	Phe	UCC		Tyr	UGC	Cys	C	
		UUA	لوسين	UCA		بدون معنى STOP	UGA	بدون معنى STOP	A	
		UUG	Leu	UCG		UAG	UGG	تريبوفان Trp	G	
	C	CUU	لوسين Leu	CCU	برولين Pro	CAU	هستدين	CGU	أرجينين Arg	U
		CUC		CCC		His	CGC	C		
		CUA		CCA		Gln	CGA	A		
		CUG		CCG		CAG	CGG	G		
	A	AUU	ازولوسين Ileu	ACU	تريونين Thr	AAU	أسبارجين	AGU	سيرين Ser	U
		AUC		ACC		Asn	AGC	C		
		AUA		ACA		ليزين Lys	AGA	أرجينين Arg	A	
		AUG		Met		ACG	AAG	AGG	G	
	G	GUU	فالين Val	GCU	فالين Val	GAU	حمض أسبارتيك Asp	GGU	غليسين Gly	U
		GUC		GCC		GAC	GGC	C		
		GUA		GCA		GAA	GGA	حمض الغلوتاميك Glu		A
		GUG		GCG		GAG	GGG	G		

يتبين من هذه الوثيقة أن الرمز الوراثي يتكون من  $4^3$  أي 64 وحدة رمزية تتكون من ثلاثيات من النيكلوتيدات، حيث أن عدة ثلاثيات ترمز لنفس الحمض الأميني، وبعض الثلاثيات لا ترمز لأي حمض أميني نقول أنها بدون معنى أو وقف، هي ( UGA , UAG , UAA ).

**c - مراحل الترجمة:** أنظر الوثائق، لوحدة 5.

★ العناصر اللازمة للترجمة:

يحتاج تركيب البروتينات بالإضافة إلى ARNm و المورثة إلى:

← ريبوزومات و هي عضيات سيتوبلازمية صغيرة يتشكل كل واحد منها من وحدة صغيرة و وحدة كبيرة، وتتكون كل وحدة من ARN ريبوزومي (ARNr) و من بروتينات. وتتكون الريبوزومات داخل النوية.

← **ARN ناقل (ARnt) الموجود بالسيتوبلازم، ويختص بنقل الأحماض الأمينية الحرة المطابقة**

- للوحدة الرمزية. تتكون جزيئة ARnt من نيكليوتيدات وتتضمن موقعين: أنظر الوثيقة
- موقع يحتوي على ثلاث نيكليوتيدات مكملة للوحدة الرمزية المشيرة لحمض أميني معين، ويسمى هذا الثلاثي النيكليوتيدي مضاد الوحدة الرمزية Anticodon.
- موقع لتثبيت الحمض الأميني المناسب للوحدة للوحدة الرمزية.

← **أحماض أمينية و هي 20 حمض أميني طبيعي.**

← **طاقة لمختلف مراحل التركيب ، مصدرها الاستقلاب الطاق.**

← **عوامل منشطة**

★ **مراحل الترجمة:**

يمكن تلخيص ظاهرة تركيب البروتينات في ثلاثة مراحل أساسية و هي:

← **المرحلة الأولى: البداية**

اللوحة 5	
<p>موقع تثبيت الحمض الأميني</p>	<p>الشكل 2: جزيئة ARnt</p>
	<p>موقع تعرف الوحدة الرمزية = مضاد الوحدة الرمزية</p>
<p>ARNm 5' — G-C-C — 3'</p>	<p>الشكل 1: الريبوزوم وعلاقته بـ ARnt و ARNm</p>

خلال هذه المرحلة تلتصق وحدتي الريبوزومات بـ ARNm، على مستوى الوحدة الرمزية AUG، التي تمثل إشارة البدء، وترمز للحمض الأميني الميثيونين الذي يرتبط بـ ARnt خاص يسمى ARnt المبتدي، والحامل لمضاد الوحدة الرمزية UAC.

← **المرحلة الثانية: الاستطالة**

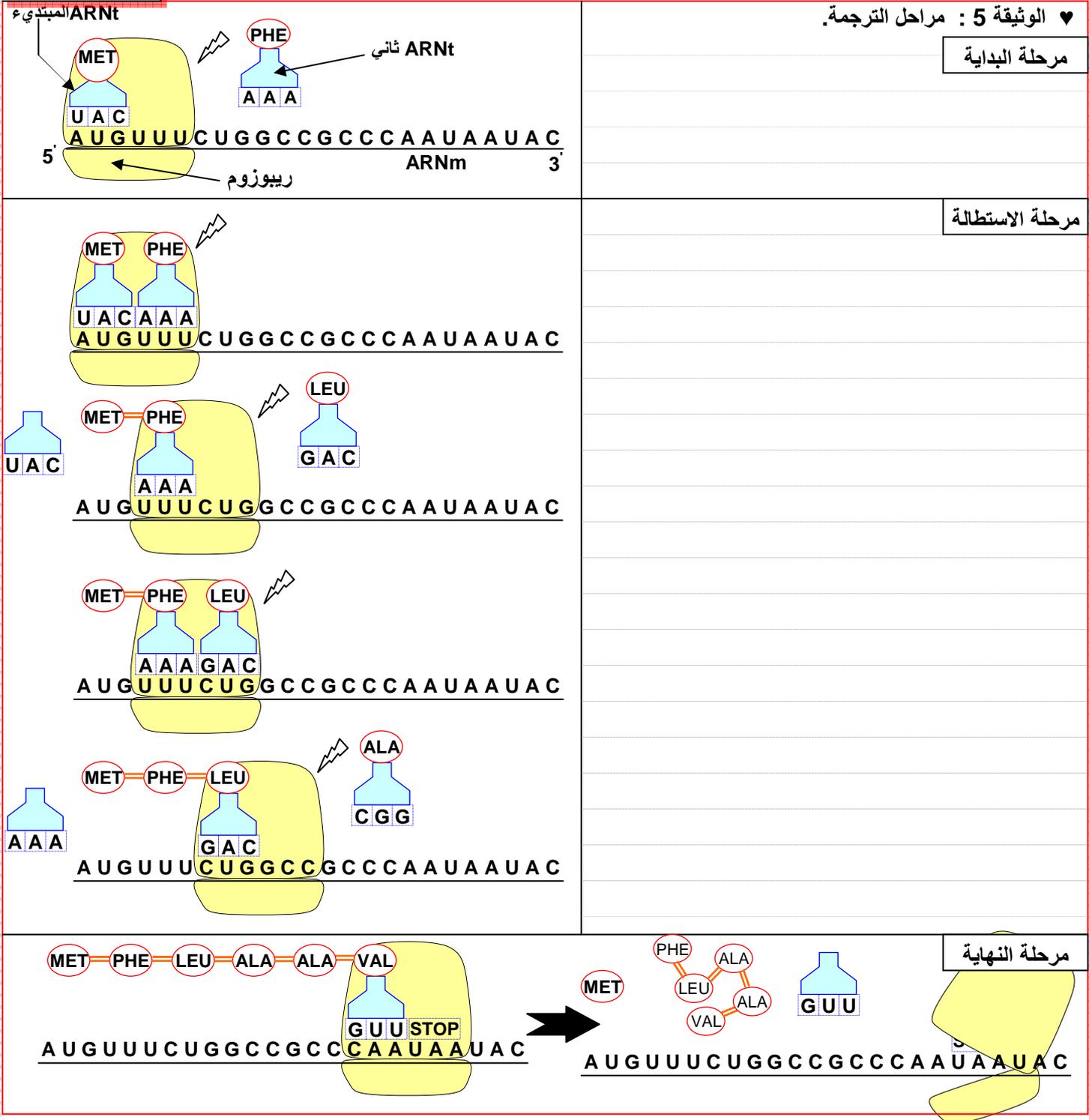
- وصول ARnt آخر حاملا معه حمض أميني ثاني مطابق للوحدة الرمزية الموالية على ARNm . تتشكل رابطة بيبتيديية بين Met و الحمض الأميني الموالي، فتتفصل الرابطة بين Met و ARnt المبتديء الذي يغادر الريبوزوم.
- يتحرك الريبوزوم بوحدة رمزية واحدة، ليصل ARnt ثالث، وهكذا تتضاعف الأحماض الأمينية في السلسلة البيبتيديية.

← **المرحلة الثالثة: النهاية**

عندما يصل الريبوزوم إلى الوحدة الرمزية قف (UAA أو UAG أو UGA) لا يدمج أي حامض أميني، إذ لا يوجد أي ARnt متكامل مع هذه الوحدات الرمزية. فتفترق وحدتي الريبوزوم عن

بعضهما البعض و عن ARNm و يتم تحرير السلسلة البيبتيدية. كما ينفصل الحمض الأميني Met عن باقي السلسلة البيبتيدية .

### اللوحة 5



### ملحوظة:

إن جزيئة واحدة من ARNm تتم ترجمتها في نفس الوقت بواسطة عدة جسيمات ريبية، تنتقل على طول خييط ARNm، مما يسمح بتكون عدة بروتينات في نفس الوقت.

## الفصل الثالث:

# الهندسة الوراثية : مبادئها وتقنياتها

**تمهيد :** تمكن علماء الوراثة منذ السبعينات من نقل وتوظيف مورثات متنوعة ضمن خلايا أخرى أجنبية، الشيء الذي يعطي خلايا هجينة لم تكن موجودة من قبل في الطبيعة. بعد ذلك تم الانتقال من التجارب المخبرية إلى المجال الصناعي، حيث تأسست صناعة حقيقية تعتمد على التغيير الوراثي للخلايا الحية بواسطة نقل المورثات. تسمى التقنيات المعتمدة في هذا التغيير الوراثي: الهندسة الوراثية.

## 1 - مفهوم التغيير الوراثي ؟

### ① الانتقال الطبيعي لمورثات البكتيريا At إلى نبات:

أ - معطيات تجريبية : أنظر نشاط 1، لوحة 1.

#### اللوحة 1



الوثيقة 1

#### ① نشاط 1: مفهوم التغيير الوراثي:

دراسة حالة: مرض جرب السنخ *La galle du collet* ، عبارة عن ورم سرطاني ضخم يظهر عند بعض النباتات على مستوى السنخ، وهي منطقة التقاء الساق والجذر (الوثيقة 1) ، ونظرا لأثره الحاسم على الاقتصاد فقد كان موضوع عدة أبحاث وتجارب.

#### ← التجربة الأولى : ( E . Smith et C . Townsend en 1907 )

عزل الباحثان من ورم سرطاني في جذر نبات بكتيريا تدعى *At = Agrobacterium tumefaciens* ( الوثيقة 2 ). وبعد ذلك تم زرع هذه البكتيريا في فتحة حديثة ( أقل من يومين ) أنجزت على نبات سليم، فلو حظ ظهور الورم السرطاني في النبتة.  
1) ماذا يمكنك استنتاجه من هذه التجربة؟

#### ← التجربة الثانية: ( A. Braun 1972 ) .

لقد استطاع هذا الباحث أن يزرع نسيج جرب السنخ لا يحتوي على بكتيريا في وسط معين بدقة، يتكون فقط من السكرز وأملاح معدنية. فلاحظ أن خلايا النسيج تتكاثر بصورة فوضوية عكس الخلايا العادية التي تتكاثر ببطء مطلوبة وجود الهرمونات النباتية.

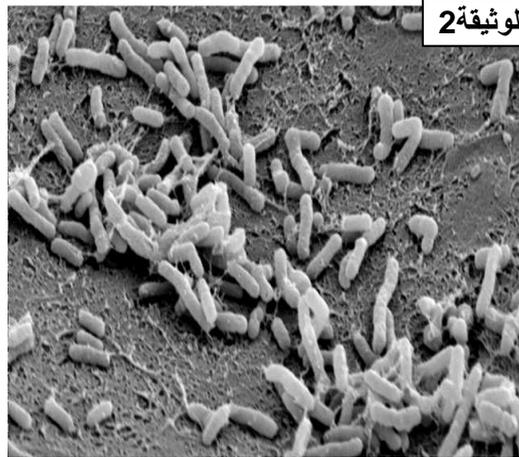
2) ما التغيير الذي حدث لخلايا السنخ بوجود البكتيريا

*A. Tumefaciens* ؟

3) ما الفرضية التي يمكنك إعطاؤها حول التغيير الذي أصاب سلوك الخلايا النباتية؟

اكتشفت مجموعة من الباحثين وجود نمطين من بكتريات *Agrobacterium tumefaciens* : A و B. وهذان النمطان يسببان المرض (يؤديان إلى تكون ورم). حيث يؤدي النمط A إلى تكون ورم تركيب خلاياه النوبالين *Nopaline* بينما يؤدي النمط B إلى تكون ورم تركيب خلاياه الأكتوبين *Octopine* (النوبالين و الأكتوبين عبارة عن مشتقات من مستقلبات مشتركة تتكون في معظمها من أحماض أمينية وأحماض سيتونية مختلفة أو سكريات).

4) ما مكمّل الفرضية الذي يمكنك إعطاؤه حول التغيير الذي أصاب سلوك هذه الخلايا؟



الوثيقة 2

## ب - تحليل المعطيات التجريبية :

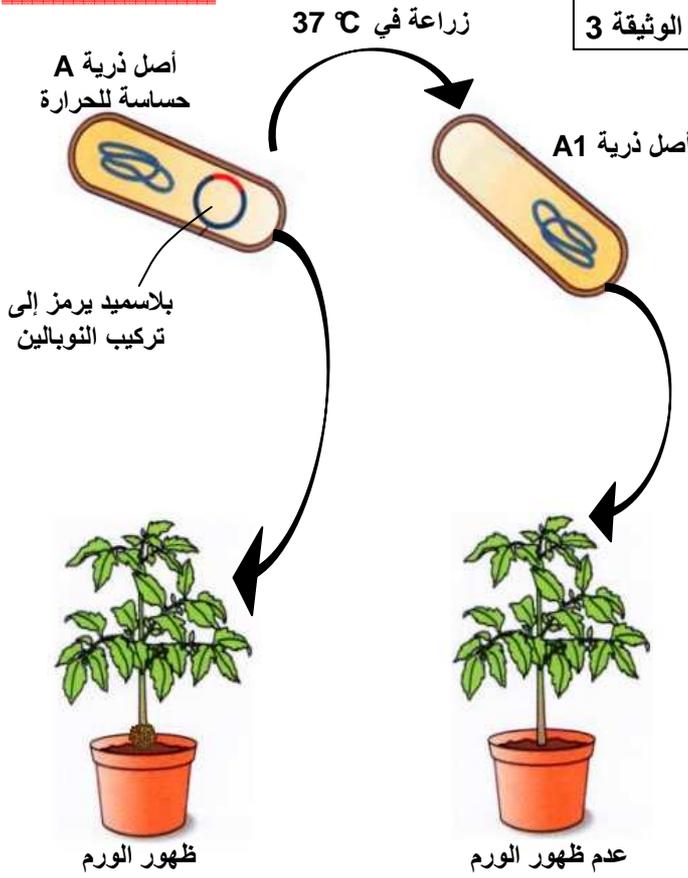
1) نستنتج من هذه التجربة أن البكتيريا *At* هي المسؤولة عن ظهور الورم السرطاني عند النباتات السليمة.

(2) التغيرات التي تطرأ على خلايا السنخ بواسطة البكتيريا *At* هي التكاثر العشوائي والسريع غير المنتظم لخلايا النبتة دونما حاجة إلى الهرمونات النباتية المسؤولة أصلاً عن نمو خلايا السنخ.

(3) الفرضية: نقلت البكتيريا *At* إلى الخلايا النباتية مادة ما أدت إلى تغيير على مستوى الخبر الوراثي وبالتالي اكتساب الخلايا النباتية صفة التكاثر العشوائي.

(4) ربما أن التغير في جينوم الخلايا النباتية ناتج عن إدخال مورثات بكتيرية إلى الخلايا النباتية، هذه المورثات هي التي تتحكم في تركيب النوبالين والأكتوبين.

### اللوحة 1



### التجربة الثالثة:

تمكن باحثون من عزل البكتيريا *Agrobacterium tumefaciens* ، وبعد دراسة مكوناتها وجدوا ADN حلقية تدعى البلاسميد *Ti* . نزرع في درجة حرارة  $37^{\circ}\text{C}$  أصل ذرية ل *Agrobacterium tumefaciens* من النمط *A* حساسة للحرارة، فنحصل على أصل ذرية *A1*. تبين الوثيقة 3 بقية التجربة .

(5) فسر النتائج المحصل عليها.

### التجربة الرابعة:

لتوضيح دور البلاسميد ( حلقة صغيرة من ADN تحمل مورثات إضافية ) ننجز التجربة التالية:

ندخل في نبات سليم بكتيريات *A1* لا تسبب المرض ومقاومة للمضادات الحيوية، وبكتيريات *B* مسببة للمرض وحساسة للمضادات الحيوية فيتكون ورم ( أنظر الوثيقة 4، لوحة 2 ).

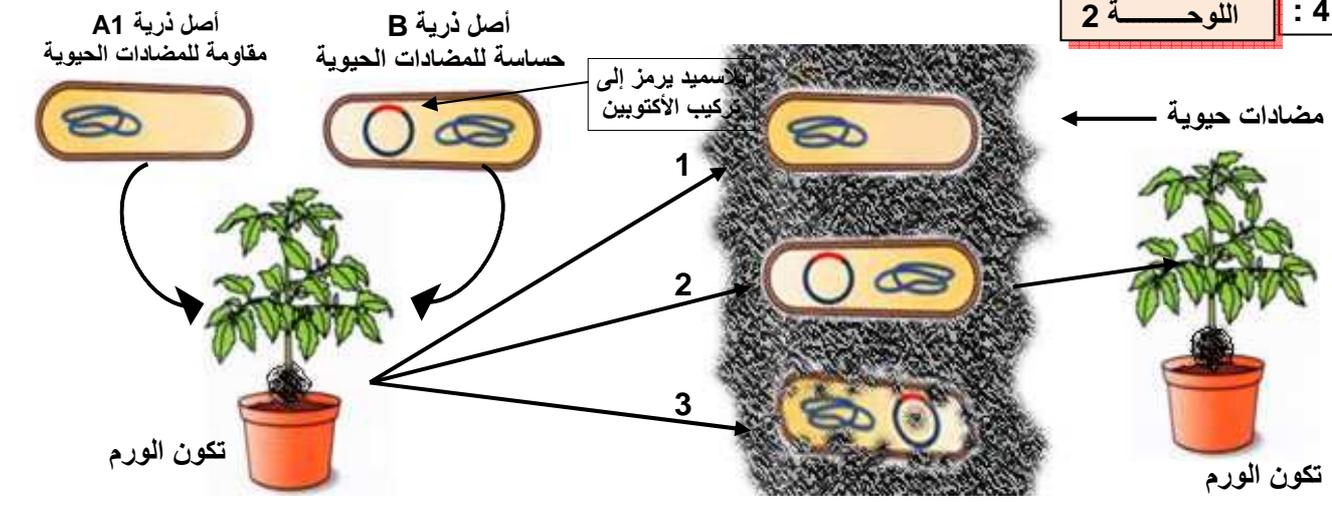
(6) ما التفسير الذي تقترحه بالنسبة لنتيجة هذه التجربة؟ نسحق الورم ونبسطة فوق وسط زرع يحتوي على مضادات حيوية: نتائج التجربة ممثلة في الجزء الأسفل من الوثيقة 4، لوحة 2.

(7) تعرف على البكتيريات 1 و 2 و 3 المحصل عليها.

(8) هل يمكنك تحديد دور البلاسميد؟

(9) انطلاقاً من نتائج التجارب السابقة وبعتمادك على الوثيقة 5 لوحة 2 ، اشرح كيفية تكون الورم في مستوى السنخ عند النبات.

### الوثيقة 4 : اللوحة 2

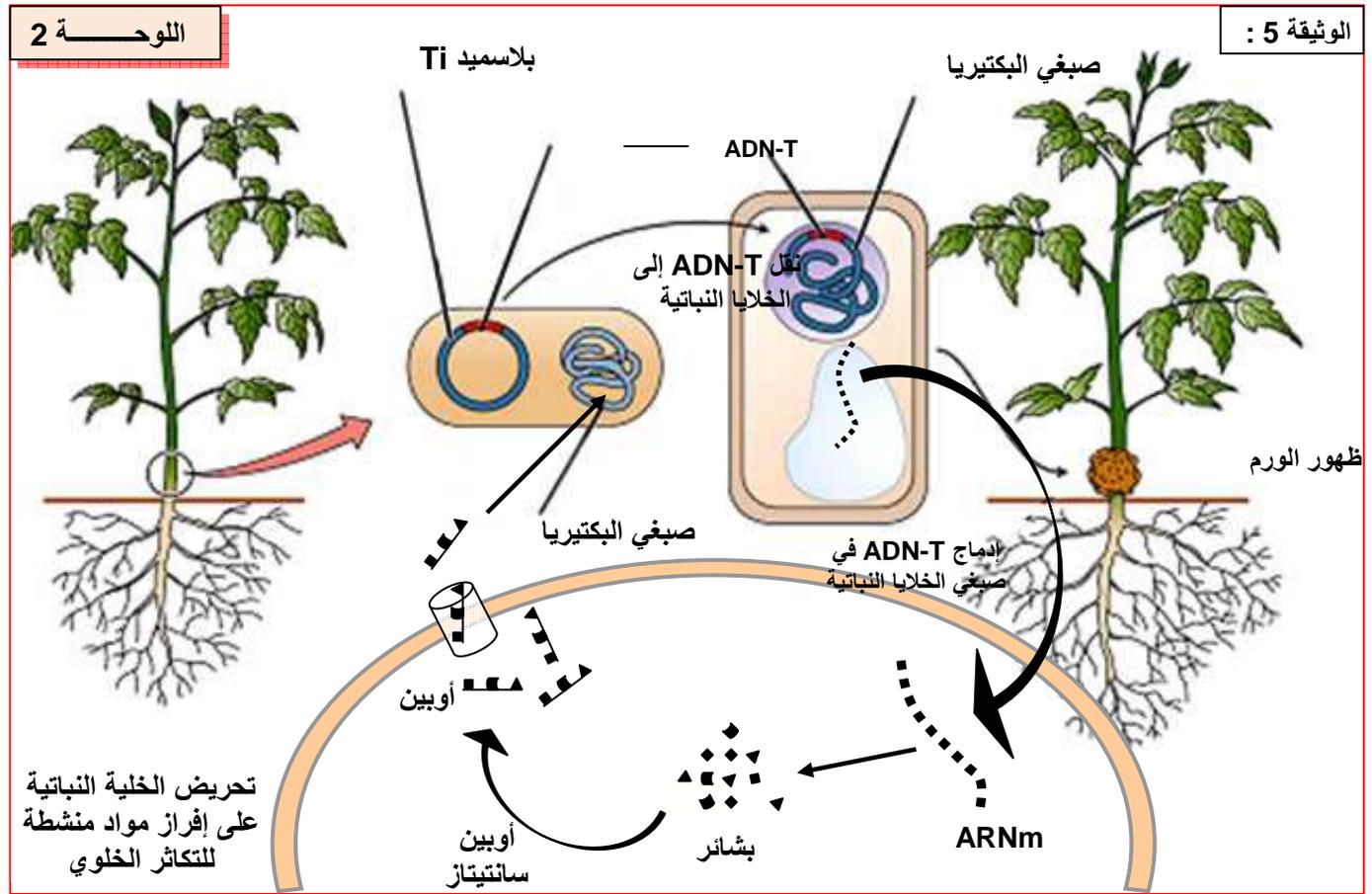


(5) نلاحظ أنه تحت تأثير الحرارة، يتم تفكيك البلاسميد المسؤول عن تركيب النوبالين، وينتج عن هذا التفكك عدم إصابة النبتة بالورم، فالبلاسميد اذن هو المسؤول عن القدرة الممرضة للبكتيريا.

6) إن البكتيريا A1 فقدت قدرتها الممرضة لغياب البلاسميد. لذا يمكن تصور أن البكتيريا B المتوفرة على البلاسميد المسؤول عن تركيب الأكتوبين هي التي تؤدي إلى ظهور الورم عند النبتة.

7) البكتيريا 1 غير ممرضة ومقاومة للمضادات الحيوية، ادن هي البكتيريا A1. البكتيريا 2 تحتوي على بلاسميد ومقاومة للمضادات، ادن هي نمط هجين يحمل صفات A1 و B. البكتيريا 3 هي حساسة للمضادات الحيوية، ادن هي بكتيريا B.

8) لقد ظهرت بكتيريا جديدة تشبه A1 وتملك بلاسميد البكتيريا B، وتحدث المرض، نستنتج من هذا أن البلاسميد يستطيع الانتقال من خلية بكتيرية إلى أخرى محدثا تغيرا في الصفات، ومن هذا فان البلاسميد مسؤول عن تغيير الخبر الوراثي.

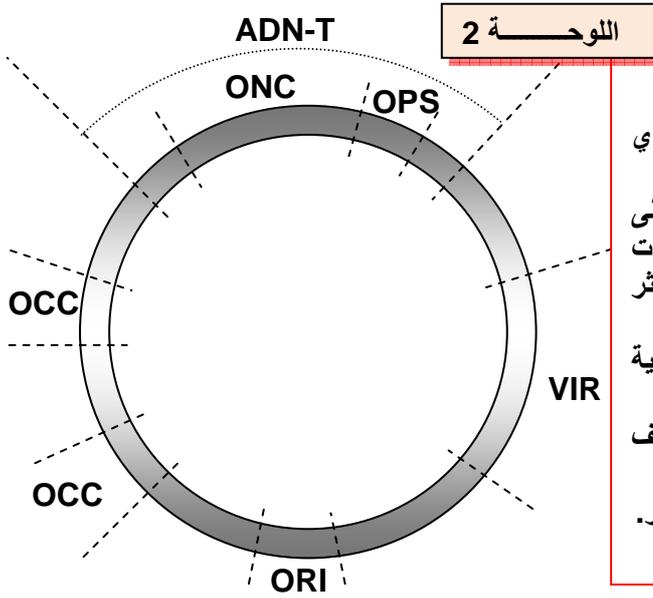


9) يظهر جرب السنخ على مراحل هي:

- المرحلة الأولى: تنفذ البكتيريا في جرح يكون قريبا من سنخ النبات، فتقوم بحقن بلاسميدها Ti في الخلية النباتية. هذا البلاسميد يحتوي على قطعة من ADN تدعى ADN-T.
- المرحلة الثانية: تدمج المراتب ADN-T ضمن ADN الخلية النباتية العائلة، لتدخل تلك القطعة ضمن ذخيرتها الوراثية.
- المرحلة الثالثة: تستنسخ ARNm من مورثات ADN-T، وتترجم إلى بروتين في سيتوب لازم الخلية النباتية. هذا البروتين هو أنزيم يحفز تفاعل تركيب الأوبين من طرف الخلية.
- المرحلة الرابعة: يؤدي الأوبين المركب إلى تكاثر الخلايا النباتية بايقاع مرتفع، مما ينتج عنه ورم. كما أن الأوبين المفرز خارج الخلية يؤدي إلى تكاثر البكتيريا At.

## ② خلاصة:

إن جرب السنخ ناتج عن تغير وراثي لخلايا النبتة. هاته الصفة أصبحت وراثية، ويعتبر بلاسميد البكتيريا عامل نقل المورثة من البكتيريا إلى الخلية النباتية. ولقد مكنت دراسة هذه الظاهرة من وضع الخريطة الوراثية للبلاسميد Ti عند البكتيريا At. أنظر الوثيقة 6 لوحة 2.



اللوحة 2

### الخريطة الوراثية للبلاسميد Ti عند البكتيريا At

- يرمز لهذا البلاسميد بـ Ti ، نسبة لـ Tumor inducing أي محرض للورم.
- Transferred ADN = ADN-T الجزء الذي ينتقل إلى الخلايا النباتية ويندمج مع ذخيرتها الوراثية. ويرمز للمورثات المسؤولة عن تركيب الأوبيينات (OPS)، والمسؤولة عن التكاثر العشوائي (ONC)
- الوظيفة VIR مسؤولة عن إدماج ADN-T في المادة الوراثية للخلية النباتية.
- الوظيفة OCC مسؤولة عن هدم الأوبيينات المحررة من طرف النبتة.
- الوظيفة ORI مسؤولة عن النسخ الذي يمكن البلاسميد من التكاثر.

## II - آليات الهندسة الوراثية.

### ① الوسائل المستعملة في الهندسة الوراثية:

أ - بكتيريا *Escherichia coli*: أنظر الوثيقة 1، لوحة 3.

اللوحة 3

☆ الوثيقة 1: أهمية اختيار بكتيريا *Escherichia coli* في الهندسة الوراثية.

تعتبر العصية الكولونية *La Colibacille E.coli* ، الكائن المفضل عند العلماء المهتمين بميدان الهندسة الوراثية وذلك لعدة اعتبارات، أهمها القدرة الكبيرة لهذا الكائن على التكاثر ( تنقسم كل 20 دقيقة )، و كذلك لتوفره بالإضافة للصبغي الأساسي على عدة بلاسميدات يمكن استغلالها كناقلات للمورثات، كما أن سيتوبلازم هذه البكتيريا غني بالجسيمات الريبية والعناصر الضرورية لتركيب البروتينات.

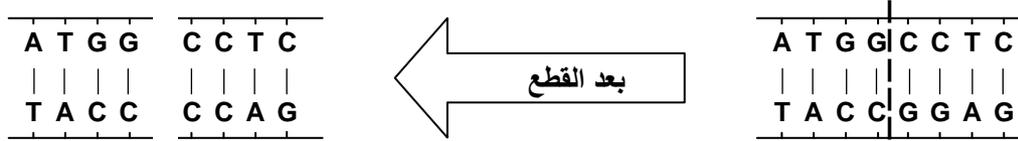
ب - أنزيمات الفصل وأنزيمات الربط : أنظر الوثيقة 2، لوحة 3.

### a - أنزيمات الفصل les enzymes de restriction

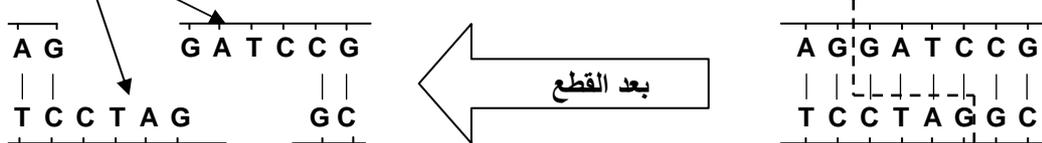
إنها أنزيمات نوعية قادرة على التعرف في مستوى جزيئة ADN على تسلسلات دقيقة من القواعد الازوتية، وقطع الجزيئة على مستواها. ويحمل كل أنزيم فصل اسم النوع البكتيري الذي استخلص منه.

### b - أنزيمات الربط Les ligases

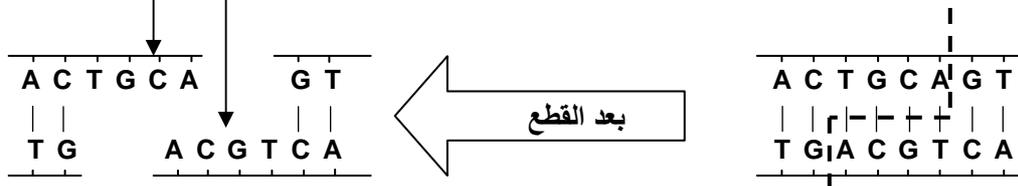
هي أنزيمات نوعية قادرة على ربط أجزاء ADN مقطوعة، وذلك بربط الأطراف الموحدة مع بعضها حسب مبدأ تكاملية القواعد الازوتية.



أطراف موحدة

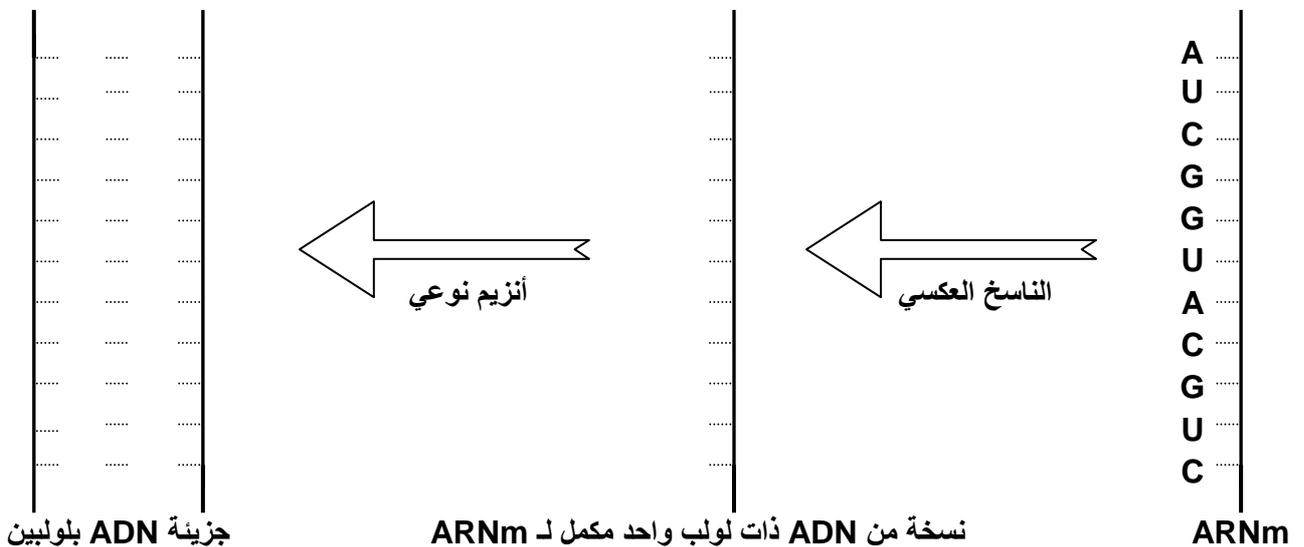


أطراف موحدة



ج - النسخ العكسي : أنظر الوثيقة 3، لوحة 3.  
هو أنزيم يستطيع تركيب جزيئة ADN انطلاقا من جزيئة ARNm.

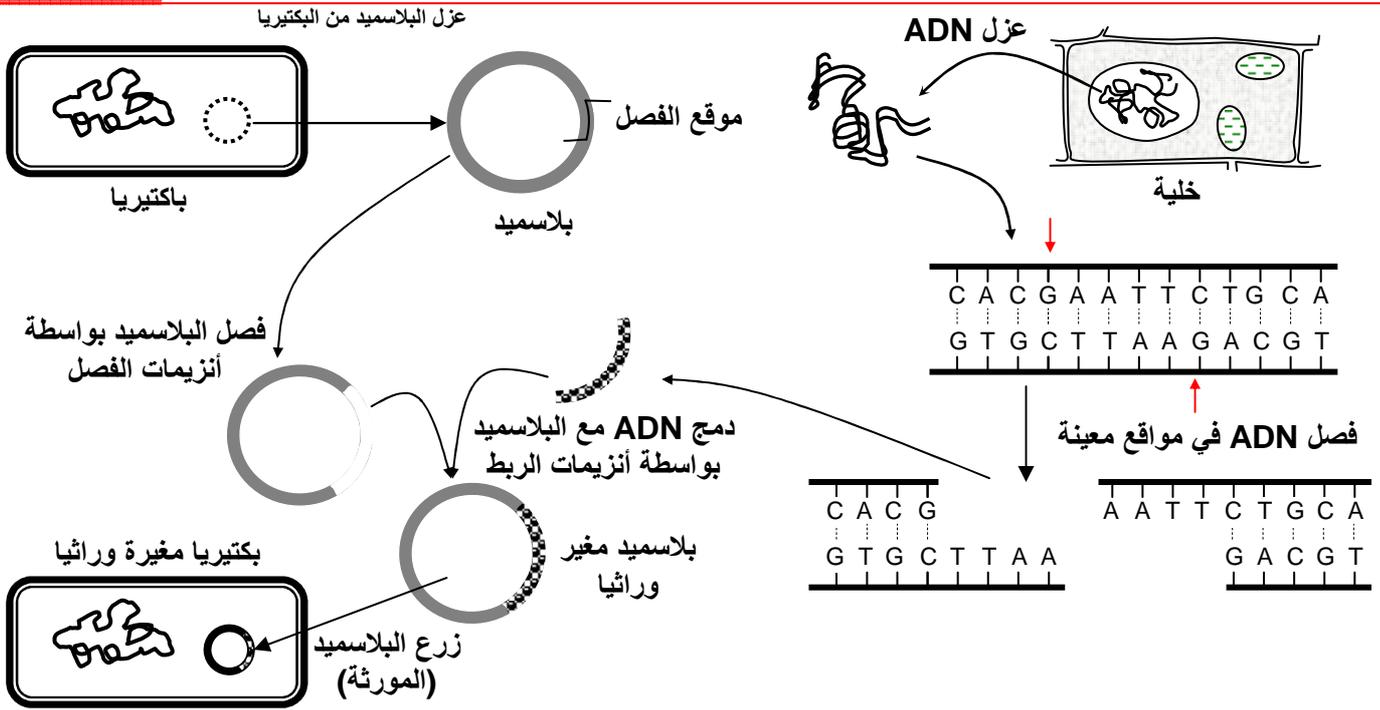
النسخ العكسي هو أنزيم يعمل على تركيب جزيئة ADN انطلاقا من جزيئة ARNm، وهكذا يمكن تركيب المورثة التي ترمز لبروتين معين انطلاقا من ARNm الذي يرمز له.  
انطلاقا من جزيئة ARNm التالية، حدد خيط ADN المنفرد الناتج عن النسخ العكسي، ثم حدد جزيئة ADN المزدوجة والتي تمثل المورثة المرغوبة.



## ② مراحل نقل مورثة إلى بكتيريا : أنظر الوثيقة 1، لوحة 4.

اللوحة 4

الوثيقة 1: نقل المورثة من خلية إلى بكتيريا



يتطلب نقل مورثة إلى بكتيريا معينة المرور من المراحل التالية:

### أ - عزل المورثة ( جزء من ADN )

بعد تحديد الصفة المرغوبة، يتم عزل المورثة التي ترمز لها، وذلك بطريقتين:

- عزل ADN الخلية التي تحتوي على المورثة المراد نقلها، ثم يتم تقطيع جزيئة ADN بواسطة أنزيمات الفصل.
- استخلاص ARNm من الخلية التي تحتوي على المورثة المراد نقلها، وبواسطة الناسخ العكسي يتم تركيب ADNc الذي يكون حاملا للمورثة المرغوبة، ثم تضاف لـ ADNc أطراف موحدة.

### ب - إدماج المورثة داخل متعضي ناقل.

نستخرج من خلية E.coli ناقل معزول (= بلاسميد). يتم قطع البلاسميد بواسطة أنزيم الفصل. ثم يتم ربط ADN البلاسميد بالجزء من ADN المراد نقله بواسطة أنزيم الربط. فنحصل بذلك على بلاسميد مغير يتم إدخاله داخل متعضي ناقل ( خلية E.coli ).

### ج - نقل وتلميم المورثة.

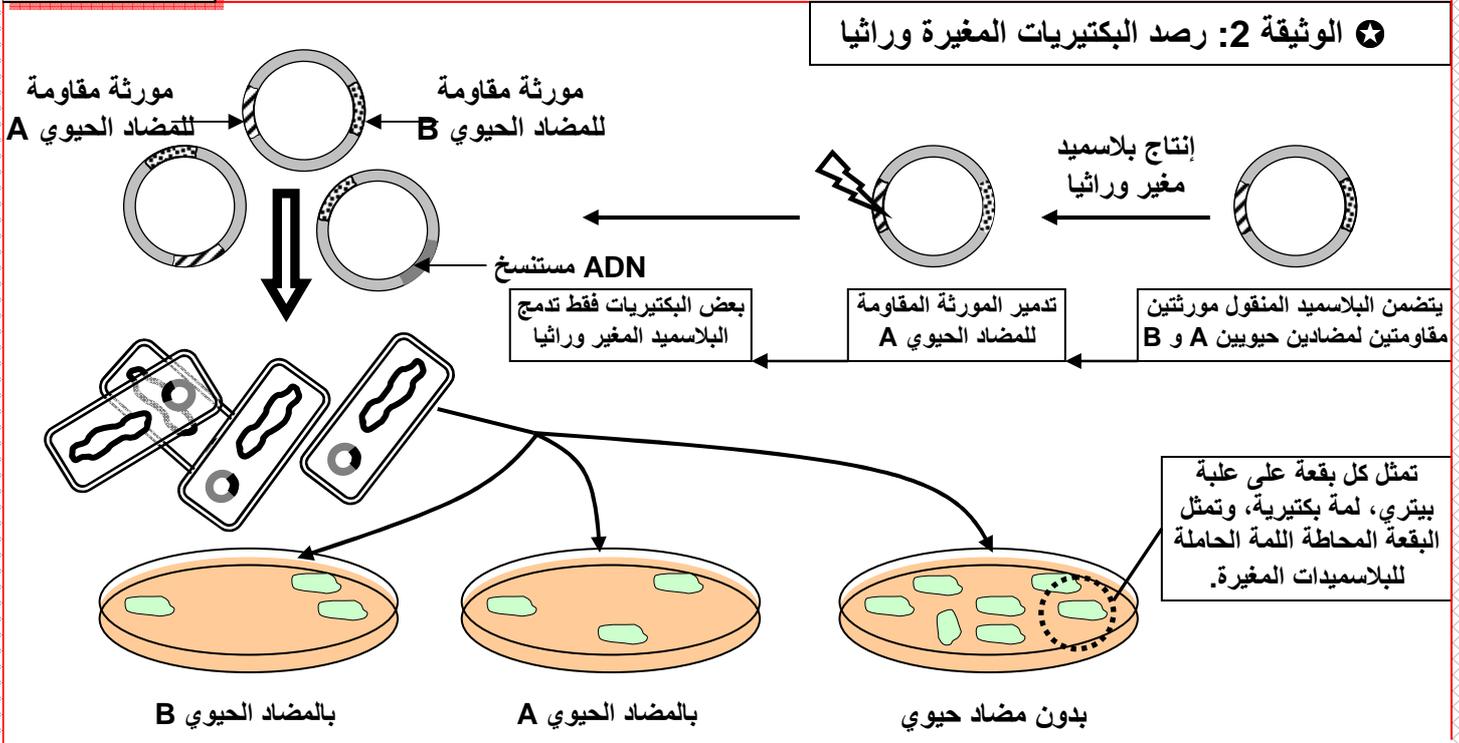
داخل علبة بيثري، يتم زرع البكتيريا المحتوية على ADN المغير، فتتكون لمات، يتم نقل هذه اللمات إلى علبة جديدة، فنحصل بذلك على عدة لمات بعضها يحتوي على البكتيريا المغيرة وراثيا.

### د - رصد البكتيريات المغيرة وراثيا. أنظر الوثيقة 2، لوحة 4.

قبل زرع الخلايا لابد من التأكد من كونها تحتوي فعلا على البلاسميد المغير، نستغل لهذا الغرض خصائص البلاسميد، كخاصية المقاومة للمضادات الحيوية.

نلاحظ أن البلاسميد المستعمل في هذه الحالة يتميز بوجود مورثتين: المورثة A (مقاومة المضاد الحيوي A) والمورثة B (مقاومة المضاد الحيوي B). بعد دمجها للمورثة الجديدة، فقد البلاسميد المورثة A دون أن يفقد المورثة B. اذن البكتيريا الحاملة للبلاسميد المغير ستكون حساسة للمضاد الحيوي A ومقاومة للمضاد الحيوي B. وهكذا يتم رصدها باستعمال هذه المضادات الحيوية.

#### اللوحة 4



#### ه - تعبير المورثة.

بعد الحصول على اللمات التي تحتوي على المورثة المطلوبة، يتم زرع هذه الخلايا المغيرة في مخمرات صناعية لتتكاثر وتنتج أكبر كمية من المادة الناتجة عن ترجمة المورثة المدمجة في البلاسميد. لكي تقوم البكتيريا بإنتاج بروتينات لا تحتاجها، تضاف إلى المورثة المرغوبة وحدات وظيفية منظمة.

#### ③ خلاصة : تعريف الهندسة الوراثية

الهندسة الوراثية هي استخلاص جزء من ADN حامل لمورثة مطلوبة، وزرعها في خلايا أخرى (بكتيريا أو خلايا الخميرة ...). وهكذا يتم الحصول اصطناعيا على خلايا هجينة لم تكن موجودة من قبل في الطبيعة، قادرة على إنتاج بروتينات معينة مطلوبة.

#### III - أمثلة لتطبيقات الهندسة الوراثية.

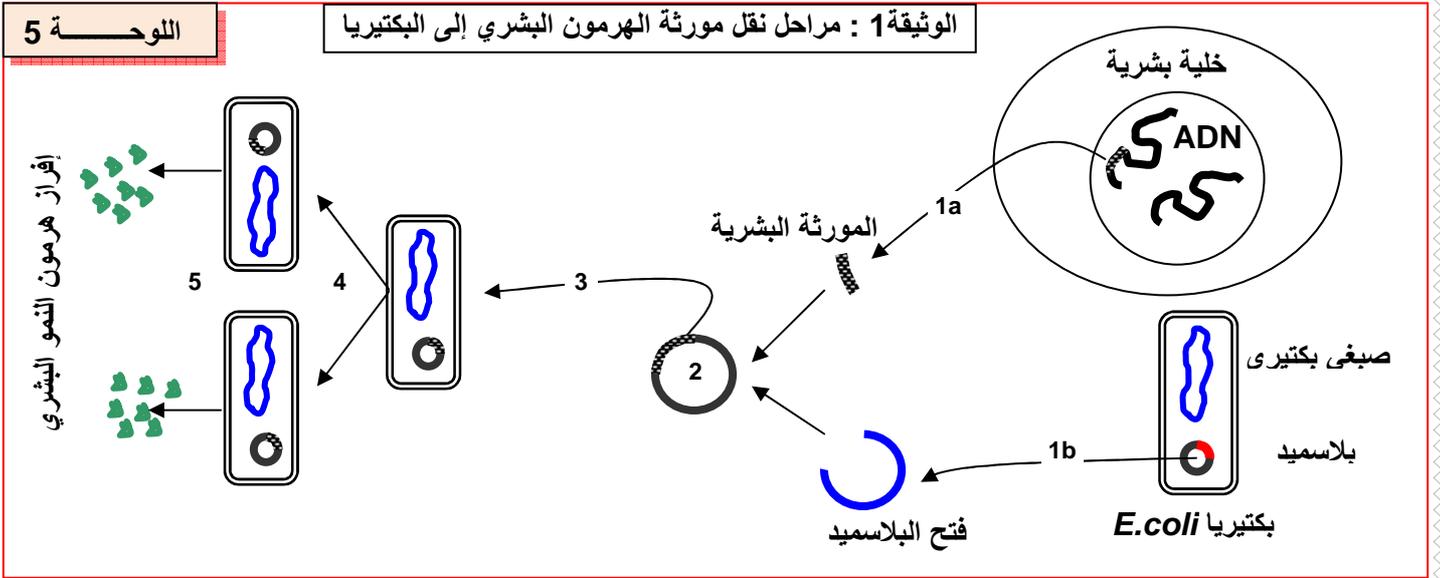
##### ① الإنتاج الصناعي لهرمون النمو البشري أنظر نشاط 3، وثيقة 1، لوحة 4.

#### اللوحة 4

##### ☆ الوثيقة 1: الإنتاج الصناعي لهرمون النمو ( Human growth hormone ) HGH

هرمون النمو البشري HGH يفرز من طرف الغدة النخامية، ويتكون من سلسلة بروتينية تتألف من 191 حمض أميني. وهو المسؤول عن نمو القامة، إذ يؤدي كل نقصان في إفرازه إلى تأخير في النمو. لتعويض هذا النقص، استغل هرمون النمو لدى الأبقار منذ 1944 لكن المحاولة كانت غير موفقة لاختلاف التركيب الكيميائي، كما استغلت كذلك مستخلصات نخامية من جنث بشرية. وهي كذلك غير كافية. لكن بفضل الهندسة الوراثية يتم حاليا إنتاج هرمون النمو بشكل وافر. بالاعتماد على معلوماتك حول تقنيات الهندسة الوراثية، وعلى الوثيقة 1 لوحة 5، بين كيف يمكن إنتاج هرمون النمو.

## a - نقل المورثة: أنظر الوثيقة 1، لوحة 5.



+ عزل المورثة المرغوب فيها: يمكن الحصول عليها إما بعزل ADN البشري وتجزئته باستعمال أنزيمات الفصل. أو انطلاقاً من ARNm المستخلص مباشرة من خلايا الغدة النخامية البشرية والذي يخضع بعد ذلك لعملية النسخ العكسي ثم بلمرة الشريط الأخر بفضل أنزيم البلمرة (ADN polymerase).

+ رصد الجزء المرغوب فيه ضمن أجزاء ADN المحصل عليها بعد تجزيته. تذكر أننا نتوفر على معلومات كافية حول الجزء المبحوث عنه ضمن الأجزاء الناتجة عن تجزيء ADN. في البداية لابد من فصل الأجزاء فيما بينها: نستعمل تقنية الهجرة الكهربائية (Électrophorèse). بعد ذلك نسلط عليها ARN مجس (يكون مشعاً وله القدرة على الارتباط بجزء ADN المبحوث عنه).

+ إدماج المورثة المحصل عليها في الوسيلة الناقلة: الوسيلة المستعملة هنا هي البلاسميد. هذه المرحلة تتطلب استعمال أنزيم الفصل لفتح البلاسميد ثم أنزيم الربط لدمج المورثة.

+ إدخال البلاسميد المركب (المغير) في البكتيرية قصد التكاثر (يمكن الإشارة هنا إلى أهمية  $Ca^{++}$  في امتصاص الخلية للبلاسميد المركب).

## b - رصد البكتيريا المغيرة وراثياً:

تهدف هذه المرحلة إلى تحديد البكتيريا التي تتوفر بداخلها على البلاسميد المركب، والتي ستكون قادرة على إنتاج هرمون النمو (يمكن الإشارة إلى أهمية معرفة خصائص البلاسميد المستعمل قبل دمجه للمورثة الدخيلة كمقاومتها لبعض المضادات الحيوية).

## c - زرع البكتيريا المركبة:

تزرع البكتيريا المركبة في مخمرات صناعية حيث جميع الظروف المناسبة في قيمتها المثلى قصد تسخيرها لإنتاج هرمون النمو بكمية وافرة.

## d - استخلاص المنتج (هرمون النمو):

تغمر البكتيريا في محلول سكري جد مركز (مفرط التوتر)، ثم يعاد غمرها في محلول جد مخف، فتتملى الخلايا وتطرد الهرمون إلى الوسط الخارجي عبر ثقب المحفظة.

## ② الإنتاج الصناعي للأنسولين Insuline أنظر وثيقة 2، لوحة 5.

اللوحة 5

### ☆ الوثيقة 2: الإنتاج الصناعي للأنسولين Insuline

الأنسولين هرمون مخفض لنسبة السكر في الدم، ويتم إنتاجه من طرف خلايا  $\beta$  لجزيرات Langerhans البنكرياسية . وكل نقص في هذا الهرمون يؤدي إلى مرض السكري. الذي يعالج في هذه الحالة بحقن الشخص بالأنسولين الحيواني، إلا أن استعماله في هذه الحالة يؤدي إلى ظهور حالات أرجية، بحكم اختلاف التركيب الكيميائي بين أنسولين الحيوانات والأنسولين البشري. بفضل تقنيات الهندسة الوراثية تم إنتاج الأنسولين البشري بكميات صناعية إذ تم تركيب المورثة انطلاقاً من ARNm المسئول عن إفراز هذا الهرمون . ثم بعد ذلك نقلت هذه المورثة إلى متعضيات مجهرية كخميرة البيرة وبعض العصيات التي تقوم بعد ذلك بإنتاج هذا الهرمون وطرحه في الوسط الخارجي مباشرة.

انطلاقاً من المعطيات السابقة ومن معارفك حول آليات الهندسة الوراثية:

- 1) بين أهمية اللجوء إلى الهندسة الوراثية لإنتاج الأنسولين البشري
- 2) أعط مراحل تطبيق الهندسة الوراثية لإنتاج الأنسولين البشري.

1) للأنسولين نفس الدور عند مختلف الثدييات، إلا أنه يظهر بعض الاختلافات في التركيب الكيميائي. ولذلك فاستعمال الأنسولين الحيواني عند الإنسان، يؤدي إلى ظهور حالات أرجية. ومن هنا تظهر أهمية اللجوء إلى الهندسة الوراثية لإنتاج أنسولين مطابق للأنسولين البشري. كما أن هذا الأنسولين يكون بكميات وافرة، وبكلفة أقل.

2) مراحل تطبيق الهندسة الوراثية لإنتاج الأنسولين البشري :

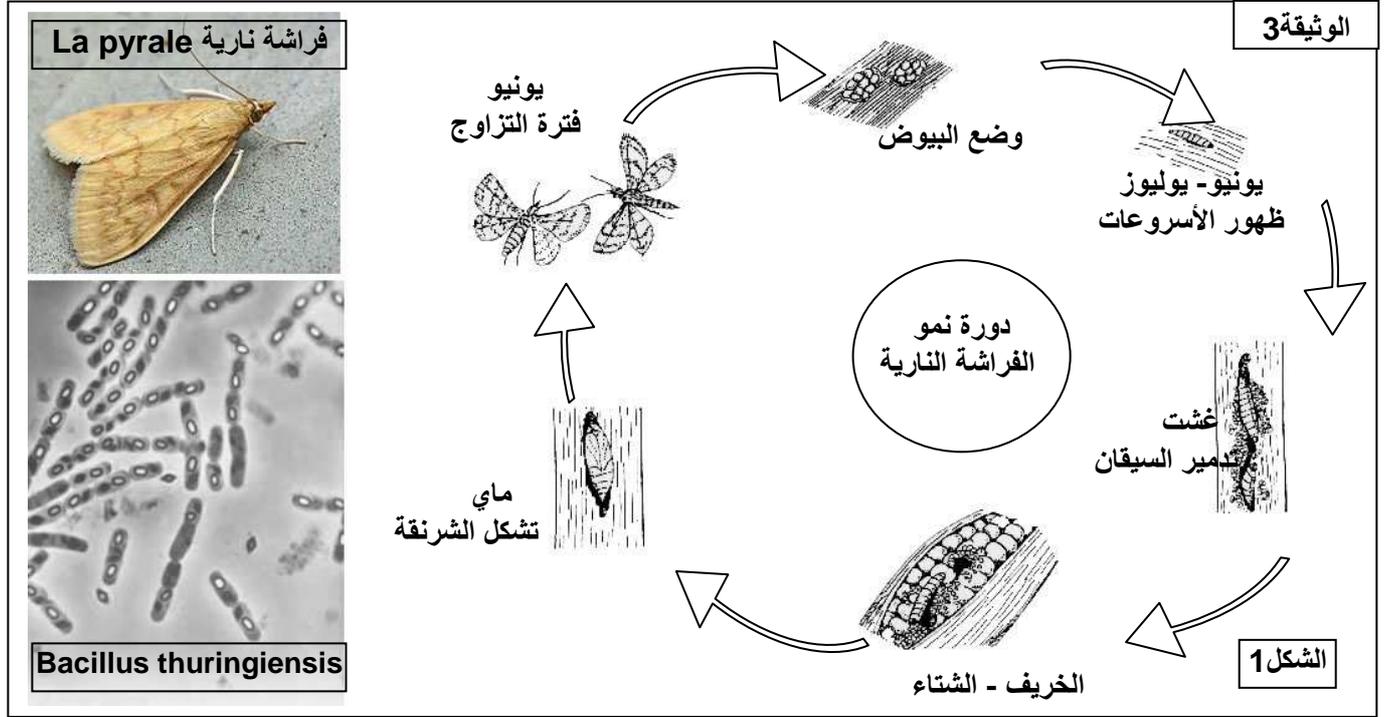
- + عزل الصبغي المتضمن للمورثة المعنية.
- + قطع ADN المراد استعماله بواسطة أنزيم الفصل. (تظهر على ADN المقطوع أطرافاً موحدة).
- + استخراج البلاسميد (ناقل) من بكتيريا
- + قطع ADN البلاسميد بواسطة أنزيم الفصل. ( يملك ADN البلاسميد المقطوع أطرافاً موحدة، والتي تتكامل مع أطراف ADN البشري المعزول ).
- + دمج المورثة على البلاسميد بواسطة أنزيم الربط.
- + نقل البلاسميد إلى داخل البكتيريا.
- + رصد البكتيريات المغيرة وراثياً.
- + تلميم البكتيريات للحصول على لمات تتوفر على المورثة المراد نقلها.
- + حث البكتيريات المغيرة وراثياً على إنتاج الأنسولين.

## ③ نقل القدرة على محاربة الحشرات الضارة أنظر وثيقة 3، لوحة 5.

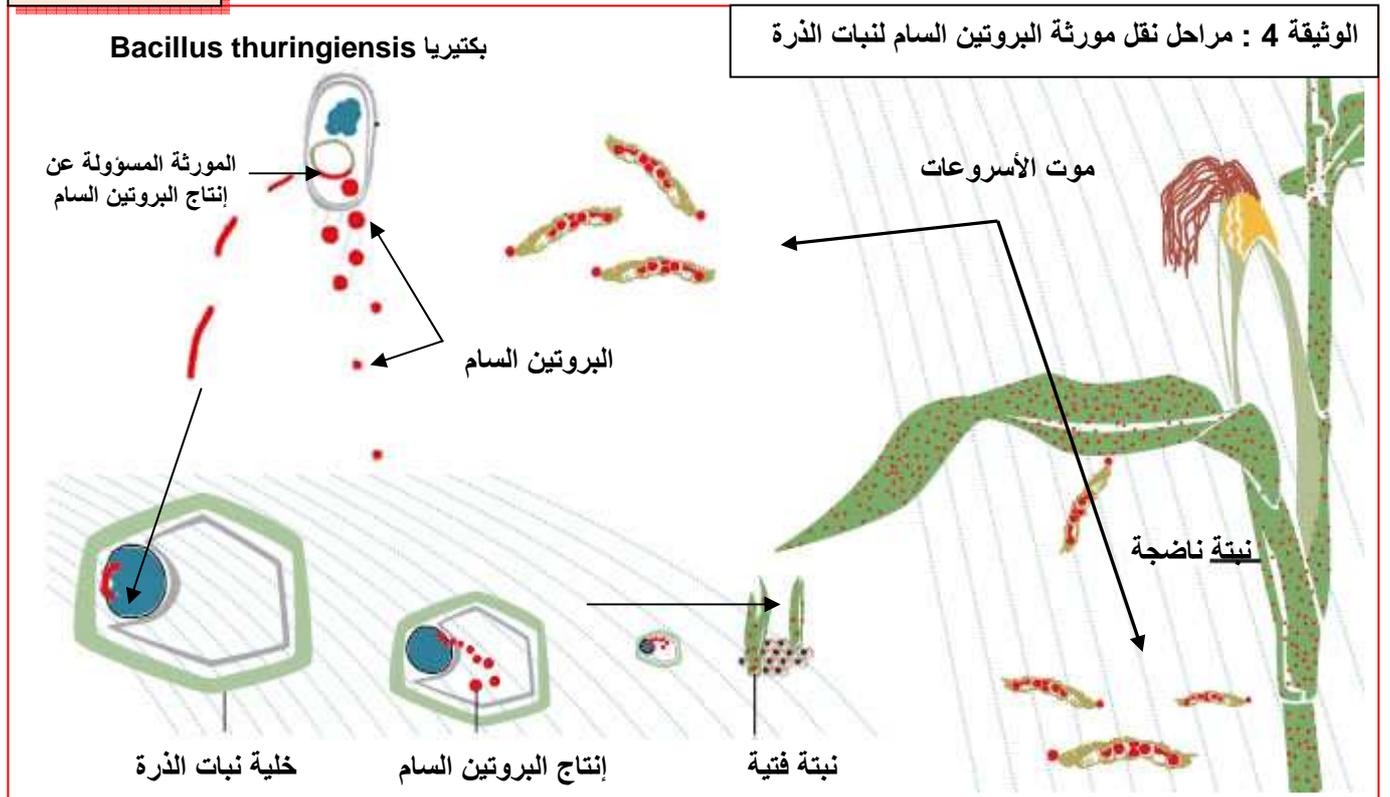
لمقاومة أسروعات الفراشات النارية، استعمل المزارعون المبيدات الحشرية، إلا أنها أعطت نتائج جد محدودة. لهذا لجأ الباحثون إلى الهندسة الوراثية لنقل المورثة المسؤولة عن إنتاج بروتين سام بالنسبة للأسروعات، ودمجه مع جينوم خلايا النبتة، فتصبح بذلك مقاومة للأسروعات.

تعتبر أسروعات الفراشات النارية (*Ostrinia nubilalis*) La pyrale du maïs ، أكبر متلف لنبات الذرة، إذ تتوغل الأسروعات داخل ساق النبتة لتتغذى على أنسجتها، كما تحدث أضراراً على مستوى السنابل والبذور، فيصبح النبات المصاب ضعيف النمو.

لمقاومة أسروعات الفراشات النارية، اكتشف بعض العلماء نوعاً من البكتيريات تدعى *Bacillus thuringiensis* تستطيع تركيب بروتين سام بالنسبة للأسروعات، وغير ضار بالنسبة للفقريات.



تعطي الوثيقة 4 لوحة 6، مراحل نقل مورثة البروتين السام لنبات الذرة.



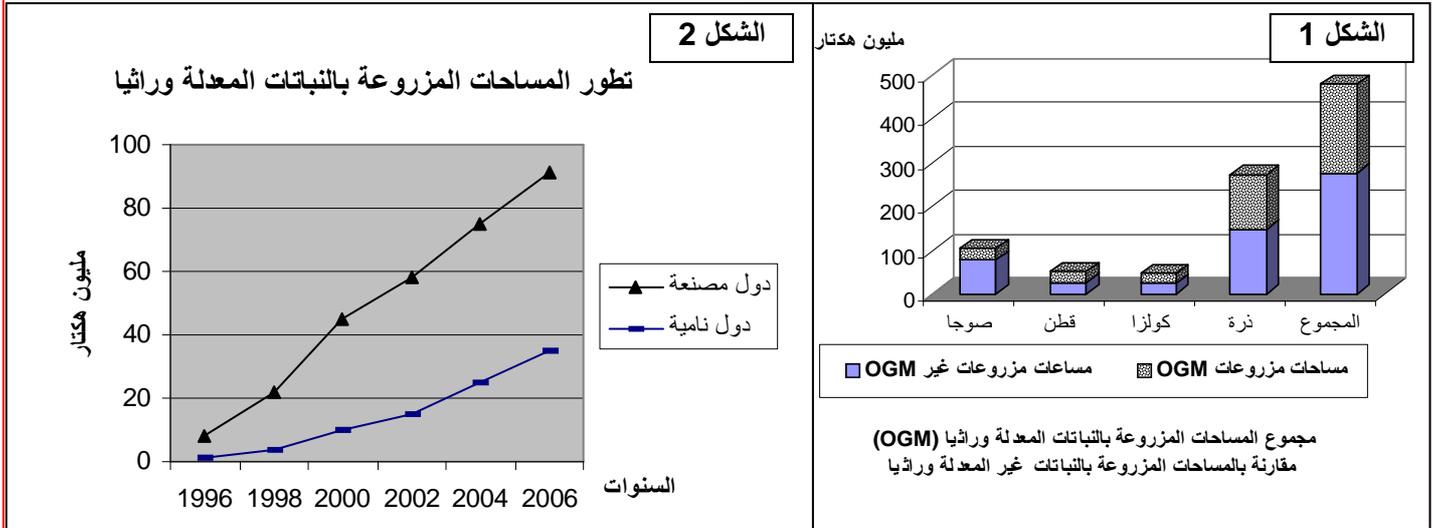
- + تعرف المورثة ذات النفع عند المتعضي المعطي ( بكتيريا Agrobacterium turingiensis ).
- + عزل المورثة ذات النفع.
- + دمج المورثة ذات النفع داخل بلاسميد ناقل.
- + تلميم البلاسميد المغير وراثيا.
- + رصد الخلايا المغيرة وراثيا.
- + إنبات نباتات مغيرة وراثيا.

#### ④ الرفع من المردود الزراعي أنظر وثيقة 5، لوحة 6.

#### اللوحة 6

#### الوثيقة 5: الرفع من المردود الزراعي بواسطة المتعضيات المعدلة وراثيا ( OGM )

انطلاقا من المعطيات التالية استخرج خاصيات المتعضيات المعدلة وراثيا واستنتج انعكاساتها على مردودية الإنتاج.



#### الشكل 4

النسبة المئوية	المساحة العالمية المزروعة بمليون هكتار	نوع الزراعات
60%	48.4	صوجا متحملة لمبيد العشب
14%	11.2	الذرة Bt
5%	4.3	الكولزا متحمل لمبيد العشب
2%	1.5	قطن متحمل لمبيد العشب
5%	4.3	ذرة متحملة لمبيد العشب
6%	4.5	قطن Bt
4%	3	قطن Bt متحمل لمبيد العشب
100%	81	المجموع

#### الشكل 3

خاصيات بعض أنواع المتعضيات المعدلة وراثيا			
بطاطس	قمح	ذرة	صوجا
- تحمل المبيدات العشبية.	- مقاومة الحشرات الضارة	- مقاومة الحشرات الضارة	- تحمل المبيدات العشبية.
- تغيير في تركيب الزيت والبروتينات	- مقاومة الأمراض.	- تحمل المبيدات العشبية	- تغيير في تركيب الزيت والبروتينات
- إنتاج جزيئات نوعية كالأنزيمات.	- تغيير نسبة النشا.	- مقاومة الأمراض	- إنتاج جزيئات نوعية كالأنزيمات.
		- تغيير نسبة البروتينات.	

مكنك الهندسة الوراثية من الحصول على نباتات معدلة وراثيا، بحيث ساهمت هذه التقنية في:

- + جعل بعض النباتات مقاومة للحشرات ( كالذرة والقطن ).
- + جعل بعض النباتات مقاومة للمبيدات التي تستعمل في قتل الحشرات الضارة والأعشاب الطفيلية.
- نقل المورثات البكتيرية المسؤولة عن تثبيت أزوت الهواء إلى النباتات وجعلها قادرة على امتصاص الأزوت، مما يسمح بعدم استعمال الأسمدة الأزوتية.
- + رفع القدرة على إنتاج بروتينات يحتاجها الإنسان في تغذيته.
- وبهذا يتم الرفع من مردودية الإنتاج، والتقليص من كلفة الإنتاج.

## نقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي - علم الوراثة البشرية

- يمكن التوالد الجنسي من نقل الخبر الوراثي من جيل لآخر، وتتميز هذه الظاهرة بحدثين هامين:
- الإخصاب الذي يتجلى في التحام النواة الذكرية والنواة الأنثوية، فيؤدي إلى تشكل بيضة ثنائية الصيغة الصبغية.
  - تشكل الأمشاج الذي يتجلى في إنتاج خلايا أحادية الصيغة الصبغية قادرة على الالتحام فيما بينها لاسترداد ثنائية الصيغة الصبغية.

- 1) كيف ينقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي عند ثنائيات الصيغة الصبغية؟
- 2) ما القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية؟ وما تأويلها الصبغي؟

## الفصل الأول:

# نقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي

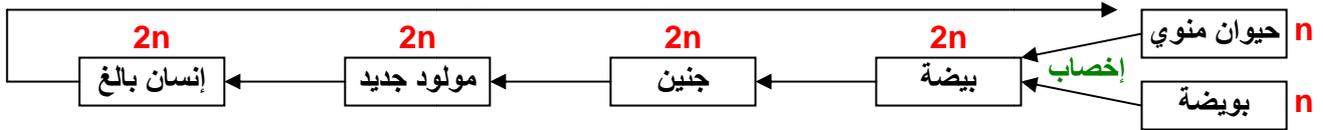
### تمهيد:

#### اللوحة 1

تمثل المصطلحات التالية مراحل نمو الإنسان: إنسان بالغ - حيوان منوي - جنين - بويضة - مولود جديد - بيضة.

(1) أنجز خطاطة تبين العلاقة بين هذه الأطوار.  
(2) انطلاقا من الخطاطة المنجزة، بين الظواهر الأساسية التي تميز التوالد الجنسي

#### تشكل الأمشاج ( انقسام اختزالي )



يتميز التوالد الجنسي بحدثين هامين هما:

★ تشكل الأمشاج الذي يتم على مستوى المناسل.

★ الإخصاب وهو التحام نواتين ذكورية وأنتوية لإعطاء خلية واحدة هي البيضة، تكون ثنائية

الصيغة الصبغية، الشيء الذي يعني أن الأمشاج أحادية الصيغة الصبغية.

فكيف يحافظ التوالد الجنسي على ثبات عدد الصبغيات من جيل لآخر عند نفس النوع؟

## I - مراحل الانقسام الاختزالي La méiose

#### اللوحة 1

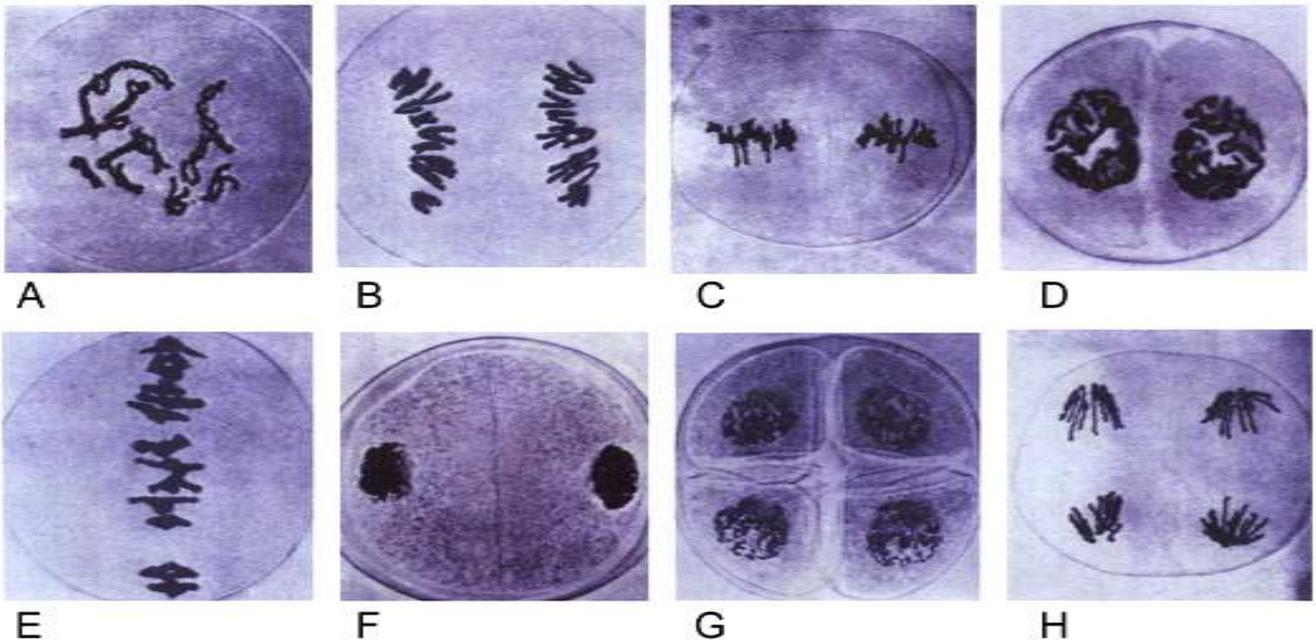
① ملاحظات مجهرية لمراحل الانقسام الاختزالي. أنظر الوثيقة 1، لوحة 1.

① نشاط 1 : دراسة الظواهر المسؤولة عن تنوع الصفات الفردية

يمكن الانقسام الاختزالي من المرور من صيغة صبغية ثنائية إلى صيغة صبغية أحادية. نبحث من خلال الوثائق التالية عن آلية هذا الانقسام وعن علاقته بتطور كمية ADN ، ثم دوره في تنوع الصفات الفردية .

\* الوثيقة 1 : تعطي هذه الوثيقة ملاحظات مجهرية لخلية نبات أثناء الانقسام الاختزالي. صف مظهر هذه الخلايا ثم أعط عنوانا مناسباً لكل صورة بعد ترتيبها ترتيباً زمنياً.

#### الوثيقة 1

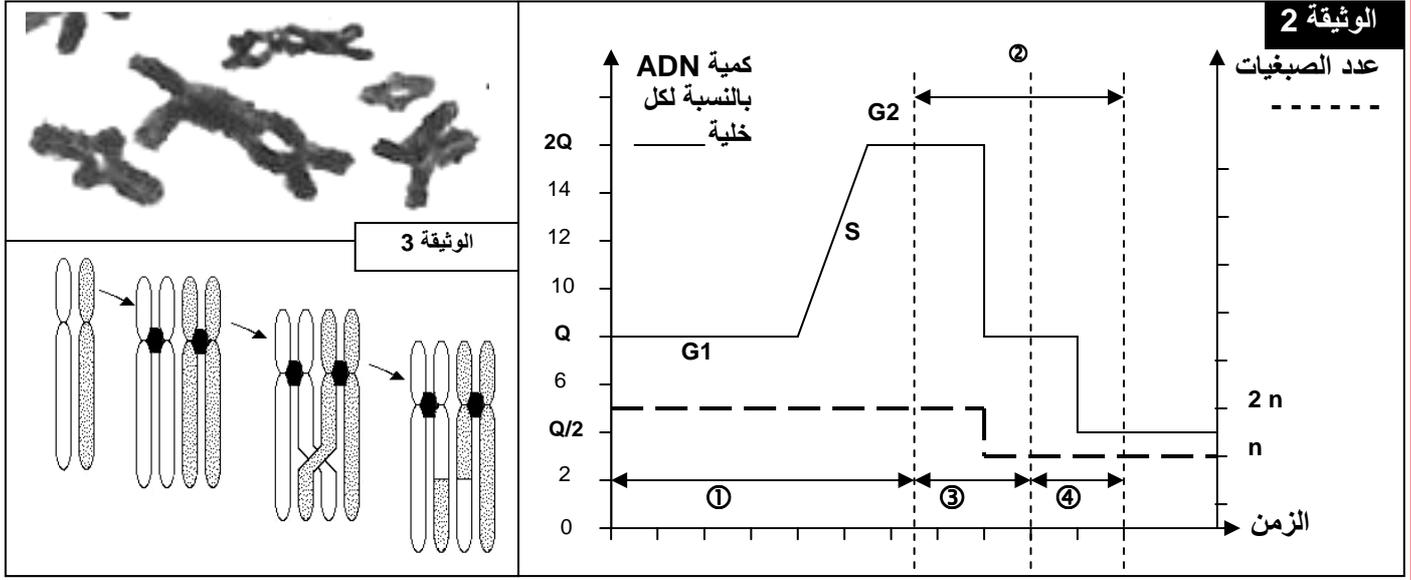


يتبين من هذه الملاحظة أن الانقسام الاختزالي يتم عبر انقسامين متتاليين، يتضمن كل واحد منهما المراحل المعتادة للانقسام غير المباشر.  
 الترتيب الزمني للصور: A = الطور التمهيدي I. B = الطور الانفصالي I. C = الطور الاستوائي II.  
 D = الطور التمهيدي II. E = الطور الاستوائي I. F = الطور النهائي I.  
 G = الطور النهائي II. H = الطور الانفصالي II.

## ② تطور كمية ADN خلال الانقسام الاختزالي. أنظر الوثيقة 2، لوحة 1.

اللوحة 1

★ الوثيقة 2 : تعطي هذه الوثيقة تطور كمية ADN أثناء الانقسام الاختزالي. ماذا تستخلص من تحليل هذه الوثيقة؟



يسبق الانقسام الاختزالي ② مرحلة السكون ① التي تعرف مضاعفة ADN في طور التركيب S من كمية q إلى  $q2$ .  
 خلال الانقسام المنصف ③ تنفصل الصبغيات المتماثلة فتحصل كل خلية على كمية q من ADN. كما ينخفض عدد الصبغيات من  $2n$  صبغي إلى  $n$  صبغي.  
 خلال الانقسام التعادلي ④ تنفصل صبيغيات الصبغي الواحد فتحصل كل خلية على  $q/2$  من كمية ADN.  
 بينما يبقى عدد الصبغيات ثابت.

يتبين من تحليل هذه الوثيقة أن الانقسام الاختزالي يمكننا من الحصول على خلايا أحادية الصيغة الصبغية انطلاقاً من خلايا ثنائية الصيغة الصبغية، وهذه الظاهرة مهمة خلال تشكل الخلايا الجنسية التي يجب أن تكون أحادية الصيغة الصبغية.

## ③ مراحل الانقسام الاختزالي. أنظر الوثيقة 4، لوحة 2.

يتميز هذا الانقسام بانقسامين متتاليين :

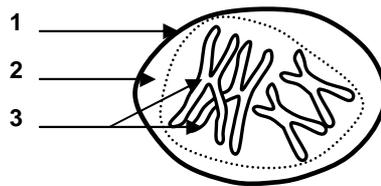
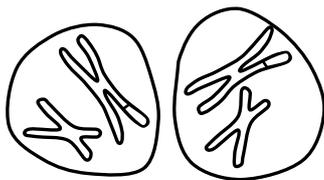
★ انقسام منصف : يختزل عدد الصبغيات إلى النصف و يؤدي إلى تشكل خليتين أحاديتي الصيغة الصبغية  $n$ .

★ انقسام تعادلي: يبقى خلاله عدد الصبغيات ثابتاً، يؤدي إلى تشكل أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية  $n$ .

اللوحة 2

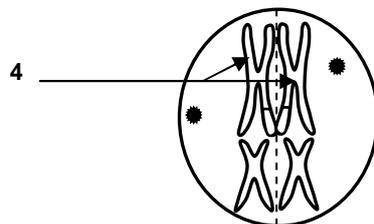
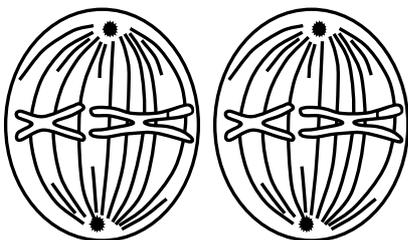
II

I



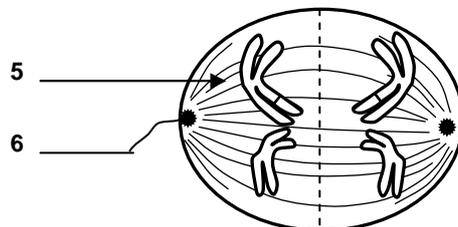
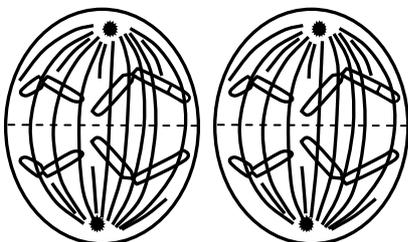
⑤

①



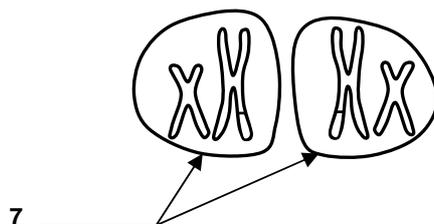
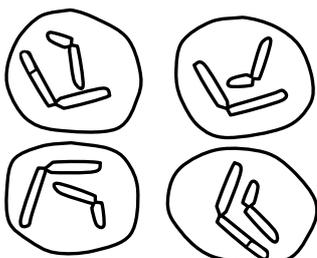
⑥

②



⑦

③



⑧

④

## أ - الانقسام المنصف :

### a - المرحلة التمهيديّة I :

تتميز هذه المرحلة بتكثيف الصبغيات واقتران الصبغيات المتماثلة لتشكل أزواجاً تسمى الرباعيات (تتشكل من صبغيين متماثلين كل صبغي مكون من صبغيين)، اختفاء الغشاء النووي و النويات. خلال هذه المرحلة تتقاطع صبغيات الصبغيين المتماثلين، فيتم تبادل أجزاء فيما بينها أثناء تباعدهما، وتسمى هذه الظاهرة العبور Crossing-over الذي ينتج عنه تخليط للحليلات وتركيب صبغي جديد. أنظر الوثيقة 3، لوحة 1.

### b - المرحلة الاستوائية I :

تتموضع الصبغيات المتماثلة في المستوى الاستوائي للخلية، تتكون النجميتين ويظهر بينهما المغزل اللالوني.

### c - المرحلة الانفصالية I :

انفصال الصبغيات المتماثلة دون انقسام الجزيء المركزي، وهجرتها نحو القطب الخلوي القريب منها، وهكذا يتجمع في كل قطب من قطبي الخلية نصف الصيغة الصبغية، أي  $n$  صبغي كل واحد بصبغيين.

### d - المرحلة النهائية I :

يتجمع نصف عدد الصبغيات في كل قطب، يتلاشى المغزل اللالوني ويحدث انقسام السيتوبلازم للحصول على خليتين بنتين أحاديتا الصيغة الصبغية ( $n$ ).

## ب - الانقسام التعادلي :

### a - المرحلة التمهيديّة II :

قصيرة جداً تبتدئ مباشرة بعد النهائية I، تبقى الصبغيات منشطرة طولياً، ويظهر المغزل اللالوني في كل خلية.

### b - المرحلة الاستوائية II :

تتموضع الصبغيات لكل خلية في المستوى الاستوائي مشكلة الصفيحة الاستوائية.

### c - المرحلة الانفصالية II :

انشطار الجزيء المركزي لكل صبغي، وتنفصل صبغيات كل صبغي فيمثل كل واحد منهما صبغي، يهاجر نحو أحد قطبي الخلية.

### d - المرحلة النهائية II :

تتجمع الصبغيات في كل قطب و يزال تلولبها و يتشكل الغشاء النووي وتظهر النويات، ويختفي مغزل الانقسام، وينقسم السيتوبلازم لتتكون في النهاية أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية ( $n$ )، كل صبغي مكون من صبغي واحد.

## II - دور الانقسام الاختزالي والإخصاب في تخليط الحليلات

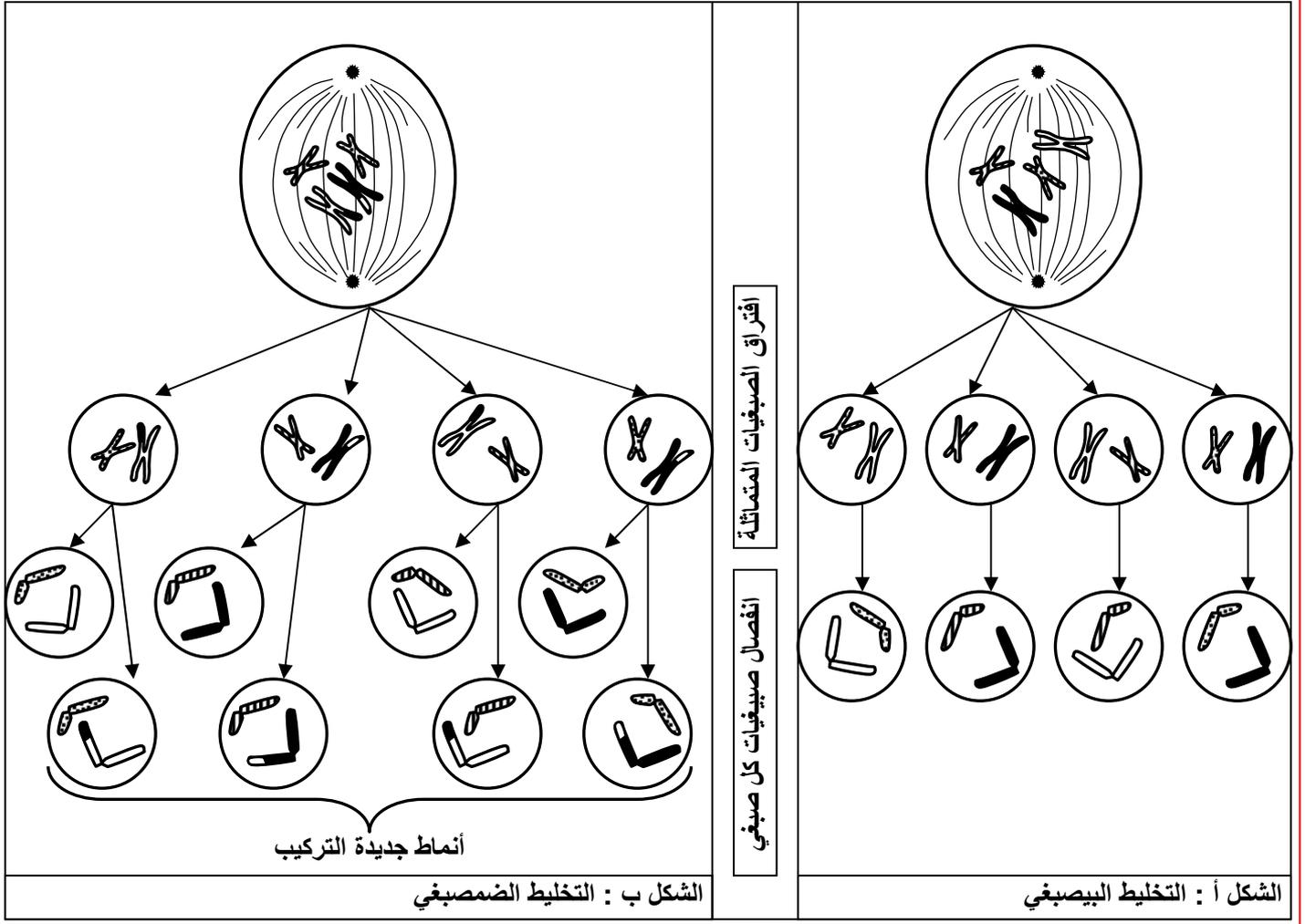
### أ - دور الانقسام الاختزالي :

يضمن الانقسام الاختزالي إنتاج خلايا أحادية الصيغة الصبغية انطلاقاً من خلايا ثنائية الصيغة الصبغية، كما يضمن تخليط الحليلات وانتقال الصفات الوراثية من جيل إلى آخر.

**a - التخليط البيصبغي :** أنظر الوثيقة 5، شكل أ، لوحة 3.

اللوحة 3

★ الوثيقة 5: تبين هذه الوثيقة دور الانقسام الاختزالي في تخليط الحليلات . بين كيف يؤثر التخليط الصبغي في تنوع الصفات الفردية ؟



ينتج التخليط البيصبغي Brassage interchromosomique عن الهجرة العشوائية للصبغيات أثناء الطور الانفصالي I ، فنحصل بذلك على توليفات صبغية متعددة.

**b - التخليط الضمصيبي :** أنظر الوثيقة 5، شكل ب، لوحة 3.

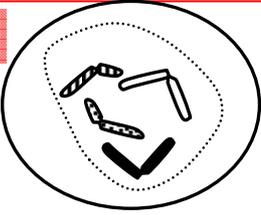
في نهاية الطور التمهيدي I يمكن تبادل قطع من الصبغيات المتماثلة، تسمى هذه الظاهرة العبور، والتي تمكن من تخليط الحليلات، يسمى هذا التخليط بالتخليط الضمصيبي Brassage intrachromosomique. والذي يمكن من إنتاج تركيبات جديدة من الأمشاج.

**ب - دور الإخصاب :** أنظر الوثيقة 6، لوحة 3.

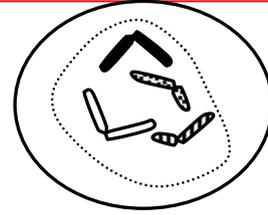
(1) يؤدي الالتقاء العشوائي للأمشاج الذكرية والأنثوية المتنوعة وراثياً، إلى تكوين بيضات ذات تركيبية صبغية جد متنوعة، تعطي أفرادا بصفات مختلفة. وهكذا فإن الإخصاب يعمق التخليط البيصبغي. ( أنظر الوثيقة 6، لوحة 3 ).

اللوحة 3

خلية أم للأمشاج  
الأنثوية

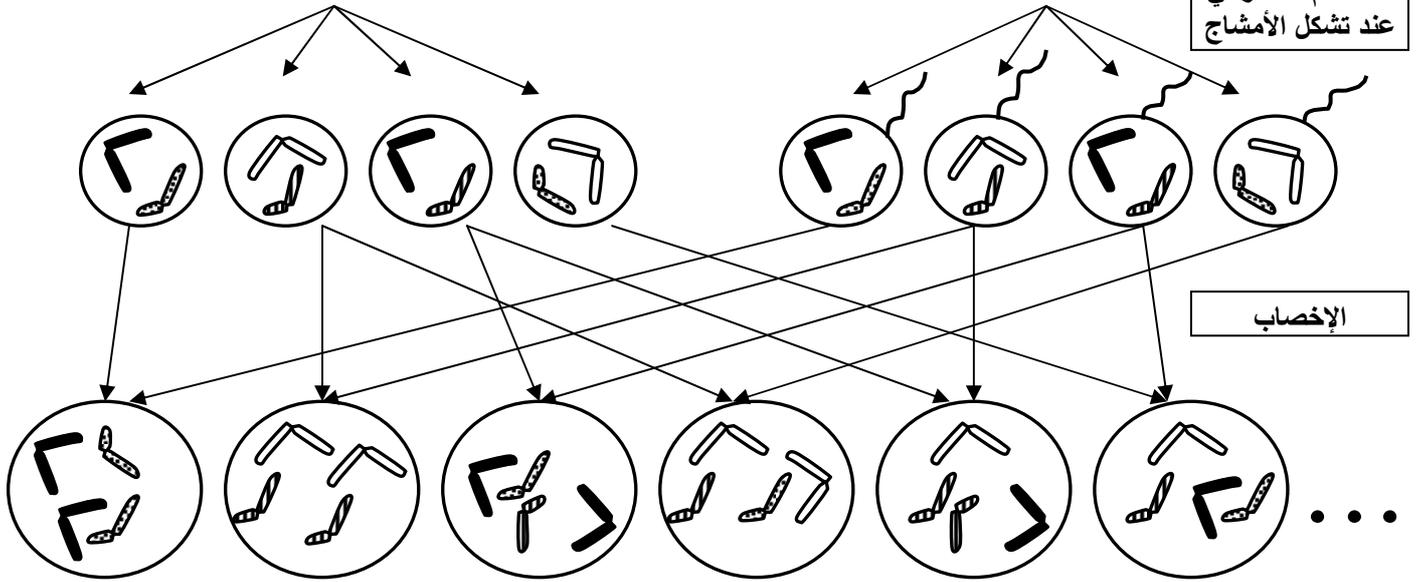


خلية أم للأمشاج  
الذكورية



الوثيقة 6

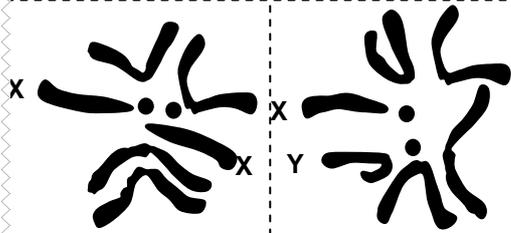
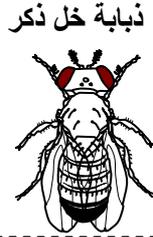
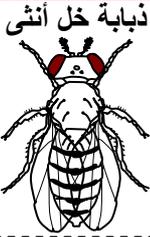
الانقسام الاختزالي  
عند تشكل الأمشاج



2) يتمثل دور الإخصاب في استرداد حالة ثنائية الصيغة الصبغية (2n) أثناء تشكل البيضة، نتيجة اندماج مشيجين ب (n) صبغي لكل واحد. ( أنظر الوثيقة 7، لوحة 4 ).

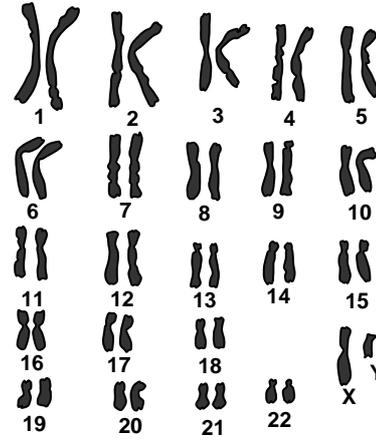
اللوحة 4

الوثيقة 7

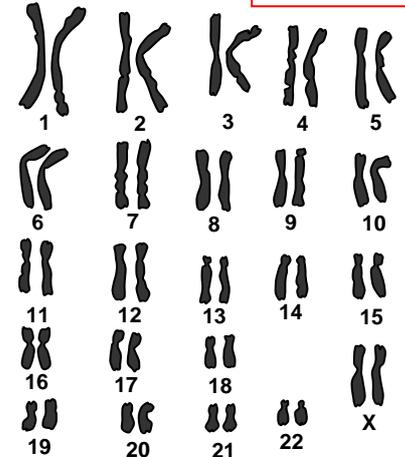


خريطة صبغية

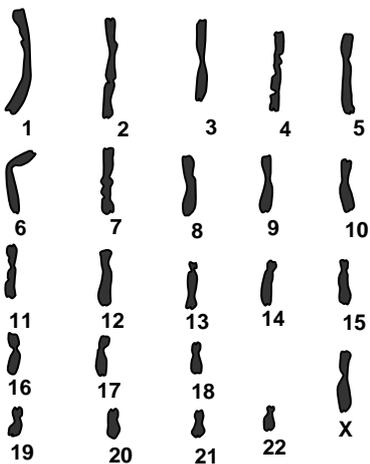
خريطة صبغية



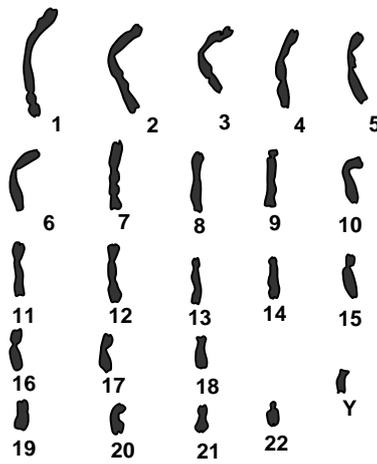
خريطة صبغية عند الرجل



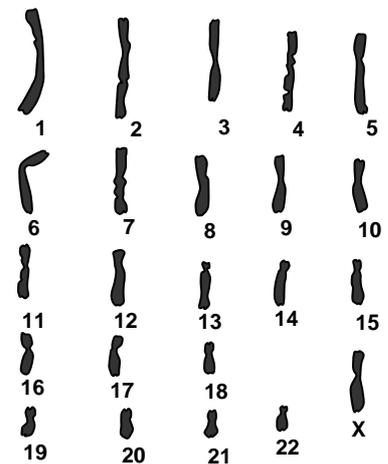
خريطة صبغية عند المرأة



خريطة صبغية لحيوان منوي عند الرجل



خريطة صبغية لحيوان منوي عند الرجل



خريطة صبغية لبيوضة عند المرأة

يتبين من معطيات هذه الوثيقة أن كل كائن حي يتميز بعدد ثابت من الصبغيات: مثلا عند الإنسان فالصيغة الصبغية هي  $2n = 46$ ، عند ذبابة الخل  $2n = 8$ .

كما أن الذكر يختلف عن الأنثى مستوى الصبغيات الجنسية، إذ تكون متماثلة لدى الأنثى فنرمز لها ب  $XX$ ، ومتغايرة لدى الذكر فنرمز لها ب  $XY$ . عند بعض الكائنات يكون العكس كحالة الطيور وبعض الأسماك والفرشاشات.

نلاحظ أن الأمشاج تكون أحادية الصيغة الصبغية، وهكذا فالإخصاب هو الذي يمكن من استرداد حالة ثنائية الصيغة الصبغية المميزة للكائنات ثنائية الصيغة الصبغية، اثر التقاء الأمشاج.

## II - دراسة بعض دورات النمو

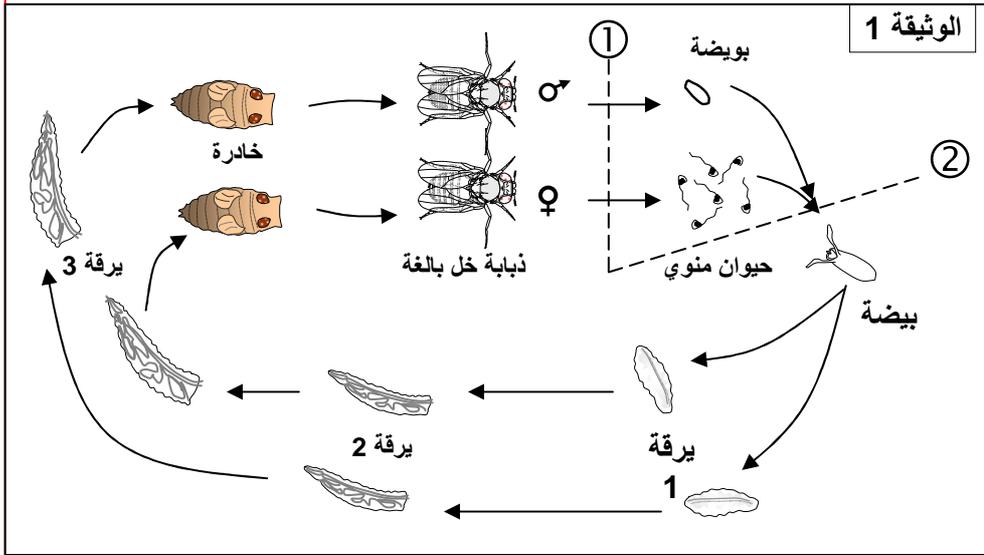
### أ - دورة النمو ثنائية الصيغة الصبغية :

a - مثال أول: دورة النمو عند ذبابة الخل. أنظر الوثيقة 1، لوحة 4.

#### اللوحة 4

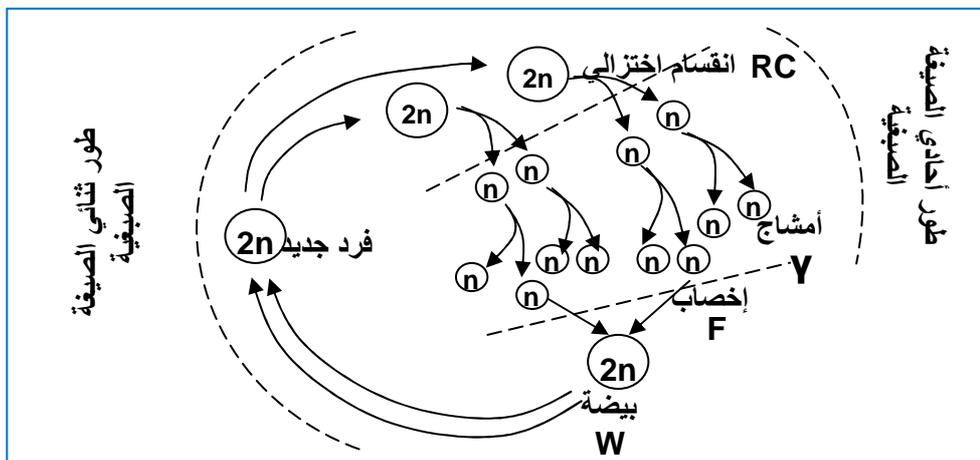
يتميز التوالد الجنسي عند الكائنات الحية، بحدوث ظاهرتين أساسيتين: الانقسام الاختزالي الذي ينتج خلايا أحادية الصيغة الصبغية. والإخصاب الذي يؤدي إلى تشكل بيضة ثنائية الصيغة الصبغية انطلاقا من الخلايا الأحادية الصيغة الصبغية. وتعاقب هاتين الظاهرتين يشكل دورة تسمى دورة النمو.

نتتبع من خلال الوثائق التالية تطور عدد الصبغيات أثناء دورات نمو كائنات حية من أجل تحديد أهمية الانقسام الاختزالي والإخصاب في تعاقب أجيالها نتتبع من خلال الوثائق التالية تطور عدد الصبغيات أثناء دورات نمو كائنات حية من أجل تحديد أهمية الانقسام الاختزالي والإخصاب في تعاقب أجيالها



★ الوثيقة 1: مراحل تطور ذبابة الخل:

ذبابة الخل ذبابة صغيرة تعيش على الفواكه والخضر الفاسدة: وتسهل تربيتها وتتبع مراحل تطورها في المختبر في وسط زرع ملائم. بعد التزاوج يضع ذكر ذبابة الخل حيوانات منوية داخل الجهاز التناسلي للأنثى، وبعد التحام المشيجين الذكري والأنثوي، تتكون بيضة ثنائية الصيغة الصبغية، تتعرض لانقسامات غير مباشرة لتعطي يرقة ثم خادرة ثم ذبابة خل بالغة.



نلاحظ عند ذبابة الخل أن عملية الإخصاب تتم مباشرة بعد الانقسام الاختزالي. اذن يقتصر الطور الأحادي الصيغة الصبغية عند هذا الحيوان على الأمشاج، بينما تكون السيادة للطور الثنائي الصيغة الصبغية.

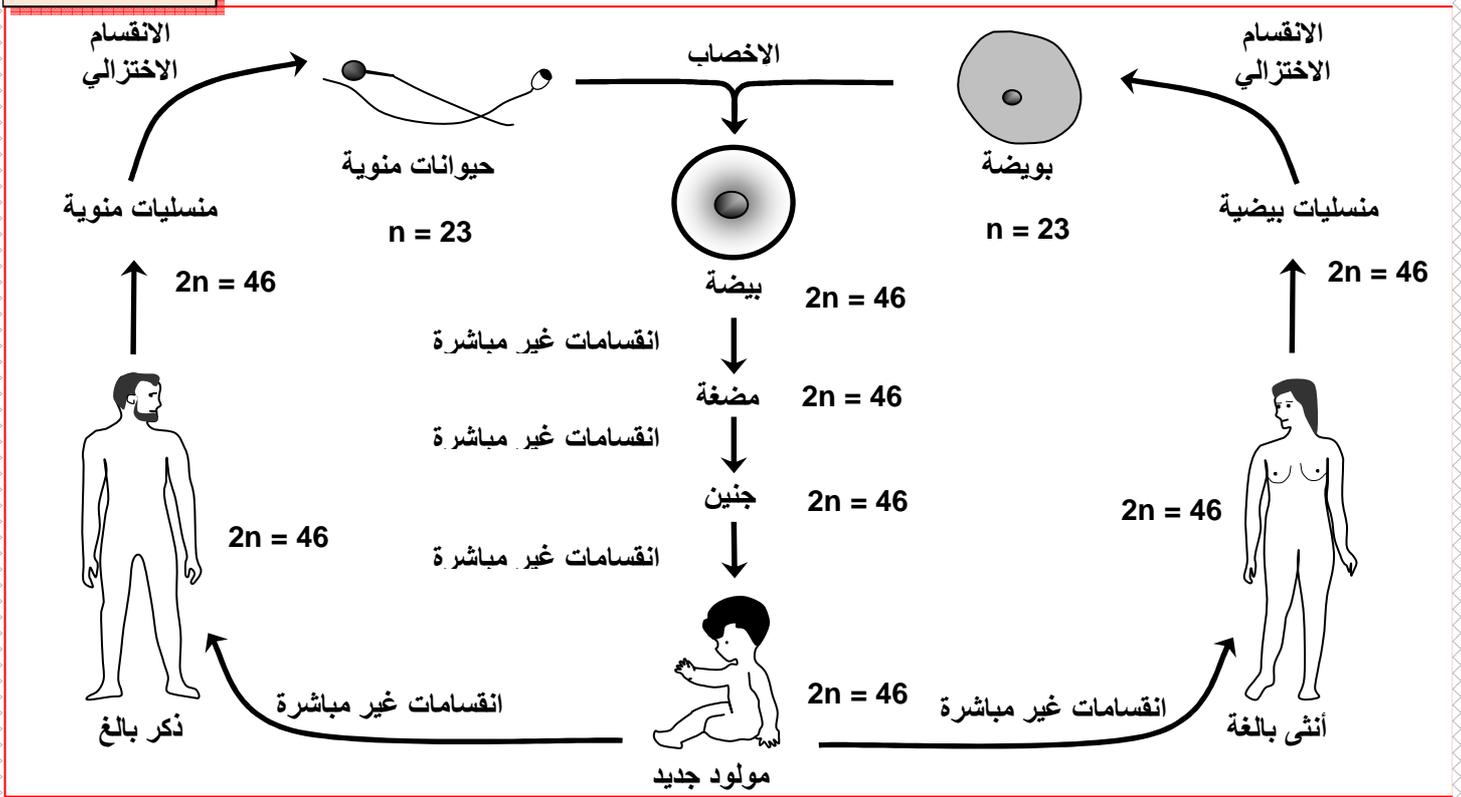
انطلاقا من دورة نمو ذبابة الخل يمكن أن ننجز الدورة الصبغية كما يلي: (الرسم أمامه)

الدورة الصبغية عند ذبابة الخل : دورة ثنائية الصيغة الصبغية Cycle diplophasique

**b - مثال ثاني: دورة النمو عند الإنسان.** أنظر الوثيقة 2، لوحة 5.

★ الوثيقة 2: دورة النمو عند الإنسان:

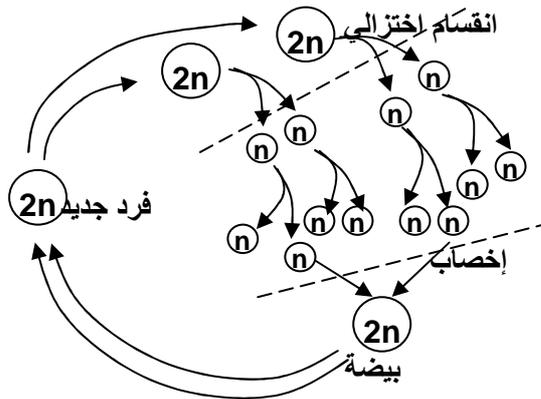
**اللوحة 5**



عند الإنسان يقتصر الطور الثنائي الصيغة الصبغية على الأمشاج، فدورة النمو عند الإنسان هي دورة ثنائية الصيغة الصبغية. أنظر الوثيقة 5، شكل 1، لوحة 6.

**اللوحة 6**

الوثيقة 5، شكل 1 :

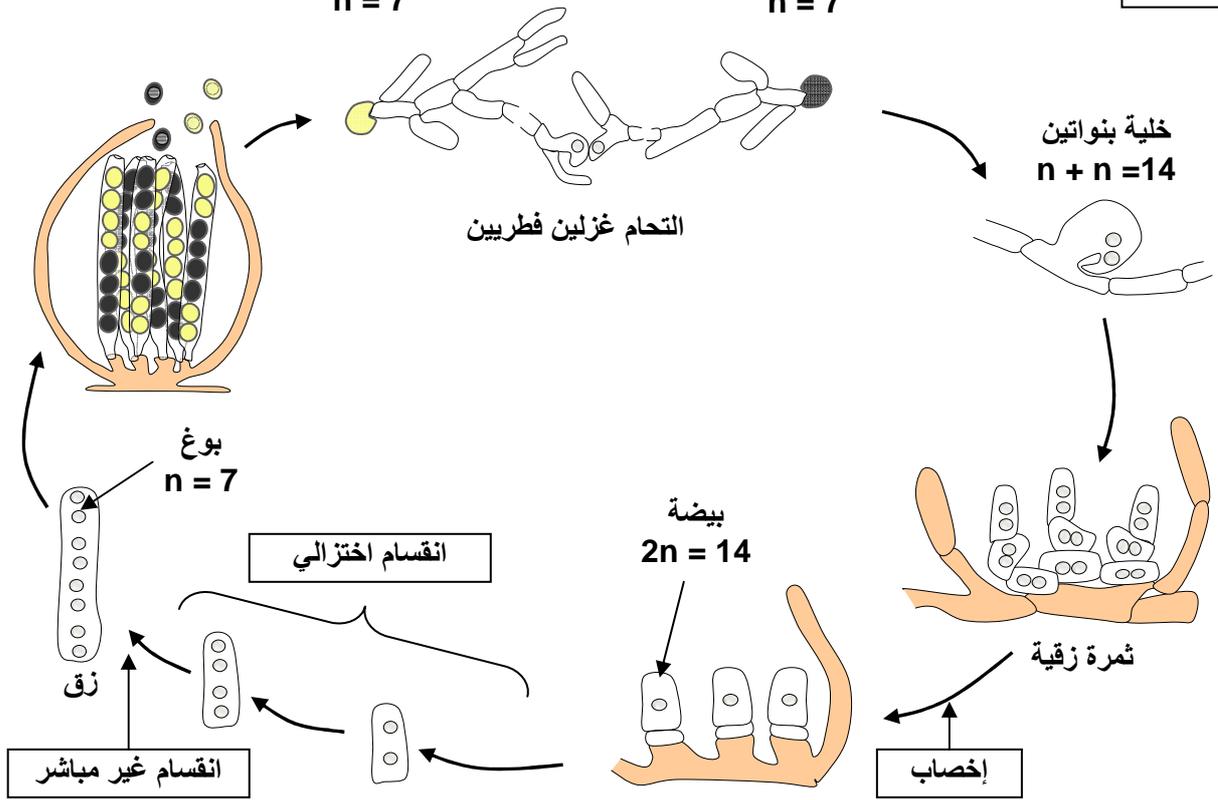


**ب - دورة النمو أحادية الصيغة الصبغية :** مثال عند عفن صورداريا : أنظر الوثيقة 3، لوحة 5.

**اللوحة 5**

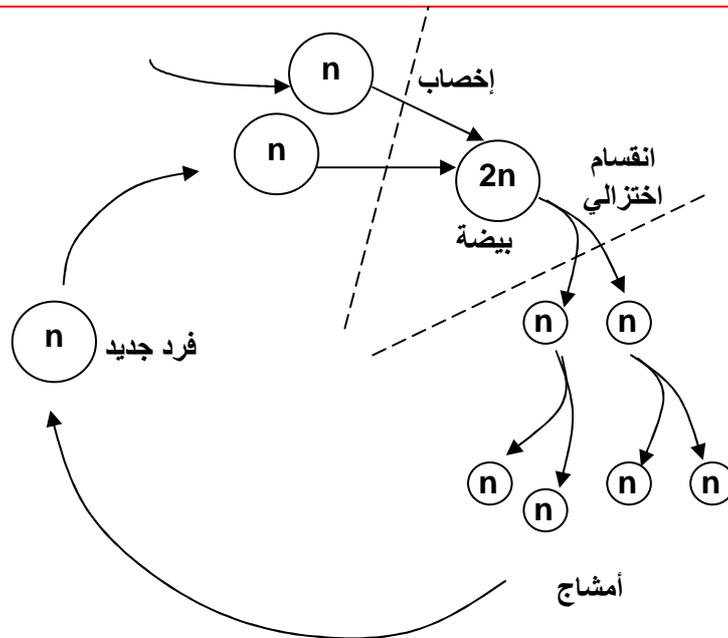
★ الوثيقة 3: مراحل دورة نمو عفن صورداريا Sordaria.

عفن صورداريا هو عبارة عن غزل فطري. يتم التوالد عند هذا النوع من العفن بالتحام غزلين فطريين، ينتج عنه تكون عضو كبير الحجم يسمى الثمرة الزقية، التي تظهر في وسط الزرع على شكل حبيبات سوداء. عند انفتاح هذه الثمرة، نلاحظ داخلها بنيات أنبوبية تدعى الزقات. تلتحم نواتا خلايا الثمرة الزقية، فتتشكل بيضة ثنائية الصيغة الصبغية (2n). تدخل البيضة في انقسام اختزالي لتعطي أربع نوى أحادية الصيغة الصبغية تدخل مباشرة في انقسام غير مباشر ينتج عنه تشكل ثمان نوى أحادية الصيغة الصبغية.



في هذه الحالة نلاحظ أن الإخصاب يكون متبوعاً مباشرة بالانقسام الاختزالي، وتكون السيادة للطور الأحادي الصيغة الصبغية.

نمثل الدورة الصبغية في هذه الحالة كما هو مبين على الوثيقة 5، شكل 2، لوحة 6.



يقتصر الطور الثنائي الصيغة الصبغية على البيضة فقط، فنقول أن الدورة هي دورة أحادية الصيغة الصبغية Cycle haplophasique.

## ج - دورة النمو أحادية- ثنائية الصيغة الصبغية :

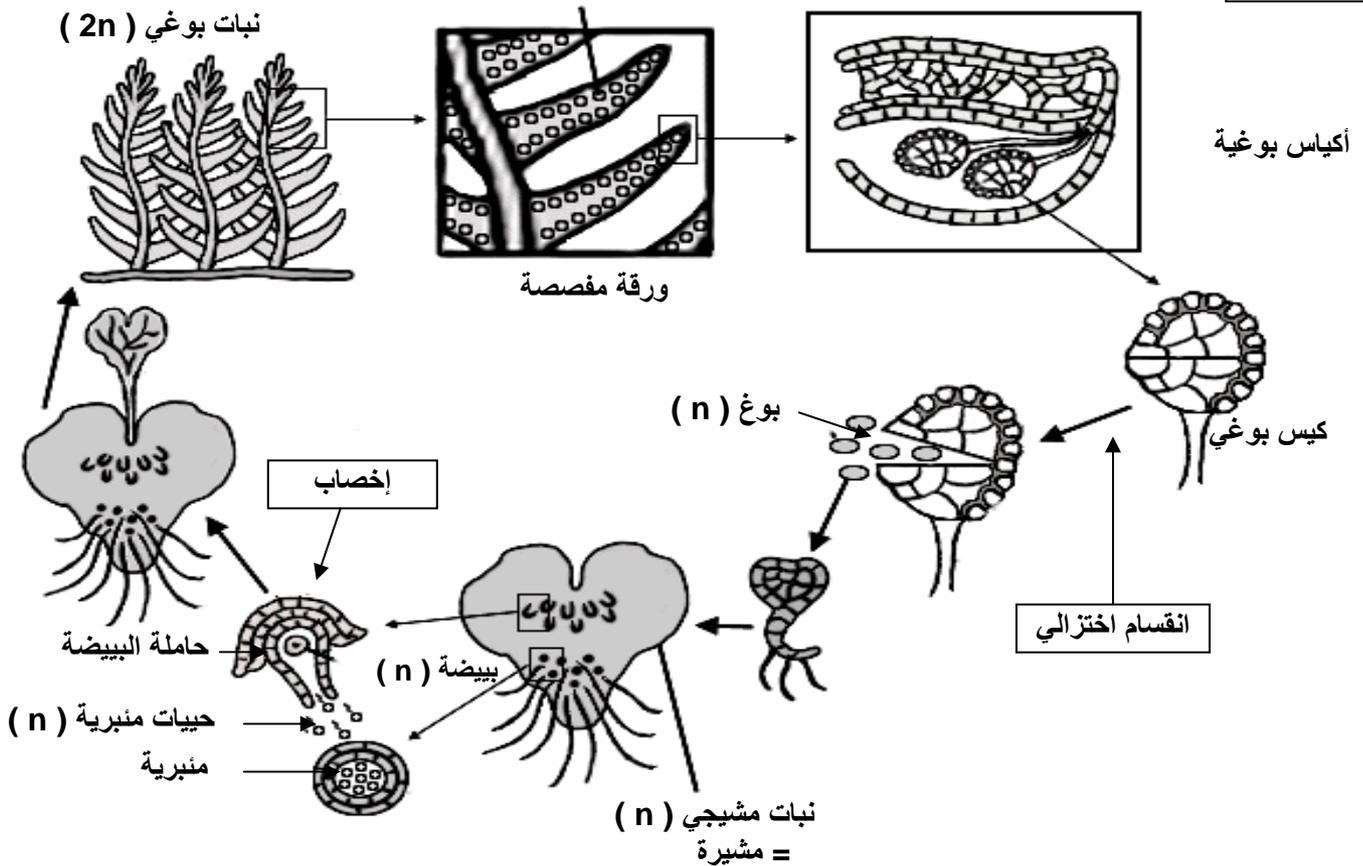
مثال عند السرخس : أنظر الوثيقة 4، لوحة 6.

اللوحة 6

### ★ الوثيقة 4: مراحل تطور نبات السرخس Le fougère

السرخس نبات يخضوري لازهري ثنائي الصيغة الصبغية، له أوراق مفصصة، تظهر كتل من حبات صفراء، هي عبارة عن أكياس بوجية تحتوي على أبواغ أحادية الصيغة الصبغية ، تنبت هذه الأبواغ فتشكل نبتة أحادية الصيغة الصبغية تسمى مشيرة، وهي نبتة صغيرة القد، على مستواها تتكون الأمشاج ويتم الإخصاب لتتشكل نبتة سرخس جديدة.

الوثيقة 4

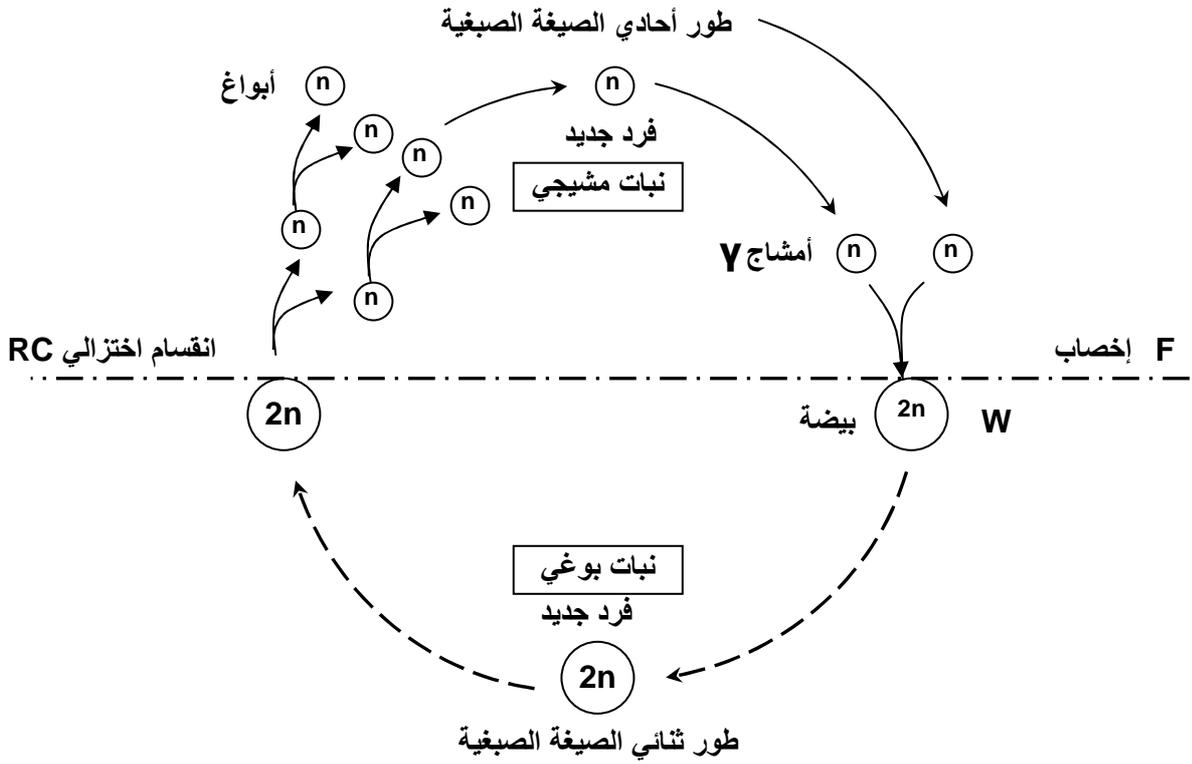


تتميز دورة النمو عند السرخس بمرحلتين:

- مرحلة ثنائية الصيغة الصبغية (2n) هي مرحلة النبتة = نبات بوعي.
- مرحلة أحادية الصيغة الصبغية (n) هي مرحلة المشيرة = نبات مشيجي.

في هذه الحالة يكون الإخصاب والانقسام الاختزالي متباعدين زمنياً، لذا نتكلم عن دورة أحادية – ثنائية الصيغة الصبغية. Cycle haplodiphasique.

ننجز الدورة الصبغية عند السرخس كما يلي :



الدورة الصبغية عند السرخس : دورة أحادية - ثنائية الصيغة الصبغية Cycle haplodiplophasique

## الفصل الثاني:

# القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية

## عند ثنائيات الصبغة الصبغية

### تمهيد:

تعتبر الكائنات الثنائية الصبغة نتيجة إخصاب لخلايا جنسية أحادية الصبغة الصبغية، الشيء الذي يعطي بيضة ثنائية الصبغة الصبغية تحتوي على أزواج من الصبغيات المتماثلة وبذلك توجد كل مورثة على شكل زوج من حليلين. فما هي القوانين التي تتحكم في انتقال الحليلات عبر أجيال هذه الكائنات؟

## 1 - دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة السيادة التامة: الهجونة الثنائية.

### ① تجارب Mendel وتأويلها الصبغي.

### a - تجارب Mendel. أنظر نشاط 1، لوحة 1

#### اللوحة 1

### ① نشاط 1: تجربة ماندل ( 1822 - 1884 ) JOHANN GREGOR MENDEL .

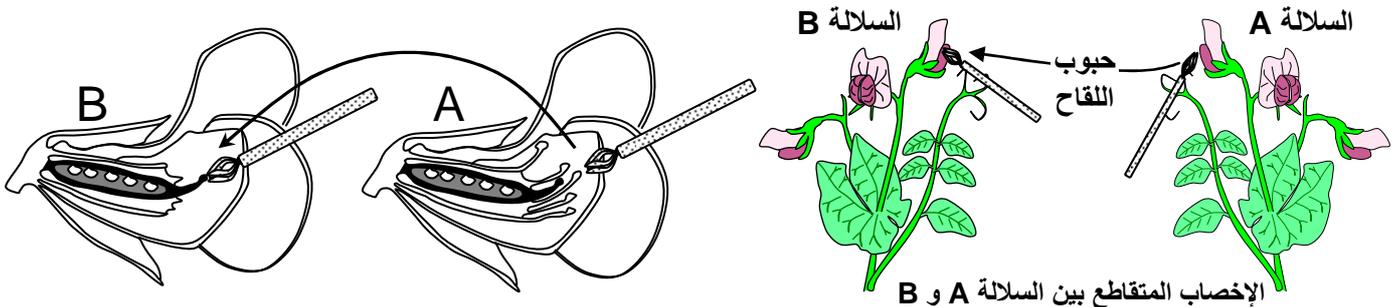
اختار Mendel لهذه الدراسة نبات الجلبانة الذي يظهر صفات متعارضة ( بذور صفراء أو خضراء، أزهار بيضاء أو بنفسجية، بذور ملساء أو متجعدة ) فقام بزراعة سلالتين نقيتين من نبات الجلبانة ، تتميز السلالة الأولى ببذور ملساء Graines lisses والسلالة الثانية ببذور متجعدة (Graines ridées). ولضمان الإخصاب المتبادل بين هاتين السلالتين منع Mendel الإخصاب الذاتي الذي يتم بصورة طبيعية قبل تفتح أزهار الجلبانة وذلك بقطع الأسدية Les étamines قبل نضجها في مستوى الأزهار المستقبلية لحبوب اللقاح من أزهار أخرى (أنظر الرسم أسفله).

نتج عن هذا التزاوج تشكل بذور كلها ملساء تكون الجيل الأول الذي سوف نرسم له بالحرف F1 . قام Mendel بإحداث تزاوج بين أفراد الجيل الأول ( F1 X F1 ) بنفس الطريقة السابقة فحصل على الجيل الثاني F2 مكون من 75 % من بذور ملساء ، و 25 % من بذور متجعدة . أنظر الوثيقة 1، لوحة 2. قام Mendel بعد ذلك بزراعة بذور الجيل F2 تاركا أزهارها تلقح ذاتيا. فحصل على النتائج التالية:

- ✓ البذور المتجعدة F2 تعطي 100 % من البذور المتجعدة.
- ✓ 25 % من البذور الملساء أفراد الجيل F2 تعطي 100 % من البذور الملساء.
- ✓ 50 % من البذور الملساء أفراد الجيل F2 يعطون 75 % من البذور الملساء و 25 % من البذور المتجعدة.

(1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج تجربة ماندل ؟

(2) أعط التأويل الصبغي لنتائج تجربة ماندل، أخذا بعين الاعتبار معطيات الجدول أسفله حول الترميز :

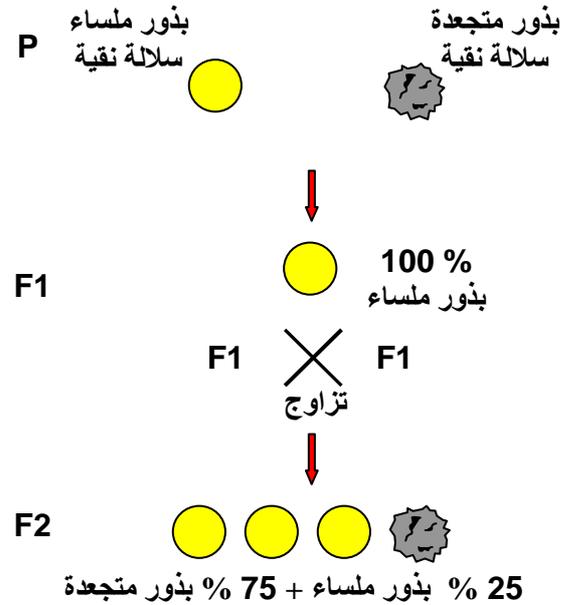
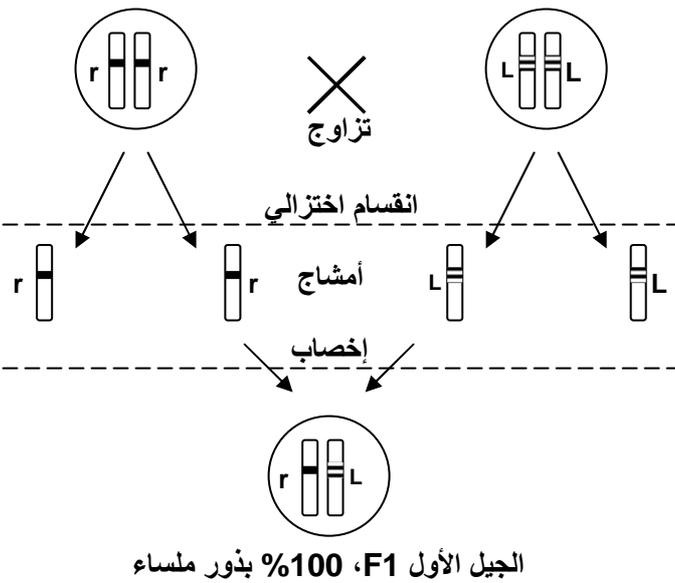


## معطيات حول الترميز

- ❖ نرسم للمظهر الخارجي لفرد ما بالحرف الأول اللاتيني من التسمية الفرنسية للصفة المدروسة. ويكتب هذا الحرف بين معقوفتين وبكتابة كبيرة Majuscule عندما تكون الصفة سائدة Dominante، وبكتابة صغيرة Minuscule عندما تكون الصفة متنحية Récessif.
- مثال: بذور ملساء [L] ، بذور متجعدة [r].
- ❖ نرسم للحليلات المسؤولة عن صفة ما كما هو الشأن بالنسبة للمظهر الخارجي بالحرف الأول اللاتيني من التسمية الفرنسية لهذه الصفة.
- ❖ نرسم للنمط الوراثي بالشكل التالي: L // L حيث يمثل الخطان الزوج الصبغي الذي يحمل الحليلين كما نرسم لكل حليل بحرفه.
- مثال: النمط الوراثي للبذور المتجعدة هو: r // r و النمط الوراثي للبذور الملساء هو إما L // L أو L // r.
- ❖ تعريف بعض المفاهيم:
  - ★ السلالة النقية: تكون السلالة نقية بالنسبة لصفة معينة، عندما تنتقل هذه الصفة من جيل إلى آخر دون تغيير.
  - ★ السلالة المتوحشة: السلالة ذات الصفة المرجعية الأكثر حضورا في الطبيعة.
  - ★ التهجين: تزاوج طبيعي أو اصطناعي بين حيوانات أو نباتات من أنواع أو سلالات مختلفة، ينتج عنه أفراد هجاء.
  - ★ المظهر الخارجي: هو الشكل الظاهر أو المعبر عنه لصفة معينة.
  - ★ النمط الوراثي: حليلات المورثة المتحكم في الصفة المدروسة، وعند ثنائيات الصيغة الصبغية تكون كل مورثة ممثلة بحليلين، حليل على كل صبغي من الصبغيات المتماثلة. وهكذا يكون الفرد إما متشابه الاقتران عندما يكون الحليلان متشابهان، أو مختلف الاقتران، عندما يكون الحليلان مختلفان.

### اللوحة 2

الوثيقة 1: نتائج دراسة انتقال الصفة شكل البذور عند نبات الجلبانة والتأويل الصبغي لنتائج التزاوج الأول.



### b - تحليل نتائج تجارب Mendel.

- ★ يعطي التزاوج الأول بين الآباء P، الجيل الأول F1 مكون من أفراد متجانسون ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي الشكل الأملس، مع غياب الشكل متجعد.

★ عند التزاوج الثاني ( F1 X F1 )، يظهر جيل ثاني F2، مكون من أفراد غير متجانسين (25% متجعدة + 75% ملساء). هذا يعني أن أفراد الجيل الأول F1 كانت تحمل الشكل متجعد ولكنه لم يظهر إلا في الجيل الثاني F2. هذا يعني أن الفرد الهجين F1 يحمل العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين.

نستنتج من هذا أن الشكل أملس سائد Dominant، بينما الشكل متجعد متحي Récessif.

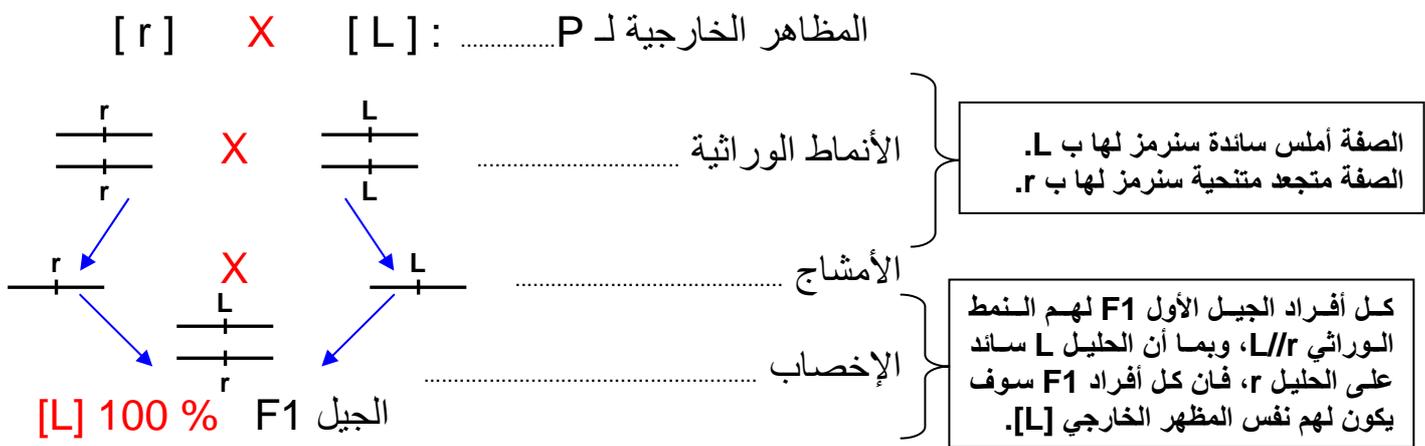
### c - استنتاج: القانون الأول لـ Mendel.

نسمي هذا القانون قانون تجانس الهجاء :

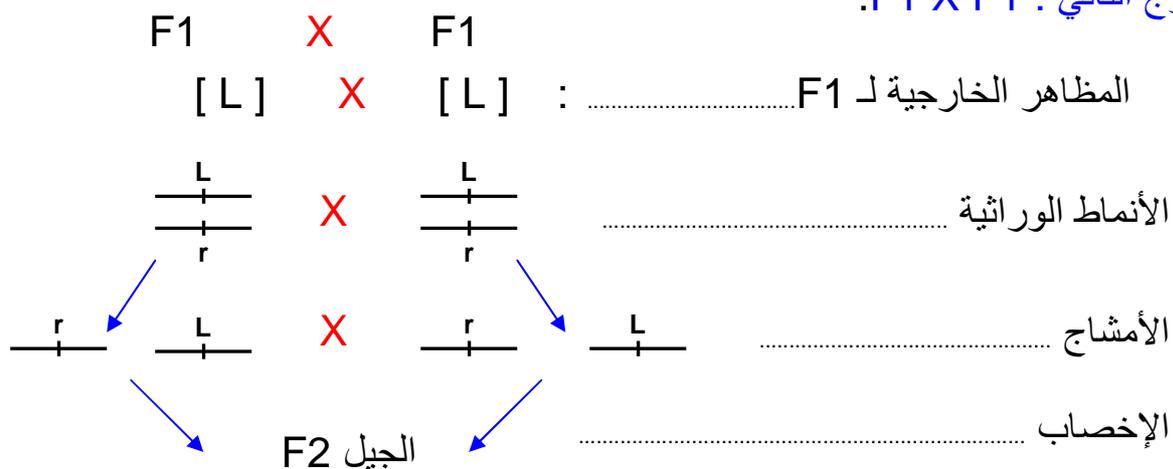
في حالة تزاوج سلالتين نقيتين تختلفان بصفة واحدة، نحصل في الجيل الأول F1 على أفراد متجانسة ذات صفة الأب السائدة.

### d - التأويل الصبغي لنتائج أعمال Mendel.

★ التزاوج الأول : عند الآباء P



★ التزاوج الثاني : F1 X F1



في F2 يمكن تلخيص إمكانية الإخصاب، في جدول ذي مدخلين، يسمى شبكة التزاوج L'échiquier de croisement. حيث يكتب في المدخل العمودي، مختلف أصناف الأمشاج الأنثوية ونسبها، وفي المدخل الأفقي، مختلف أصناف الأمشاج الذكرية ونسبها.

50% $\frac{r}{r}$	50% $\frac{L}{L}$	♂ / ♀
25% $\frac{L}{r}$	25% $\frac{L}{L}$	50% $\frac{L}{r}$
25% $\frac{r}{r}$	25% $\frac{L}{r}$	50% $\frac{r}{r}$

يتكون الجيل الثاني F2 من :  
المظاهر الخارجية: 75 % [L] + 25 % [r]  
الأنماط الوراثية: 25 % بنمط وراثي r//r .  
50 % بنمط وراثي L//r .  
25% بنمط وراثي L//L .

### e - استنتاج: القانون الثاني لـ Mendel.

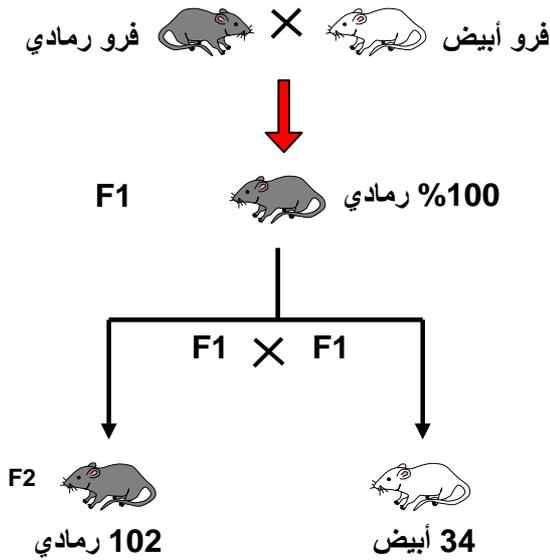
نسمي هذا القانون قانون نقاوة الأمشاج :

أثناء تشكل الأمشاج يفترق العاملان الوراثيان اللذان يحملان الصفتين المتعارضتين، فيحتوي كل مشيج على أحد حليلي المورثة، اذن هو نقى.

### ② انتقال صفة لون الفرو عند الفئران:

a - معطيات تجريبية. أنظر تمرين 1، لوحة 2.

#### اللوحة 2



#### ★ تمرين 1 :

لدينا سلالتين نقيتين من الفئران تختلفان بلون الفرو، أحدهما ذو فرو أبيض والثاني ذو فرو رمادي. يعطي التزاوج بين فئران إحداهما رمادية والأخرى بيضاء ( سلالة الآباء P ) ، خلفا متجانسا مكون فقط من فئران رمادية اللون ( الجيل الأول F1 ) .  
نقوم بتزاوج أفراد F1 مع بعضها فنحصل على الجيل الثاني F2 يتكون من فئران رمادية و فئران البيضاء. ( أنظر الوثيقة أمامه )  
1) حدد نمط التزاوج المنجز.

2) عرف السلالة النقية .  
3) حلل النتائج المحصل عليها في F1 و في F2 .  
4) فسر صبغيا النتائج المحصل عليها في كل من F1 و F2 .

من أجل التأكد من نقاوة سلالة الفئران ذات اللون الرمادي نقوم بإجراء تزاوج بين فرد رمادي و فرد آخر أبيض فنحصل على خلف يضم 50 % من الفئران رمادية و 50% من الفئران بيضاء.

5) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج ؟ ماذا تستنتج من تحليل نتيجة هذا التزاوج ؟

### b - تحليل نتائج التزاوج.

1) لقد تم التزاوج بين أفراد من نفس النوع، ينتمون لسلالتين نقيتين، تختلفان في صفة واحدة. اذن نمط التزاوج هو عبارة عن هجونة أحادية.

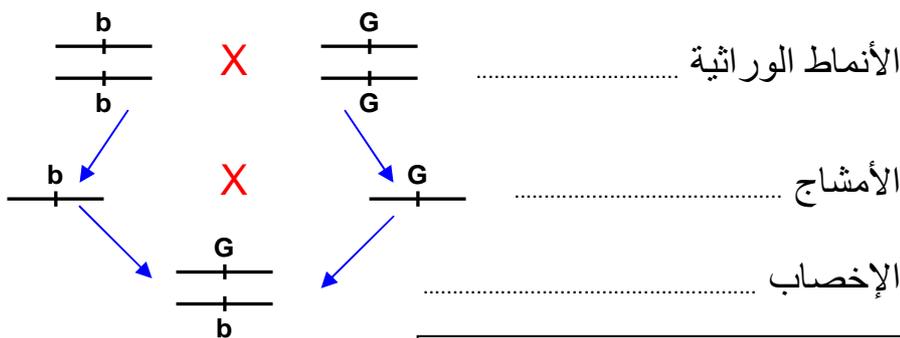
2) تكون السلالة نقية بالنسبة لصفة معينة، عندما تنتقل هذه الصفة إلى الخلف بدون تغير عبر أجيال متعددة. ونفسها بوجود حليلين متشابهين بالنسبة للمورثة المرتبطة بتلك الصفة.

3) إن جميع أفراد الجيل F1 متجانسون فيما بينهم، ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي اللون الرمادي. اعتمادا على القانون الأول لـ Mendel نستنتج أن صفة اللون رمادي صفة سائدة، بينما الصفة لون أبيض صفة متنحية.

نلاحظ كذلك أن الصفة أبيض ظهرت لدى أفراد الجيل F2، ولم تكن تظهر عند الجيل F1، نستنتج أن أفراد الجيل F1 يحملون الحليل المسؤول عن الصفة أبيض، ولا يظهر عندهم لكونه حليل متنحي.

4) التفسير الصبغي لنتائج التزاوج:  
بما أن رمادي سائد سنرمز له بـ G، وأبيض متنحي سنرمز له بـ b.

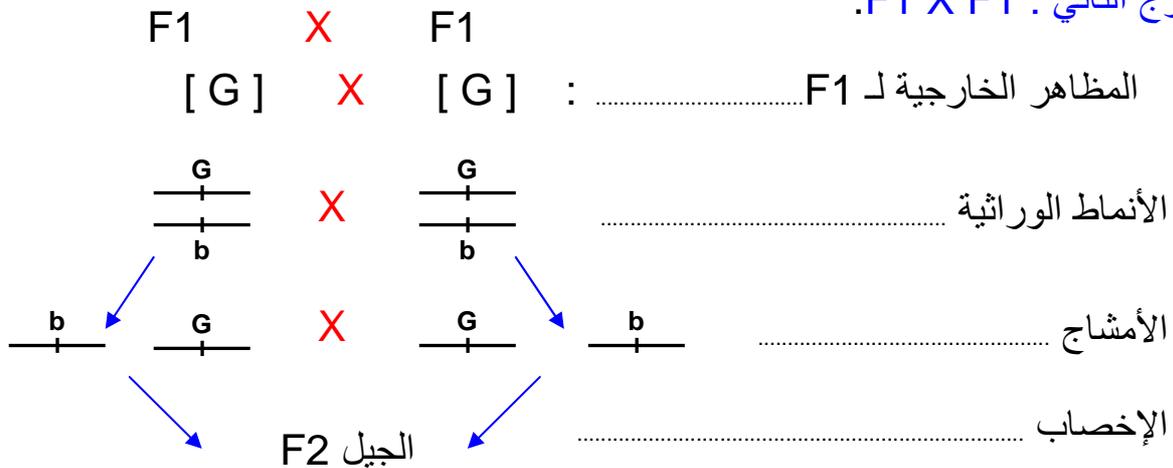
★ التزاوج الأول : عند الآباء P المظاهر الخارجية لـ P : [G] × [b]



الجيل F1 100% [L]

كل أفراد الجيل الأول F1 لهم النمط الوراثي G/b، وبما أن الحليل G سائد على الحليل b، فإن كل أفراد F1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [G].

★ التزاوج الثاني : F1 X F1



شبكة التزاوج

50% $\frac{b}{-}$	50% $\frac{G}{-}$	♂ / ♀
25% $\frac{G}{-}$ b	25% $\frac{G}{-}$ G	$\frac{G}{-}$ 50%
25% $\frac{b}{-}$ b	25% $\frac{G}{-}$ b	$\frac{b}{-}$ 50%

يتكون الجيل الثاني F2 من :  
المظاهر الخارجية: [G] 75% + [b] 25%.  
الأنماط الوراثية: 25% بنمط وراثي b//b.  
50% بنمط وراثي G//b.  
25% بنمط وراثي G//G.

5) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الاختباري Test Cross، وهو تزاوج يتم بين فرد ذي مظهر خارجي سائد ونمط وراثي غير معروف، وفرد ذي مظهر خارجي متنح أي متشابه الاقتران بالنسبة للصفة المدروسة.

في هذا التزاوج، يرتبط المظهر الخارجي للخلف بنمط الأمشاج التي ينتجها الأب ذو المظهر الخارجي السائد. وبذلك نجد حالتين:

◀ **الحالة الأولى:** إذا كان النمط الوراثي للأب ذو المظهر السائد هو  $G//G$ ، فسوف ينتج نمطا واحدا من الأمشاج  $G/$ ، وبالتالي نحصل عند الخلف على  $100\% G//b$ . أي  $100\%$  فئران رمادية.

◀ **الحالة الثانية:** إذا كان النمط الوراثي للأب ذو المظهر السائد هو  $G//b$ ، فسوف ينتج نمطين من الأمشاج  $G/$  و  $b/$ ، وبالتالي نحصل عند الخلف على  $50\% G//b + 50\% b//b$ . أي  $50\%$  فئران بيضاء +  $50\%$  فئران رمادية.

نلاحظ أن نتيجة هذا التزاوج الاختباري هي  $50\%$  فئران بيضاء +  $50\%$  فئران رمادية. نستنتج ادن أن الفأر الرمادي مختلف الاقتران  $G//b$ .

## II - دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة تساوي السيادة.

① التهجين عند نبات شب الليل أنظر تمرين 2، لوحة 2.

اللوحة 2

☆ تمرين 2:

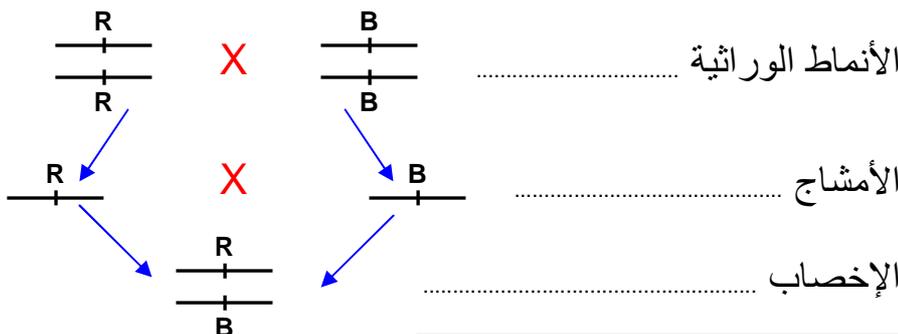
نقوم بتزاوج سلالتين نقيتين من شب الليل La belle de nuit إحداهما ذات أزهار حمراء Rouge والأخرى ذات أزهار بيضاء Blanche. فنحصل على نباتات هجينة ذات أزهار وردية Rose تمثل الجيل الأول F1.  
1) حلل هذه النتائج. ماذا تستنتج؟  
يعطي تزاوج نباتات F1 فيما بينها جيل ثاني F2 غير متجانس ومكون من  $25\%$  نباتات ذات أزهار بيضاء و  $25\%$  نباتات ذات أزهار حمراء و  $50\%$  نباتات ذات أزهار وردية.  
2) فسّر صبغيا النتائج المحصل عليها في F1 و في F2.

### ② تحليل نتائج التزاوج:

إن أفراد الجيل F1 متجانسون، إلا أن صفتهم لا تشبه أي صفة من صفات الوالدين، بل هي صفة وسيطة بين صفتي الأبوين. نستنتج من هذا أن هناك غياب للسيادة أو نقول كذلك تساوي السيادة.  
1) التفسير الصبغي لنتائج التزاوج: نرسم للأحمر ب R، والأبيض ب B.

★ التزاوج الأول: عند الآباء P

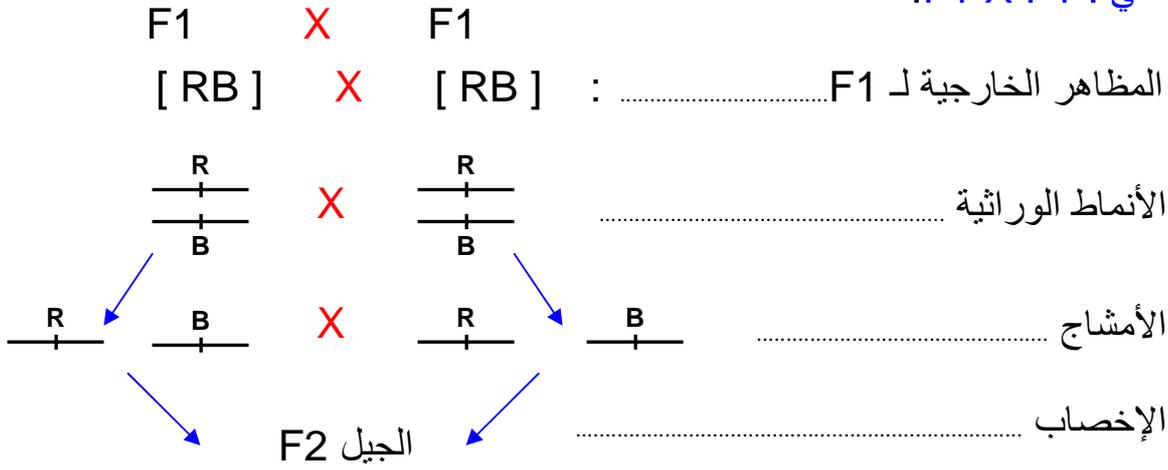
المظاهر الخارجية لـ P: [R] × [B]: .....



الجيل F1  $100\%$  [L]

كل أفراد الجيل الأول F1 لهم النمط الوراثي  $R//B$ ، وبما أن هناك تساوي السيادة، فإن كل أفراد F1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [RB].

## ★ التزاوج الثاني : F1 X F1.



### شبكة التزاوج

50% $\frac{B}{-}$	50% $\frac{R}{-}$	♂ / ♀
25% $\frac{R}{-}$ 25% $\frac{B}{-}$	25% $\frac{R}{-}$ 25% $\frac{R}{-}$	$\frac{R}{-}$ 50%
25% $\frac{B}{-}$ 25% $\frac{B}{-}$	25% $\frac{R}{-}$ 25% $\frac{B}{-}$	$\frac{B}{-}$ 50%

يتكون الجيل الثاني F2 من :  
المظاهر الخارجية: [B] 25 % + [R] 25 %  
[ RB ] 50 % +  
الأنماط الوراثية: 25 % بنمط وراثي R//R.  
+ 50 % بنمط وراثي R//B.  
+ 25 % بنمط وراثي B//B.

### III - دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة المورثة المميّنة.

① التهجين عند الفئران أنظر تمرين 3، لوحة 2.

#### اللوحة 2

#### تمرين 3:

نقوم بتزاوج سلالتين من فئران صفراء Jaune هجينة. فنحصل على خلف غير متجانس يضم: 202 فأر أصفر و 98 فأر رمادي Gris .

- (1) ماذا يمكنك القول عن الصفة لون رمادي والصفة لون أصفر ؟ علل جوابك ؟
- (2) أحسب نسبة الأنماط المحصل عليها. ماذا تلاحظ ؟
- (3) فسر صبغياً هذه النتائج علماً أنه لوحظ في رحم الأم فئران صفراء مميّنة

#### ② تحليل نتائج التزاوج:

(1) إن ظهور فئران رمادية عند الخلف، يدل على أن الحليل المسؤول عن هذه الصفة كان عند الآباء ولم يظهر عندهم. يمكننا القول إذن أن صفة لون رمادي صفة متنحية وصفة لون أصفر صفة سائدة.

(2) نسب الأنماط المحصل عليها:

بما أننا في حالة سيادة تامة، فالنسب المتوقعة هي 25 % مظهر خارجي متنحي + 75 % مظهر خارجي سائد.

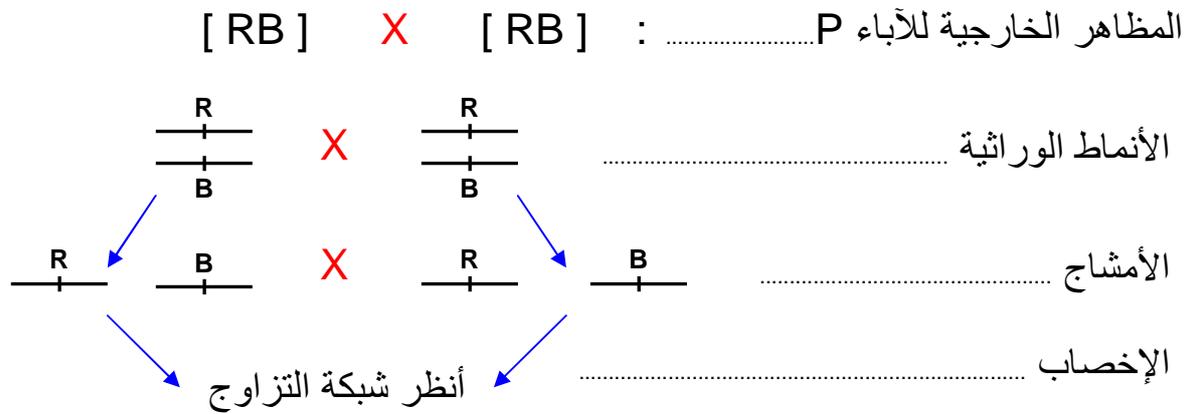
نسبة الفئران الصفراء هي :  $( 98 + 202 ) / 100 * 202 = 67.33 \%$  يعني 2/3

نسبة الفئران الرمادية هي :  $( 98 + 202 ) / 100 * 98 = 32.66 \%$  يعني 1/3

نلاحظ أن هذه النسب تخالف النسب المحصل عليها عند F2 في حالة السيادة التامة.

(3) التأويل الصبغي لنتائج التزاوج:  
المظهر الخارجي لصفة اللون أصفر هو [ J ] . و المظهر الخارجي لصفة اللون أصفر هو [ g ] .

التأويل الصبغي للتزاوج [ g ] X [ J ] .



شبكة التزاوج

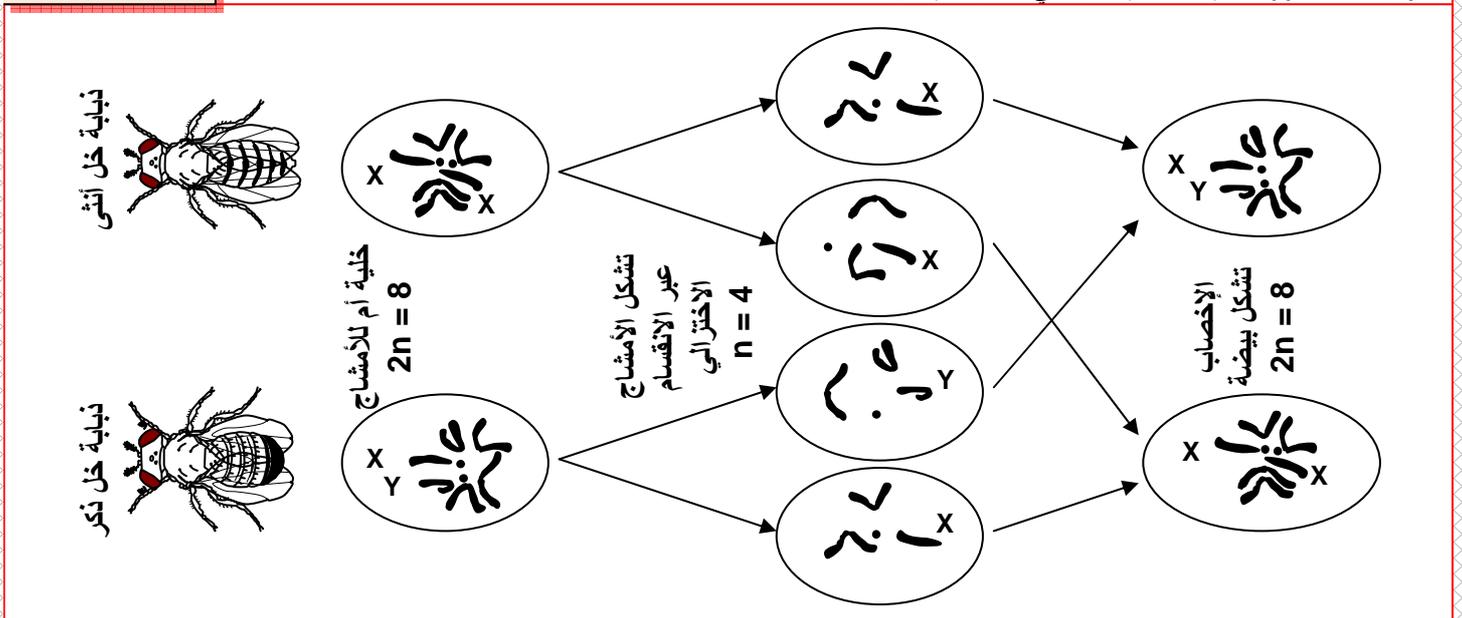
50% $\frac{g}{g}$	50% $\frac{J}{J}$	♂	♀
25% $\frac{J}{g}$	<del>25% <math>\frac{J}{J}</math></del>	<del>50% <math>\frac{J}{J}</math></del>	50% $\frac{J}{g}$
25% $\frac{g}{g}$	25% $\frac{J}{g}$	50% $\frac{g}{g}$	

إن تشابه الاقتران بالنسبة للحليلين السائدين j//j يؤدي إلى موت هذه الفئران، وهذا ما يفسر وجود فئران مميّة في رحم الأم، و يفسر أن ثلث الفئران ذات لون رمادي، و الثلث الآخر بلون أصفر. نتكلم في هذه الحالة عن مورثة مميتة G.létale.

#### IV - دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة مورثة مرتبطة بالجنس. (أنظر الوثيقة 1، لوحة 3).

الوثيقة 1 : دور الصبغيات الجنسية في تحديد الجنس

اللوحة 3



إن ملاحظة الخريطة الصبغية لكائن ثنائي الصيغة الصبغية يبين أن النواة تحتوي على أزواج من الصبغيات المتماثلة، تشكل الصبغيات اللاجنسية، بالإضافة إلى صبغيات جنسيان. عند الذكر يكون الصبغيات الجنسيان مختلفين فنقول أنه متغاير الأمشاج ونرمز له ب XY. عند الأنثى يكون الصبغيات الجنسيان متشابهين فنقول أنه متشابه الأمشاج ونرمز له ب XX. ( في بعض الحالات الأنثى هي التي تكون متغايرة الأمشاج كحالة الطيور والأسماك )

### ① انتقال صفة مرتبطة بالجنس عند ذبابة الخل أنظر تمرين 4، لوحة 3.

#### اللوحة 3

#### تمرين 4:

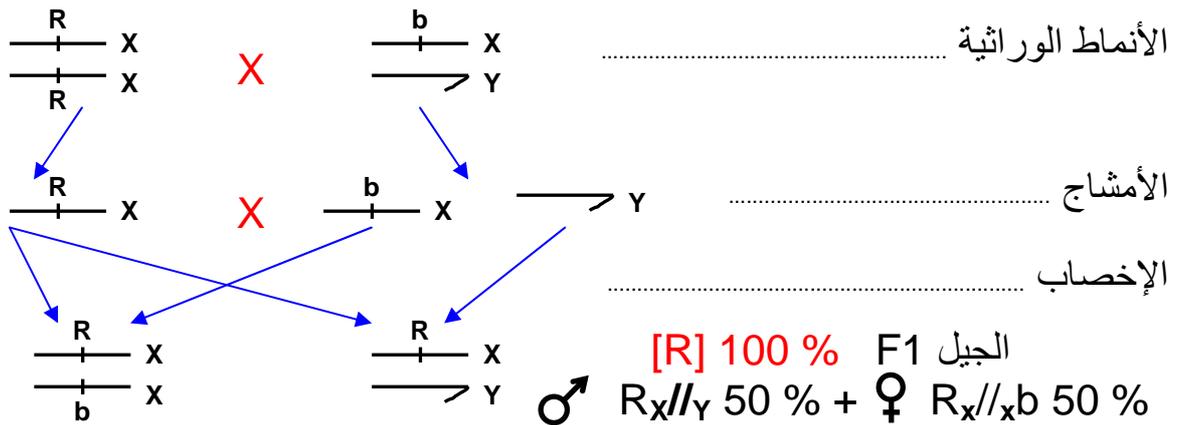
ننجز تزاوجات بين سلالتين نقيتين من ذباب الخل تختلفان بلون العيون، الأولى متوحشة ذات عيون حمراء Rouge وسلالة طافرة ذات عيون بيضاء Blanche .  
 ★ التزاوج الأول : تم بين أنثى ذات عيون حمراء وذكر ذو عيون بيضاء فحصلنا في الجيل الأول F1 على أفراد كلهم بعيون حمراء.  
 (1) ماذا تستخلص من نتائج هذا التزاوج ؟  
 ★ التزاوج الثاني: تزاوج عكسي Croisement réciproque تم بين أنثى ذات عيون بيضاء وذكر ذو عيون حمراء. فحصلنا  
 على جيل F1 مكون من 50 % إناث بعيون حمراء و 50 % ذكور بعيون بيضاء.  
 (2) حلل هذه النتائج ؟ ماذا تستنتج ؟  
 (3) أعط تفسيراً صبغياً للنتائج المحصل عليها.

### ② تحليل نتائج التزاوج:

(1) في التزاوج الأول نلاحظ أن كل أفراد الجيل الأول F1 متجانسون ولهم الصفة عيون حمراء. طبقاً للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن الحليل المسؤول عن الصفة أحمر سائد ( R )، وبالتالي فالحليل أبيض متنحي ( b ).  
 (2) يعطي التزاوج العكسي جيل F1، يتكون من أفراد غير متجانسين، كما نلاحظ أن المظهر الخارجي لأفراد هذا الجيل يختلف حسب الجنس. نستنتج إذن أن الأمر يتعلق بمورثة مرتبطة بالصبغيات الجنسية. وبما أن الصفة " لون العيون " تظهر عند كل من الذكور والإناث، فإن هذه المورثة يحملها الصبغي الجنسي X.  
 (3) التفسير الصبغي للنتائج المحصل عليها:

#### ★ التزاوج الأول :

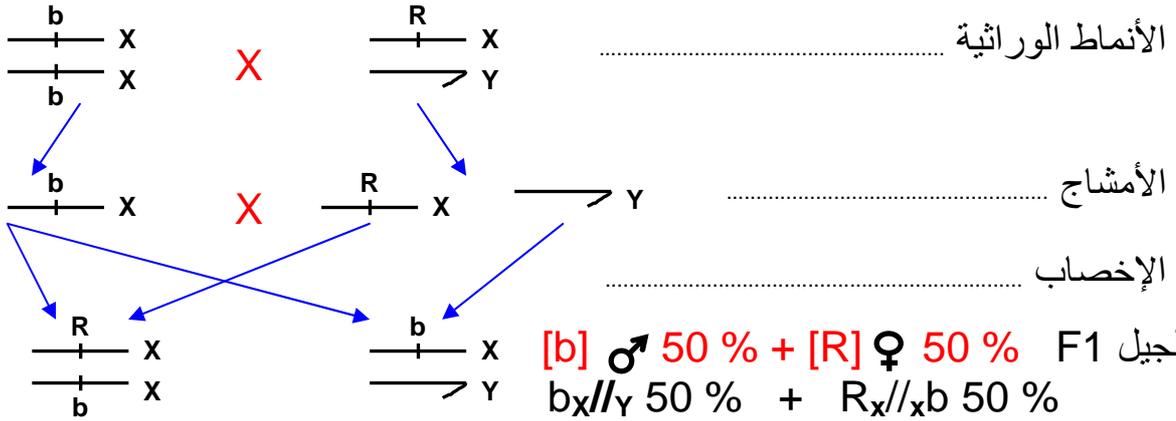
المظاهر الخارجية لـ P : ذكور بعيون بيضاء [ b ] X إناث بعيون حمراء [ R ]



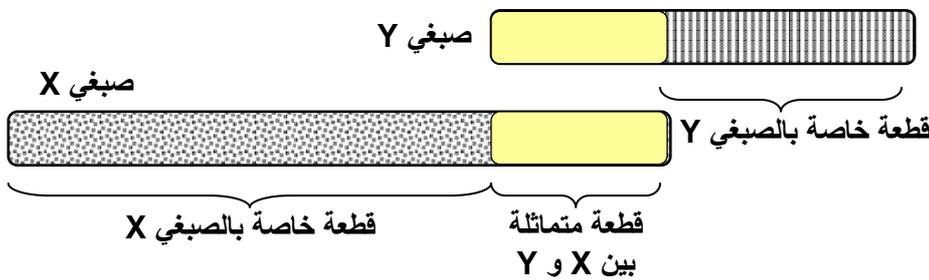
## ★ التزاوج الثاني = التزاوج العكسي :

ذكور بعيون حمراء [R] X إناث بعيون بيضاء [b]

المظاهر الخارجية لـ P



## ملاحظة:



يمكن تفسير انتقال الصفات الوراثية المرتبطة بالجنس بكون المورثات المسؤولة عن هذه الصفات تتوضع على جزء الصبغي الجنسي X الذي ليس له مماثل على الصبغي Y. أو على جزء الصبغي Y الذي ليس له مقابل على X.

ادن التموضعات الممكنة للمورثة عند الصبغي الجنسي:

- على الجزء المميز للصبغي X : المورثة ممثلة بحليلين عند الأنثى وبحليل واحد عند الذكر.
- على الجزء X الذي له مماثل في الصبغي Y : المورثة ممثلة بحليلين عند الأنثى، و بحليلين عند الذكر. تخضع لنفس قوانين الصفة غير المرتبطة بالجنس.
- على الجزء المميز للصبغي Y : المورثة ممثلة بحليل واحد عند الذكر، وغير ممثلة بأي حليل عند الأنثى. اذن صفة خاصة بالذكور.

## V - دراسة انتقال زوجين من الحيليات: الهجونة الثنائية.

نتكلم عن الهجونة الثنائية إذا كان التزاوج بين أفراد ينتمون لسلاطين نقيتين تختلفان في صفتين. وفي هذه الحالة فالمورثتين إما أن تكونان على نفس الصبغي فننتكلم عن مورثات مرتبطة، Les gènes liés. وإما أن تكونان على صبغيين مختلفين فننتكلم عن مورثات مستقلة Les gènes indépendants.

### ① حالة المورثات المستقلة:

#### أ - الهجونة الثنائية عند نبات الجلبانة.

a - تمرين أنظر التمرين 5، لوحة 3.

### اللوحة 3

- تمرين 5: قام Mendel بتزاوج سلالتين نقيتين من نبات الجلبانة تختلفان بصفتين، شكل ولون البذرة: الأولى ملساء Lisse وصفراء Jaune. والسلالة الثانية متجعدة Ridée وخضراء Verte. فحصل في الجيل الأول F1 على بذور كلها ملساء و صفراء.
- (1) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج؟
  - (2) حل هذه النتائج، ماذا تستنتج من ذلك؟

قام Mendel بزراعة بذور من F1 وترك الأزهار تتلقح ذاتيا . وبعد الإثمار جني بذور الجيل F2 فحصل على 556 بذرة تتوزع كالتالي:

★ 315	بذرة صفراء وملساء	★ 101	بذرة خضراء وملساء
★ 108	بذرة صفراء ومتجعدة	★ 32	بذرة خضراء ومتجعدة

- (3) أحسب النسب المئوية المحصل عليها في الجيل F2.  
 (4) فسر صبغيا نتائج F1 و F2 ، مستعملا الرموز: أخضر (V,v) ، أصفر (J,j) ، أملس (L,l) ، متجدد (R,r) .

### b - حل التمرين:

(1) تم التزاوج بين فردين من سلالتين نقيتين تختلفان بصفتين اثنتين، يتعلق الأمر ادن بالهجونة الثنائية.

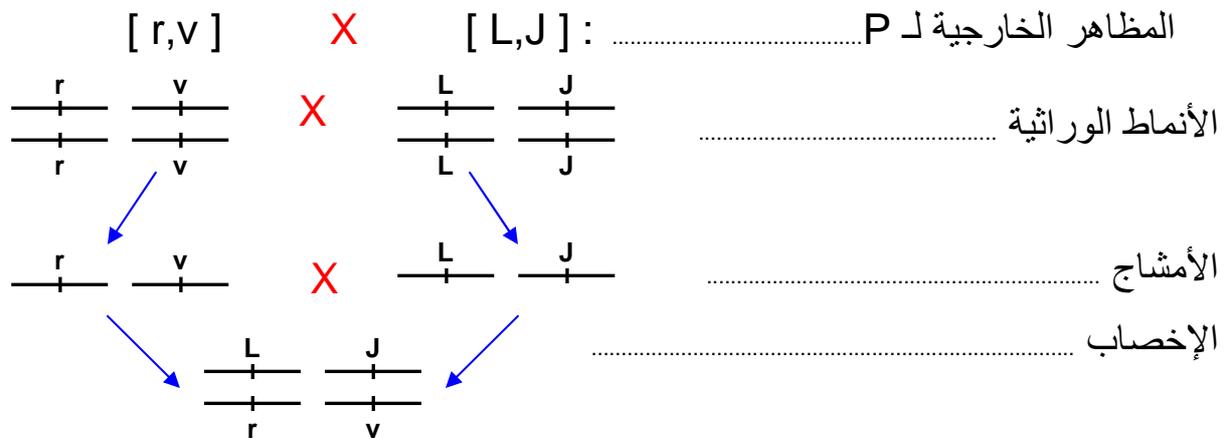
(2) نلاحظ أن أفراد الجيل الأول F1 متجانسون، ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو الشكل الأملس واللون الأصفر. نستنتج ادن أن الصفة أملس سائدة على متجدد، وأصفر سائد على أخضر. وهكذا نكتب الحليلات كما يلي: أملس L، أصفر J، متجدد r، وأخضر v.

(3) حساب النسب المئوية عند F2:  
 نلاحظ أن الجيل F2 غير متجانس ويضم أربعة مظاهر خارجية. مظهران يشبهان المظاهر الخارجية للآباء: [L,J] و [r,v]، ومظهران خارجيان جديان: [L,v] و [r,J].

- |                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| مظاهر أبوية<br>مظاهر جديدة<br>التركيب | } | ● نسبة المظهر الخارجي [L,J] : $(315 / 556) \cdot 100 = 56.6 \%$  |
|                                       |   | ● نسبة المظهر الخارجي [r,v] : $(32 / 556) \cdot 100 = 5.75 \%$   |
|                                       |   | ● نسبة المظهر الخارجي [L,v] : $(101 / 556) \cdot 100 = 18.16 \%$ |
|                                       |   | ● نسبة المظهر الخارجي [r,J] : $(108 / 556) \cdot 100 = 19.4 \%$  |

لا يمكن تفسير ظهور صفات جديدة إلا بالافتراق المستقل للحليلات أثناء تشكل الأمشاج.

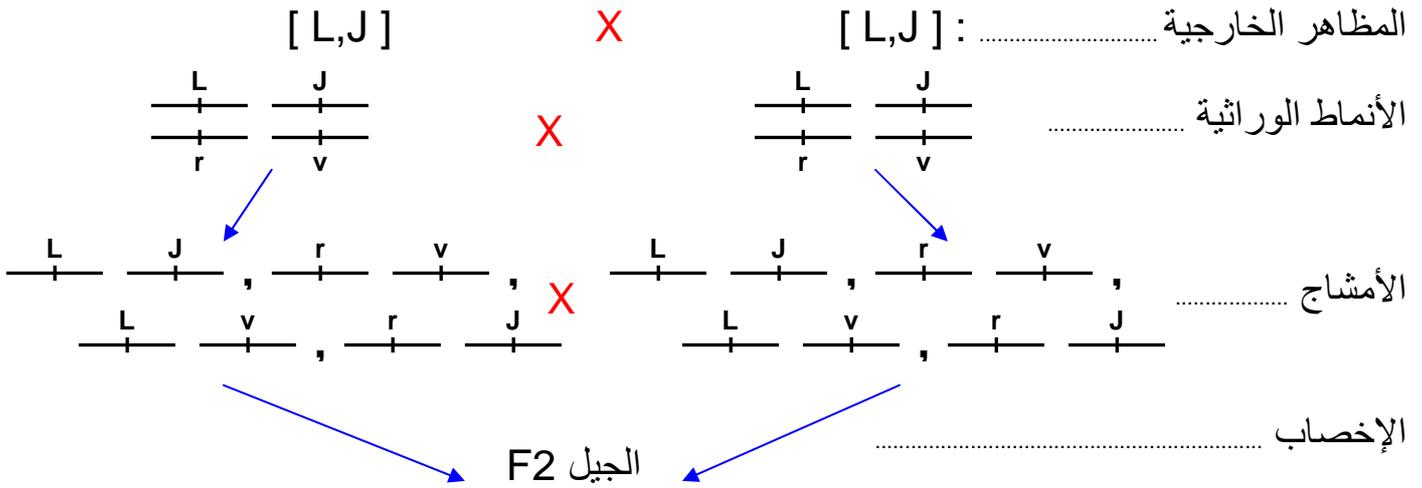
(4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوج:  
 ★ التزاوج الأول : عند الآباء P



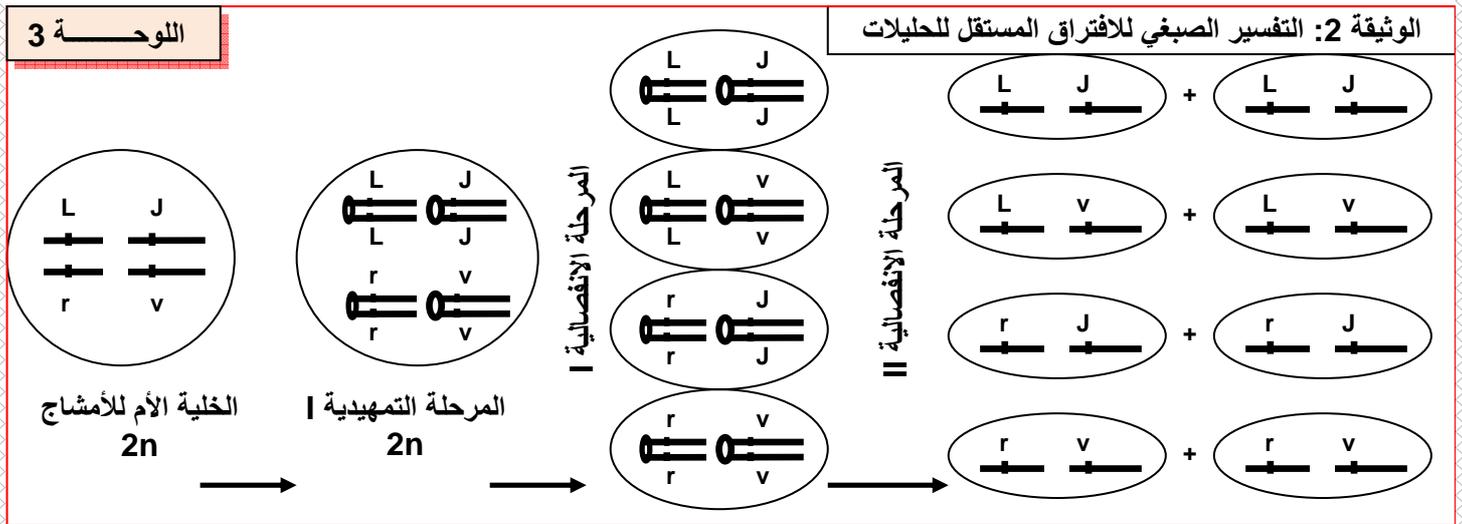
الجيل F1 100% [L,J]

كل أفراد الجيل الأول F1 لهم النمط الوراثي L/r, J/v ، وبما أن L و V سائدين، فإن كل أفراد F1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [L,J].

## ★ التزاوج الثاني : F1 X F1



بفعل التخليط البيصبغي ينتج كل فرد هجين من الجيل F1 أربعة أنواع من الأمشاج بنسب متساوية: 1/4 لكل نوع، مشيجان أويان بنسبة 50 % و مشيجان جديدا التركيب بنسبة 50 % . (أنظر الوثيقة 2، لوحة 3).



شبكة التزاوج : أنظر الوثيقة 1 ، لوحة 4:

في الجيل الثاني F2 نحصل على المظاهر الخارجية التالية:

- أفراد لهم المظهر الخارجي [ L,J ] ، يشكلون 9/16 من F2 أي 56.25 % .
- أفراد لهم المظهر الخارجي [ L,v ] ، يشكلون 3/16 من F2 أي 18.75 % .
- أفراد لهم المظهر الخارجي [ r,J ] ، يشكلون 3/16 من F2 أي 18.75 % .
- أفراد لهم المظهر الخارجي [ r,v ] ، يشكلون 1/16 من F2 أي 6.25 % .

شبكة التزاوج				اللوحة 4					
r	v	r	J	L	v	L	J	♂	♀
r	v	r	J	L	v	L	J	L	J
r	v	r	J	L	v	L	J	L	v
r	v	r	J	L	v	L	J	r	J
r	v	r	J	L	v	L	J	r	v

### c - القانون الثالث لـ Mendel:

يسمى هذا القانون: قانون استقلالية أزواج الحليلات. أثناء تشكل الأمشاج وأثناء المرحلة الانفصالية، يمكن لكل فرد من زوج صبغي معين أن يجتمع بأحد فردي الزوج الصبغي الآخر. وينتج عن هذا أن كل عنصر من زوج حليلي معين، يمكنه أن يجتمع بأحد عنصري الزوج الحليلي الآخر، وهذا ما يسمى بالافتراق المستقل للحليلات.

### ب - الهجونة الثنائية عند ذبابة الخل

a - تمرين أنظر التمرين 6، لوحة 4.

### اللوحة 4

### تمرين 6:

نقوم بتزاوج سلالتين نقيتين من ذبابة الخل الأولى ذات جسم رمادي Gris وأجنحة طويلة Longues. والثانية ذات جسم أسود حالك Eben وأجنحة أثرية Véstigiales. نحصل في الجيل الأول F1 على 182 ذبابة خل رمادية ذات أجنحة طويلة.

(1) حلل نتائج هذا التزاوج. ماذا تستنتج؟

نقوم بعد ذلك بتزاوج ثاني بين ذبابة خل من الجيل الأول F1 و ذبابة خل ذات جسم أسود حالك وأجنحة أثرية. فنحصل على النتائج التالية

★ 492 ذبابة خل رمادية اللون و ذات أجنحة طويلة ★ 509 ذبابة خل سوداء حالكة وذات أجنحة طويلة  
★ 515 ذبابة خل رمادية اللون وذات أجنحة أثرية ★ 487 ذبابة خل سوداء حالكة وذات أجنحة أثرية

(2) كيف نسمي هذا النوع من التزاوج؟ وما هي الغاية منه؟

(3) أحسب النسب المئوية للأنواع المحصل عليها في F2. ماذا تستنتج؟

(4) فسر صبغياً نتائج هذا التزاوج الثاني. مستعملاً الرموز: رمادي (G,g)، أسود (E,e)، طويلة (L,l)، أثرية (V,v).

## b - حل التمرين:

- (1) نلاحظ أن أفراد الجيل الأول F1 متجانسون ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو الجسم الرمادي والأجنحة الطويلة. اذن طبقا للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن :
- الحليل المسؤول عن صفة اللون رمادي سائد على الحليل أسود.
  - الحليل المسؤول عن صفة الأجنحة طويلة سائد على الحليل أثرية.
- سنرمز لرمادي ب (G)، وأسود ب (e). سنرمز طويلة ب (L)، وأثرية ب (v)
- (2) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع، لأنه تم بين فرد هجين F1 و أب P متتحي. الغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل لزوجي الحليلين.

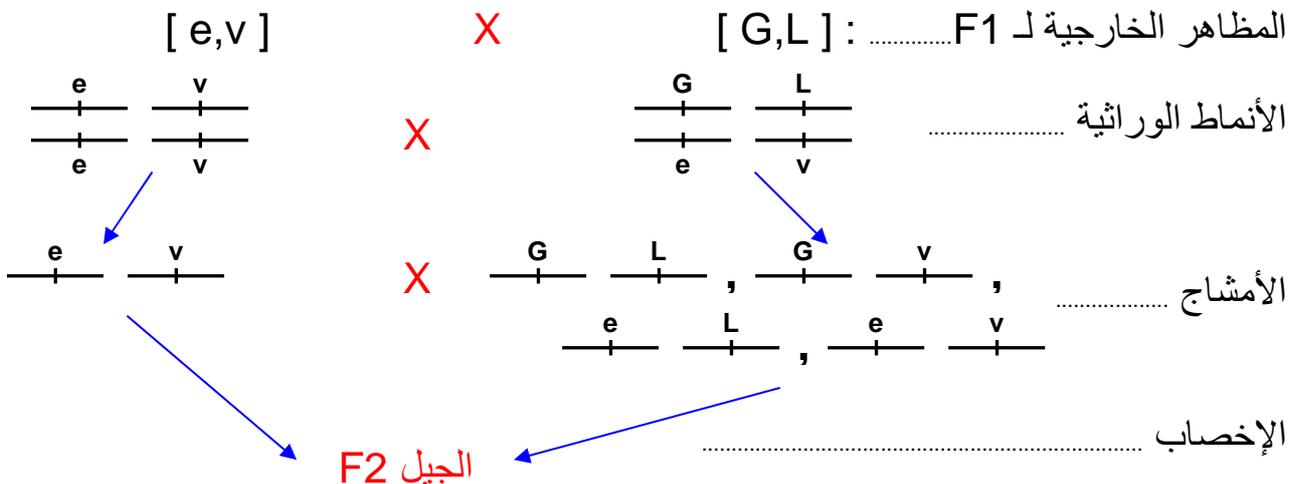
(3) حساب النسب المئوية المحصل عليها في F2:

- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة طويلة) :  $24.56\% = 100 \cdot (492 / (487 + 509 + 515 + 492))$
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة طويلة) :  $25.41\% = 100 \cdot (509 / 2003)$
- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة أثرية) :  $25.71\% = 100 \cdot (515 / 2003)$
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة أثرية) :  $24.31\% = 100 \cdot (487 / 2003)$

إن الفرد الثنائي التتحي [ e,v ]، لا ينتج سوى نمط واحد من الأمشاج ( e,v/ )، وبالتالي فالمظهر الخارجي لأفراد الخلف F2 سيعكس النمط الوراثي للأمشاج التي أنتجها الفرد الهجين. ومنه نستنتج هل المورثات مستقاة أم مرتبطة.

تدل النسب المحصل عليها في F2 : ( 25 % + 25 % + 25 % + 25 % ) على أنه خلال تشكل الأمشاج عند الفرد الهجين، يجتمع كل حليل من زوج حليلي معين بلا تمييز مع أحد حليلي الزوج الحليلي الآخر. نستنتج من ذلك أن الحليلان ( G,e ) و ( L,v ) محمولان على زوجين مختلفين من الصبغيات. أي أن المورثات مستقلة.

(4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوج:



				شبكة التزاوج
$\frac{e}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/2	$\frac{e}{-} \quad \frac{L}{-}$ 1/2	$\frac{G}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/2	$\frac{G}{-} \quad \frac{L}{-}$ 1/2	$\frac{\text{♂}}{\text{♀}}$
$\frac{e}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/4	$\frac{e}{-} \quad \frac{L}{-}$ 1/4	$\frac{G}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/4	$\frac{G}{-} \quad \frac{L}{-}$ 1/4	$\frac{e}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/2

نحصل في F2 على  $[ e,v ] 25 \% + [ e,L ] 25 \% + [ G,v ] 25 \% + [ G,L ] 25 \%$ .  
نلاحظ أن النتائج النظرية تطابق النتائج التجريبية، اذن المورثات مستقلة.

## ② حالة المورثات المرتبطة:

### أ - التهجين عند ذبابة الخل.

a - تمرين أنظر التمرين 7، لوحة 4.

#### اللوحة 4

#### تمرين 7

نقوم بتزاوج سلالتين نقيتين من ذبابة الخل تختلفان بزوجين من الصفات . الأولى ذات أجنحة عادية Normal و عيون حمراء Rouge والأخرى ذات أجنحة مقورة Tronqué و عيون بنية Brun .  
نحصل في الجيل الأول F1 على خلف متجانس ذو مظهر خارجي بأجنحة عادية و عيون حمراء.

(1) ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج؟

نقوم بتزاوج ثاني بين أنثى هجينة من F1 وذكر ثنائي التحي، فحصلنا في الجيل الثاني F2 على :

★ 400 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة و عيون بنية ★ 109 ذبابة خل ذات أجنحة عادية و عيون بنية  
★ 111 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة و عيون حمراء ★ 410 ذبابة خل ذات أجنحة عادية و عيون حمراء

(2) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج و ما هي الغاية منه ؟

(3) حدد نسب الأفراد المحصل عليها في F2 . ماذا تستنتج؟

(4) أعط تفسيراً صبغياً لهذه النتائج.

نقوم بتزاوج ثالث بين أنثى ذات أجنحة مقورة و عيون بنية مع ذكر F1 ذو أجنحة عادية و عيون حمراء. فحصلنا على الجيل F'2 مكون من:

★ 170 ذبابة خل ذات أجنحة عادية و عيون حمراء ★ 175 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة و عيون بنية.

(5) حدد نسب الأفراد المحصل عليها في F'2 . ماذا تلاحظ؟

(6) كيف تفسر هذه النتيجة ؟

### b - حل التمرين:

(1) نلاحظ أن الجيل الأول F1 متجانس ويشبه في مظهره الخارجي الأب ذو أجنحة عادية و عيون حمراء. طبقاً للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن أجنحة عادية سائد على أجنحة مقورة، و عيون حمراء سائد على عيون بنية.

نرمز لأجنحة عادية و عيون حمراء بـ [ N,R ] وأجنحة مقورة و عيون بنية بـ [ t,b ].

(2) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع BackCross، والغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل للحليلات.

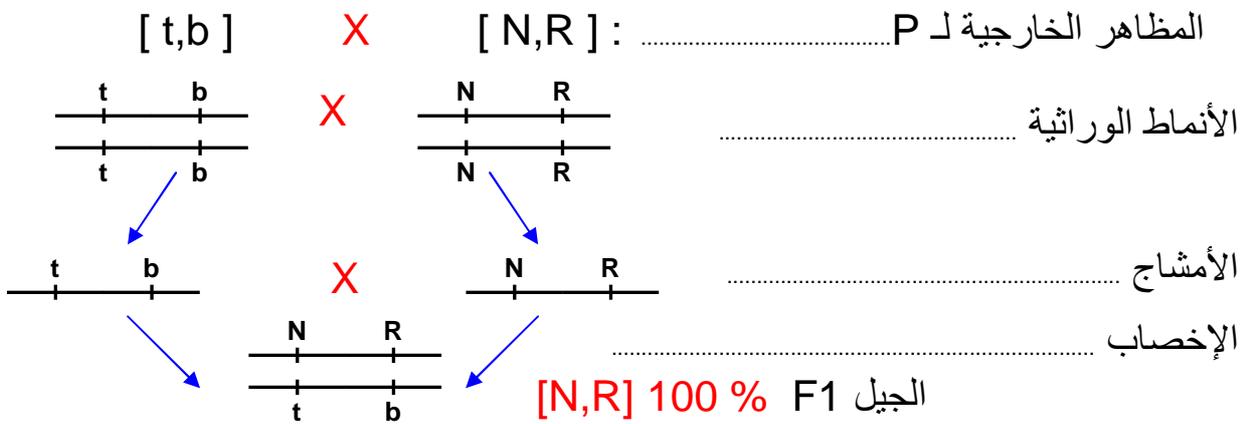
### (3) النسب المئوية للأنواع المحصل عليها في F2:

- نسبة المظهر الخارجي [ N,R ] هي:  $39.81 \% = 100.(410/(410+400+111+109))$
- نسبة المظهر الخارجي [ t,b ] هي:  $38.83 \% = 100.(400/1030)$
- نسبة المظهر الخارجي [ N,b ] هي:  $10.58 \% = 100.(109/1030)$
- نسبة المظهر الخارجي [ t,R ] هي:  $10.78 \% = 100.(111/1030)$

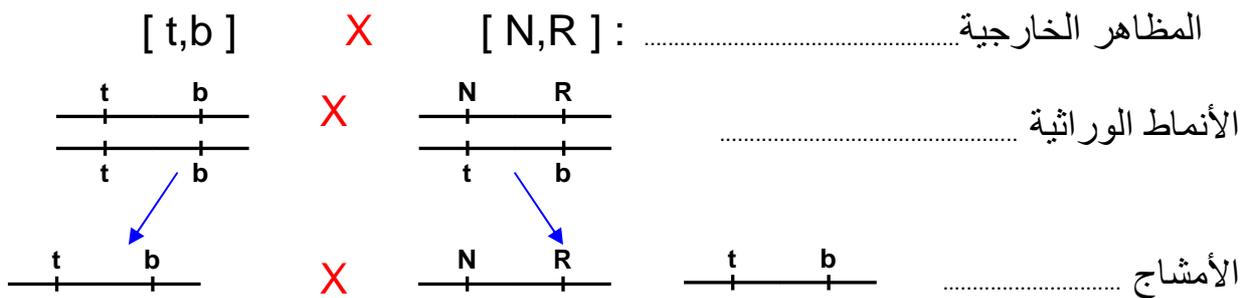
نلاحظ أن هذه النتائج تخالف القانون الثالث لـ Mendel ( قانون الافتراق المستقل للحليلات ) إذ لا نحصل على أربعة مظاهر خارجية بنسب متساوية، بل نحصل على مظهرين خارجيين أوبيين [ N,R ] ، [ t,b ] بنسب كبيرة، ومظاهر خارجية جديدة التركيب [ N,b ] ، [ t,R ] بنسب ضعيفة. هذا يدل على عدم الافتراق المستقل للحليلات، وهو ما يعني أن المورثتين مرتبطين.

### (4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجات :

#### ★ التزاوج الأول : عند الآباء P .



#### ★ التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.



$\frac{t}{t} \frac{b}{b}$ 50 %	$\frac{N}{N} \frac{R}{R}$ 50 %	♀ / ♂
$\frac{t}{t} \frac{b}{b}$ 50 %	$\frac{N}{t} \frac{R}{b}$ 50 %	$\frac{t}{t} \frac{b}{b}$ 100 %

الإخصاب يعطي الجيل F2، أنظر شبكة التزاوج

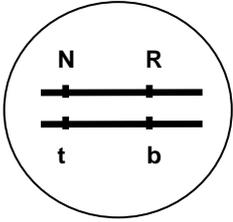
نلاحظ أن النتائج النظرية تخالف النتائج التجريبية حيث نحصل في F2 على مظاهر خارجية أبوية فقط، ( [ N,R ] ، [ t,b ] ).

إن ظهور مظاهر خارجية جديدة التركيب في F2، يفسر بافتراض وجود تركيبات جديدة في أمشاج الأنثى الهجينة، وذلك لحدوث تبادل أجزاء صبغية بين الصبغيات المتماثلة خلال الانقسام الاختزالي. (أنظر الوثيقة 1، لوحة 5). وبالتالي تكون شبكة التزاوج على الشكل التالي:

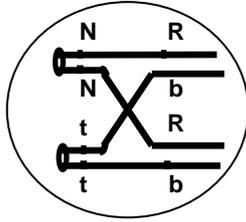
### اللوحة 5

الوثيقة 1 : كيفية إنتاج الأمشاج عند أنثى ذبابة الخل الهجينة

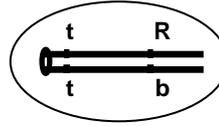
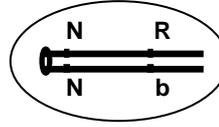
الخلية الأم للأمشاج  
2n



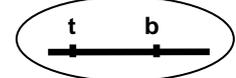
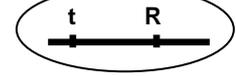
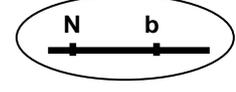
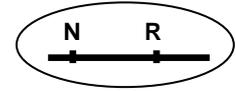
المرحلة التمهيديّة I  
2n



المرحلة الانفصالية I



المرحلة الانفصالية II



أمشاج أحادية الصبغة  
الصبغية

 25 %	 25 %	 25 %	 25 %	♀ / ♂
 25 %	 25 %	 25 %	 25 %	 100 %

- (5) التزاوج الثالث هو تزاوج عكسي، لنحسب نسب المظاهر الخارجية في F2:
- نسبة مظهر الخارجي [ N,R ] هي :  $49.27 \% = 100 \cdot (170 / (170 + 175))$
  - نسبة مظهر الخارجي [ t,b ] هي :  $50.73 \% = 100 \cdot (175 / (170 + 175))$

نلاحظ أن هذا التزاوج يعطي فقط مظهر خارجية أبوية بنسبة  $50 \% + 50 \%$

(6) تفسر هذه النتيجة بكون الذكر الهجين أنتج فقط أمشاجاً أبوية، ولم ينتج الأمشاج الجديدة التركيب، وذلك لعدم حدوث العبور الصبغي خلال تشكل الأمشاج عند ذكر ذبابة الخل.

### ب - التهجين عند نبات الطماطم.

a - تمرين أنظر التمرين 8، لوحة 5.

### اللوحة 5

نقوم بتزاوج سلالتين نقيتين من الطماطم، تختلفان بزوجين من الصفات . الأولى سهلة الجني وحساسة لطفيلي stemphyllium والأخرى صعبة الجني ومقاومة لهذا الطفيلي. نحصل في الجيل الأول F1 على خلف متجانس يتكون من طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي.

(2) ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج؟

نقوم بتزاوج ثاني بين طماطم ثنائية التنحي وطماطم هجينة من F1، فحصلنا في الجيل الثاني F2 على :

- ★ 39 % من الطماطم سهلة الجني وحساسة للطفيلي. ★ 11 % من الطماطم سهلة الجني ومقاومة للطفيلي
- ★ 11 % من الطماطم صعبة الجني وحساسة للطفيلي ★ 39 % من الطماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي

(2) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج وما هي الغاية منه ؟

(3) ماذا تستنتج من النسب المحصل عليها في F2 . ؟

(4) أعط تفسيراً صبغياً لهذه النتائج.

## b - حل التمرين: تمرين منزلي.

### ج - خلاصة:

بالإضافة إلى التخليط البيصبغي الذي تخضع له الحليلات أثناء الانقسام الاختزالي، تساهم ظاهرة العبور الصبغي بانجاز تخليط إضافي لهذه الحليلات ( تخليط ضمصبغي ) مما يؤدي إلى تكون أمشاج متنوعة وراثيا، ويؤدي الالتقاء العشوائي لهذه الأمشاج إلى تنوع وراثي كبير بين أفراد الجيل.

## VI - قياس المسافة بين مورثتين.

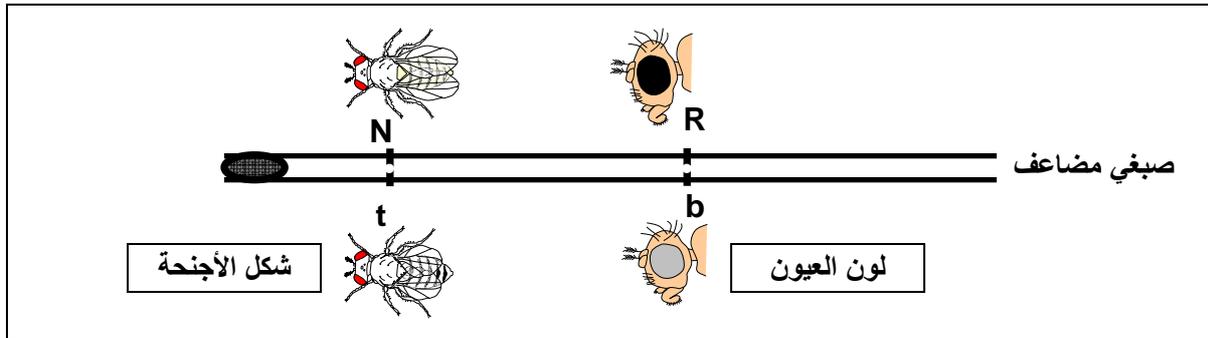
① العلاقة بين نسبة التركيبات الجديدة والمسافة بين مورثتين: أنظر نشاط 4 لوحة 5.

### ④ نشاط 4: قياس المسافة بين مورثتين ووضع الخريطة العاملية ( La carte factorielle ). اللوحة 5

تقديم : لقد لاحظ العالم الأمريكي Thomas Hunt Morgan أنه في حالة تزاوج سلالتين تختلفان بصفتين في حالة مورثتين مرتبطين، فإن نسبة التركيبات الجديدة الناتجة عن هذا التزاوج تكون دائما ثابتة. انطلاقا من هذه الملاحظة افترض Morgan أن موقع المورثة فوق الصبغي يكون دائما ثابتا . فوضع علاقة بين نسبة التركيبات الجديدة ونسبة احتمال حدوث عبور صبغي. إذ كلما كبرت المسافة بين مورثتين إلا وارتفعت نسبة احتمال حدوث العبور و بالتالي ارتفعت نسبة التركيبات الجديدة. لقياس هذه المسافة نستعمل وحدة (CMg) : (Centimorgan) ، بحيث أن  $1 \text{ CMg} = 1\%$  من التركيبات الجديدة. وهكذا فالمسافة الفاصلة بين مورثتين a و b هي  $d(a-b)$ .

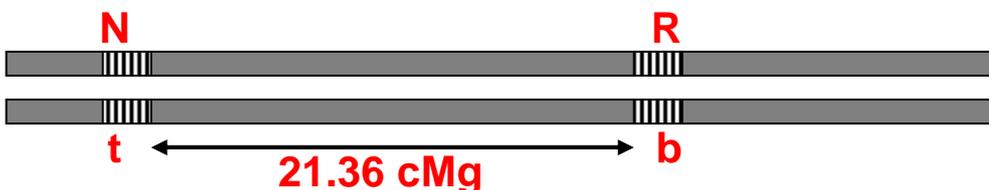
$$100 \times \frac{\text{عدد الأفراد ذوي التركيبات الجديدة}}{\text{العدد الإجمالي للأفراد}} = d(a-b)$$

باستثمار هذه المعطيات و معطيات التمرين 7 لوحة 4 ، أحسب المسافة بين المورثتين لون العيون وشكل الأجنحة  $d(N - R)$



انطلاقا من معطيات التمرين 7، لوحة 4، نحسب المسافة بين المورثتين لون العيون وشكل الأجنحة  $d(R,N)$

$$d(R,N) = \frac{\text{عدد الأفراد ذوي التركيبات الجديدة}}{\text{العدد الإجمالي للأفراد}} \times 100 = \frac{109 + 111}{1030} \times 100 = 21.36 \text{ cMg}$$



## ② دراسة مثال عند الطماطم:

a - تمرين أنظر التمرين 9، لوحة 6.

اللوحة 6

☆ تمرين 9:

تم التزاوج بين سلالتين نقيتين من الطماطم، سلالة ( SM ) ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء، مع سلالة ( M ) ذات أوراق مبقةة بالأصفر وقد قصير وثمار ناعمة. نحصل على جيل أول F1 متجانس بأوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء. ويعطي التزاوج الراجع بين نبتة هجينة F1 ونبتة من السلالة ( M ) النتائج التالية:

417 *	نبتة ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء
425 *	نبتة ذات أوراق مبقةة وقد قصير وثمار ناعمة
16 *	نبتة ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ناعمة
3 *	نبتة ذات أوراق خضراء وقد قصير وثمار ملساء
55 *	نبتة ذات أوراق خضراء وقد قصير وثمار ناعمة
59 *	نبتة ذات أوراق مبقةة وقد عادي وثمار ملساء
5 *	نبتة ذات أوراق مبقةة وقد عادي وثمار ناعمة
20 *	نبتة ذات أوراق مبقةة وقد قصير وثمار ملساء

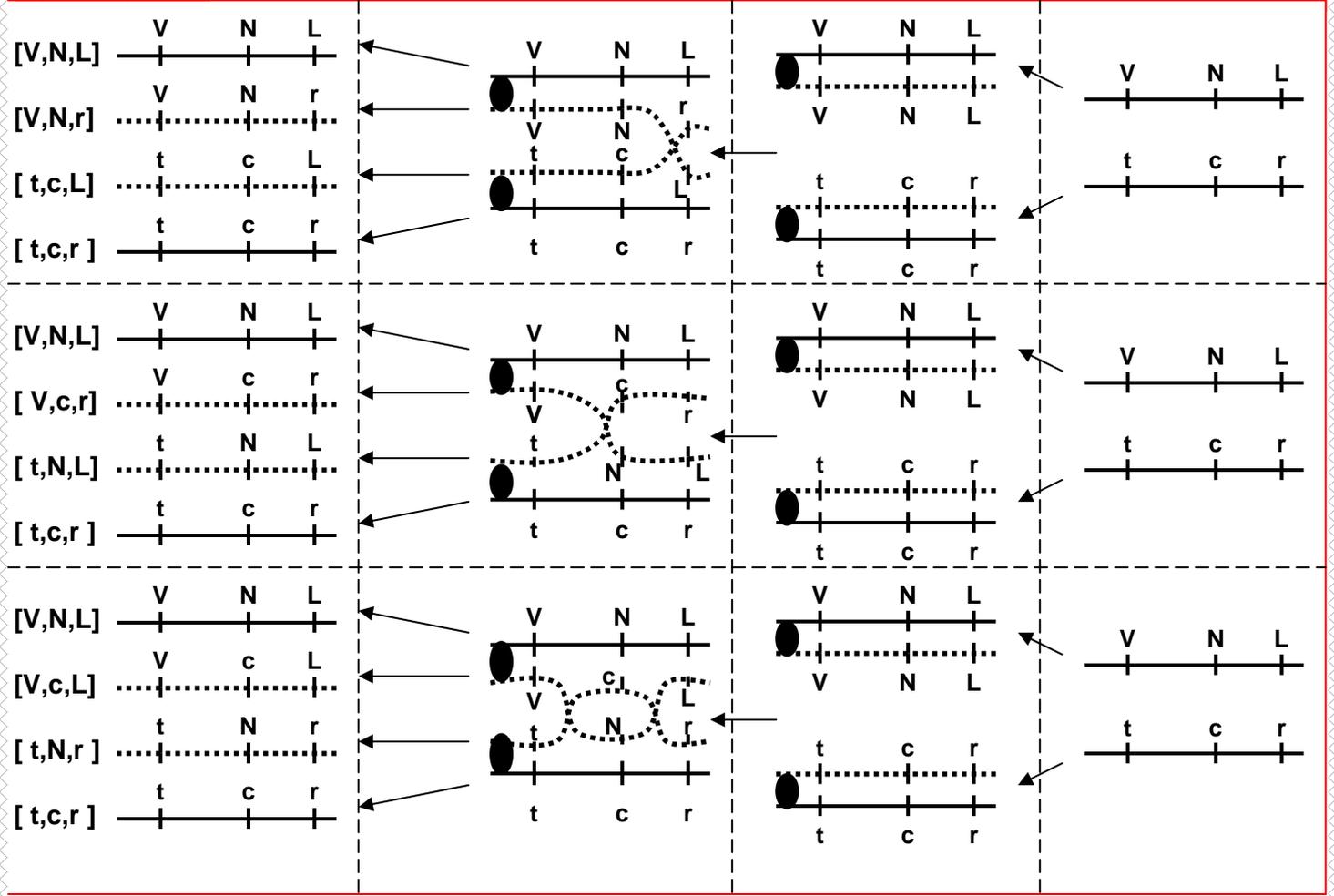
- 1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج التزاوج الأول؟
- 2) باستعمال الرموز التالية: قد عادي ( N,n )، أوراق خضراء ( V,v )، ثمار ملساء ( L,l )، قد قصير ( C,c )، أوراق مبقةة ( T,t )، ثمار ناعمة ( R,r ). حدد المظاهر الخارجية المحصل عليها في الجيل الثاني F2، مع حساب نسبة كل مظهر.
- 3) ماذا تستنتج من نتيجة التزاوج الراجع؟ وكيف تفسر ظهور التركيبات الجديدة عند نبات الطماطم؟
- 4) احسب المسافة بين المورثات المدروسة.
- 5) أنجز الخريطة العائلية La carte factorielle بالنسبة للمورثات الثلاث.

## b - حل التمرين:

- 1) لقد تم التزاوج بين سلالتين نقيتين تختلفان بثلاث صفات وراثية، نتكلم ادن عن الهجونة الثلاثية. نلاحظ أن كل أفراد الجيل الأول F1 متجانسون ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو قد عادي، أوراق خضراء، وثمار ملساء. واعتمادا على القانون الأول لماندل فإن الصفات قد عادي، أوراق خضراء، وثمار ملساء سائدة على الصفات قد قصير، أوراق مبقةة، وثمار ناعمة.
- 2) المظاهر الخارجية المحصل عليها في الجيل الثاني F2 هي:

مظاهر أبوية بنسبة % 84.2	{	41.7 % = 100.(417/1000)	[ V,N,L ] بنسبة
		42.5 % = 100.(425/1000)	[ t , c , r ] بنسبة
مظاهر جديدة التركيب بنسبة % 15.8	{	1.6 % = 100.(16/1000)	[ V,N ,r ] بنسبة
		0.3 % = 100.(3/1000)	[ V,c,L ] بنسبة
		5.5 % = 100.(55/1000)	[ V,c,r ] بنسبة
		5.9 % = 100.(59/1000)	[ t,N,L ] بنسبة
		0.5 % = 100.(5/1000)	[ t,N,r ] بنسبة
		2 % = 100.(20/1000)	[ t,c,L ] بنسبة

نلاحظ أن نسبة المظاهر الخارجية الأبوية كبيرة جدا بالمقارنة مع المظاهر الخارجية الجديدة التركيب. نستنتج من هذا أن المورثات مرتبطة. يفسر ظهور تركيبات جديدة لدى النبتة بحدوث ظاهرة العبور الصبغي عند تشكل الأمشاج لدى الأب الهجين F1. أنظر الوثيقة 1، لوحة 6.



(3) حساب المسافة بين المورثات:

$$d(V-N) = \frac{5+59+55+3}{1000} \times 100 = 12.2 \text{ cMg}$$

❖ المسافة بين القد ولون الأوراق هي:

$$d(N-L) = \frac{16+3+5+20}{1000} \times 100 = 4.4 \text{ cMg}$$

❖ المسافة بين القد وشكل الثمار هي:

$$d(V-L) = \frac{16+55+59+20}{1000} \times 100 = 15 \text{ cMg}$$

❖ المسافة بين اللون وشكل الثمار هي:

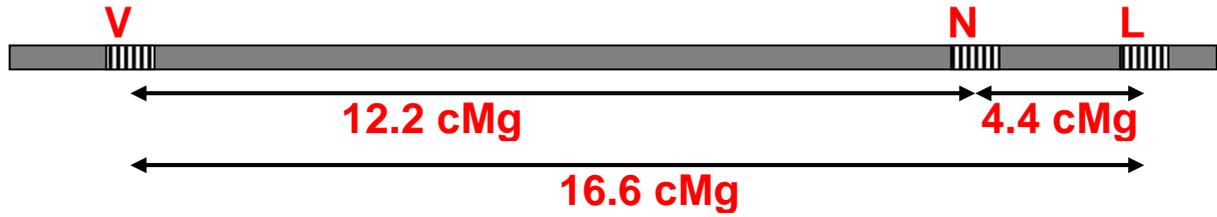
نلاحظ أن:  $d(V-L) = d(V-N) + d(N-L)$  نستنتج من هذا أن المورثة (N,c) تتموضع بين المورثتين (V,t) و (L,r).

نلاحظ كذلك حدوث عبور مزدوج بين L و v، ولم يحتسب خلال تحديد المسافة بين المورثتين، لذلك فان  $d(V-L) < d(V-N) + d(N-L)$ .

ادن يجب الأخذ بعين الاعتبار وقوع عبورين في نفس الوقت وبذلك فالمسافة  $d(V-L)$  هي:

$$d(V-L) = \frac{16+55+59+20 + (2 \times (5+3))}{1000} \times 100 = 16.6 \text{ cMg}$$

4) الخريطة العاملية هي تمثيل لصبغي على شكل خط طولي، ترتب عليه المورثات حسب تموضعها النسبي فوق الصبغيات.



### الخريطة العاملية

③ دراسة مثال عند ذبابة الخل:

a - تمرين أنظر التمرين 10، لوحة 7.

#### اللوحة 7

تمرين 10: تم تزاوج بين أنثى من ذباب الخل من سلالة نقية ذات جسم رمادي Gris و عيون ملساء Lisse وأجنحة كاملة Complètes مع ذكر من سلالة نقية ذو جسم أصفر Jaune و عيون حرشاء Rugueuses وأجنحة مبتورة Tronquées. فصلنا في الجيل F1 على خلف متجانس ذو جسم رمادي، عيون ملساء، وأجنحة كاملة.

- 1) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج؟
- 2) حل نتيجة هذا التزاوج. ماذا تستنتج؟

تم تزاوج أنثى من الجيل الأول F1 مع ذكر من سلالة نقية ذو جسم أصفر، عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة. فصلنا في الجيل F2 على 2880 ذبابة خل موزعة على 8 مظاهر خارجية:

1080	ذبابة خل ذات جسم رمادي، عيون ملساء، وأجنحة كاملة.
78	ذبابة خل ذات جسم أصفر، عيون ملساء، وأجنحة كاملة.
1071	ذبابة خل ذات جسم أصفر، عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة.
66	ذبابة خل ذات جسم رمادي، عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة.
293	ذبابة خل ذات جسم رمادي، عيون ملساء، وأجنحة مبتورة.
6	ذبابة خل ذات جسم رمادي، عيون حرشاء، وأجنحة كاملة.
282	ذبابة خل ذات جسم أصفر، عيون حرشاء، وأجنحة كاملة.
4	ذبابة خل ذات جسم أصفر، عيون ملساء، وأجنحة مبتورة.

3) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج؟ وما الغاية منه؟

4) عن ماذا يعبر تركيب الجيل F2؟

5) أحسب نسب الأفراد المحصل عليها في F2. ماذا يمكنك استنتاجه من هذه النسب؟

6) باستعمال الرموز التالية: جسم رمادي (G,g)، عيون ملساء (L,l)، أجنحة كاملة (C,c)، جسم أصفر (J,j)، عيون حرشاء (R,r)، أجنحة مبتورة (T,t). أعط تفسيرا صبغيا لنتائج التزاوج الأول والتزاوج الثاني.

7) أحسب المسافة بين المورثة z و r. و بين المورثة r و t. و بين المورثة z و t.

8) ماذا يمكننا أن نقول عن التوضع النسبي للمورثات الثلاث.

9) أنجز الخريطة العاملية بالنسبة للصفات الثلاث.

### b - حل التمرين:

1) نسمي هذا النوع من التزاوج بالهجونة الثلاثية Trihybridisme لأنه تم بين سلالتين نقيتين تختلفان بثلاث صفات وراثية.

(2) كل أفراد الجيل F1 متجانسون ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو جسم رمادي، عيون ملساء وأجنحة كاملة. وتطبيقاً للقانون الأول لـ Mendel فإن الصفات جسم رمادي، عيون ملساء وأجنحة كاملة سائدة على الصفات جسم أصفر، عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة.

(3) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع BackCross، لأنه تم بين فرد من F1 غير متشابه الاقتران، نمطه الوراثي معروف، مع فرد من النمط الأبوي ثلاثي التنحي. الغاية من هذا التزاوج هو التحقق من الانفصال المستقل للحليلات.

(4) إن تركيب الجيل F2 يعبر عن تركيب أنماط الأمشاج الأنثوية، لأن الذكر هو من سلالة نقية وثلاثي التنحي، فإنه لن ينتج سوى نمط واحد من الأمشاج. أنظر الوثيقة.

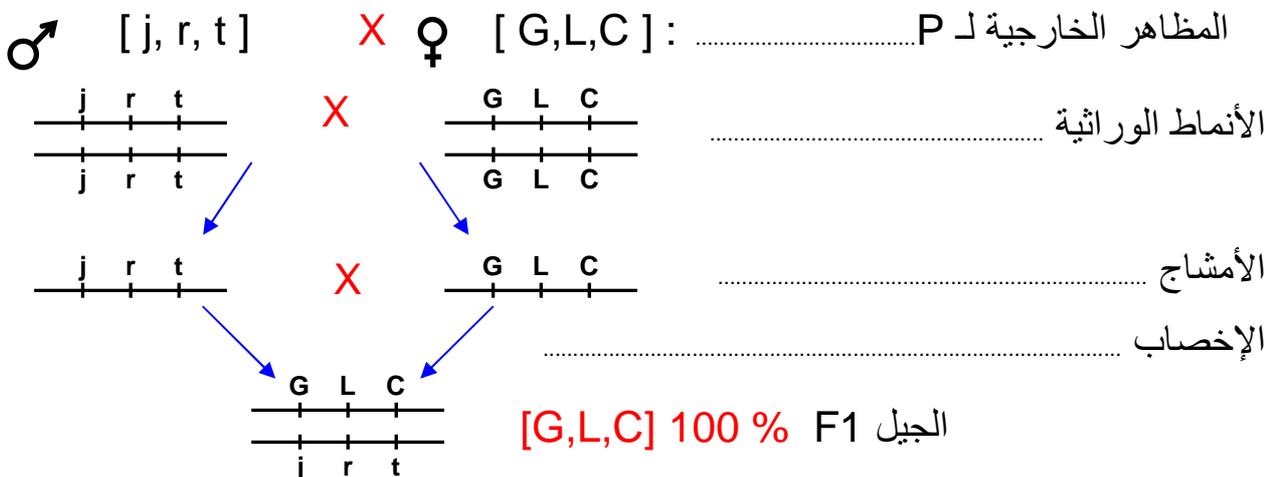
(5) حساب نسب الأفراد المحصل عليها في F2:

أنماط أبوية 74.69 %  أنماط جديدة التركيب 25.31 %	}	الأفراد [ G,L,C ] النسبة المئوية: $37.50 \% = (1080/2880) \times 100$	•
		الأفراد [ j, r, t ] النسبة المئوية: $37.19 \% = (1071/2880) \times 100$	•
		الأفراد [ G,L, t ] النسبة المئوية: $10.17 \% = (293/2880) \times 100$	•
		الأفراد [ j, r, C ] النسبة المئوية: $9.79 \% = (282/2880) \times 100$	•
		الأفراد [ j, L, C ] النسبة المئوية: $2.71 \% = (78/2880) \times 100$	•
		الأفراد [ G, r, t ] النسبة المئوية: $2.29 \% = (66/2880) \times 100$	•
		الأفراد [ G,r,C ] النسبة المئوية: $0.21 \% = (6/2880) \times 100$	•
		الأفراد [ j, L, t ] النسبة المئوية: $0.14 \% = (4/2880) \times 100$	•

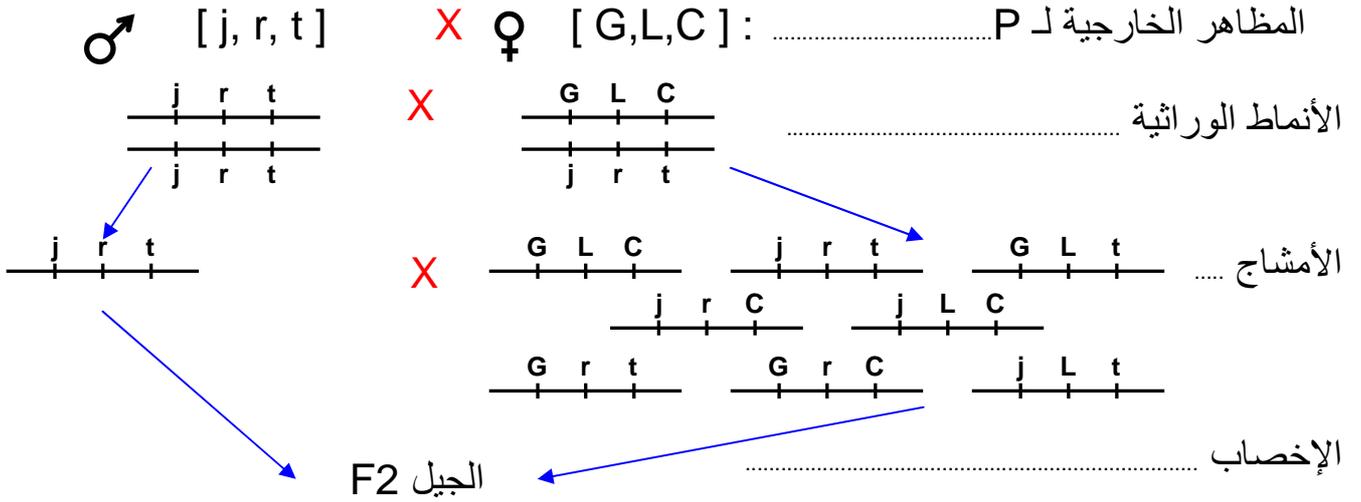
نلاحظ أن الأنماط الجديدة التركيب تظهر بنسب ضعيفة مقارنة بالأنماط الأبوية، نستنتج من هذا أن المورثات مرتبطة.

(6) التفسير الصبغي لنتائج التزاوج:

★ التزاوج الأول : عند الآباء P .



★ التزاوج الثاني : التزاوج الرابع.



شبكة التزاوج

j L t	G r C	G r t	j L C	j r C	G L t	j r t	G L C	♀
++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	♂
j L t	G r C	G r t	j L C	j r C	G L t	j r t	G L C	G L C
++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	
j r t	j r t	j r t	j r t	j r t	j r t	j r t	j r t	
++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	
[j,L,t]	[G,r,C]	[G,r,t]	[j,L,C]	[j,r,C]	[G,L,t]	[j,r,t]	[G,L,C]	المظاهر الخارجية

(7) حساب المسافة بين المورثة j و r:  $d(j-r)$

$$d(j-r) = ((4+6+66+78)/2880) \times 100 = 5.35 \text{ cMg}$$

حساب المسافة بين المورثة r و t:  $d(r-t)$

$$d(r-t) = ((4+6+282+293)/2880) \times 100 = 20.31 \text{ cMg}$$

حساب المسافة بين المورثة j و t:  $d(t-j)$

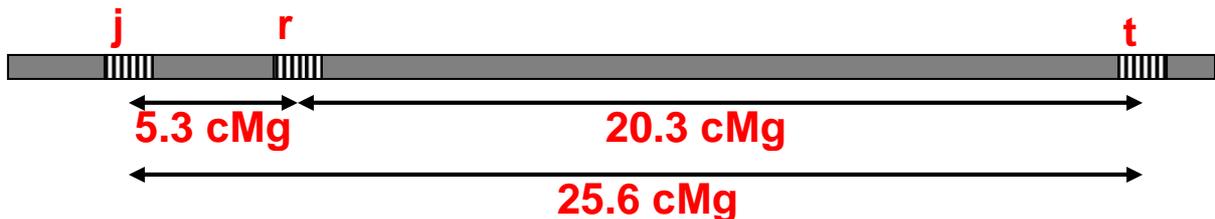
$$d(t-j) = ((2 \times (4+6) + 66 + 78 + 282 + 293) / 2880) \times 100 = 25.66 \text{ cMg}$$

(8) يتبين من النتائج المحصل عليها في السؤال السابق أن:

$$d(j-t) \approx d(r-j) + d(r-t)$$

نستنتج من هذا أن المورثة r تتواجد بين المورثة j والمورثة t.

(9) الخريطة العاملة بالنسبة للصفات الثلاث:



الخريطة العاملة

## ملاحظة :

لقد مكنت الملاحظة المجهرية لصبغيات عملاقة عند ذبابة الخل من الكشف عن وجود أشرطة متعاقبة تختلف حسب تلوينها. وقد تبين أن كل خلل في تعاقب هذه الأشرطة يؤدي إلى خلل في ظهور الصفات المتوحشة وظهور صفات جديدة.

انطلاقاً من هذه الملاحظات تمكن الباحثون من وضع خرائط صبغية توضح تموضع المورثات على الصبغيات.

## خلاصة : أنظر الوثيقة 1، لوحة 7.

### اللوحة 7

حالة خاصة	النسب الإحصائية		الوثيقة 1 : خلاصة		
	الجيل الثاني F2	الجيل الأول F1			
في حالة مورثة مرتبطة بالجنس، لا يعطي تزاوج ذكر من سلالة A بأنتى من سلالة B نفس نتيجة التزاوج العكسي، أي أنثى من سلالة A بذكر من سلالة B.	1/4 ، 3/4	100 % صفة الأب ذي الحليل السائد	سيادة تامة	الهجونة الأحادية ( أبوان من سلالة نقية )	
	1/4 ، 1/4 ، 1/2	100 % صفة وسيطة	تساوي السيادة		
	1/16 ، 3/16 ، 3/16 ، 9/16	100 % صفة الأب ذي الحليل السائد	سيادة تامة بالنسبة للحليلين	مورثتان مستقلتان	الهجونة الثنائية ( أبوان من سلالة نقية )
	1/16 ، 1/16 ، 2/16 ، 3/16 ، 3/16 ، 6/16	جيل متجانس له الصفة السائدة بالنسبة للزوج الحليلي الأول، و صفة وسيطة بالنسبة للزوج الحليلي الثاني	سيادة تامة بالنسبة لزوج حليلي وتساوي السيادة بالنسبة للآخر		
	1/16 ، 1/16 ، 1/16 ، 1/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 4/16	جيل متجانس له صفتين وسيطتين بالنسبة للزوجين الحليلين.	تساوي السيادة بالنسبة للزوجين الحليلين		
	1/4 ، 3/4	100 % صفة الأب ذي الحليلين السائدين.	أحد الأبوين سائد والآخر متنحي		

## الفصل الثالث:

# علم الوراثة البشرية

**تمهيد:** أنظر نشاط 1، لوحة 1

اللوحة 1

① نشاط 1: صعوبات دراسة الوراثة البشرية.

- 1) لا يعتبر الإنسان مادة تجريبية يمكن إخضاعها لتزاوجات موجهة.
- 2) لا يمكن تطبيق القوانين الإحصائية نظرا لقلّة أفراد كل جيل. وكذلك طول عمر كل جيل.
- 3) العدد الكبير لصبغيات خلية الإنسان (46) تمكن من إعطاء (23) نوعا ممكنا من الأمشاج وبالتالي 246 نوع من البويضات الملقحة، الشيء الذي يطرح صعوبة في البحث.
- 4) تتمحور أغلب الدراسات حول انتقال الأمراض الوراثية، والدراسات السريرية لحالات وراثية عند سلالة الأسر العريقة التي غالبا تكون معروفة لهذا تؤخذ كمثال لدراسة انتقال صفة وراثية داخل السلالة البشرية.

يمكن علم الوراثة البشرية من دراسة آليات انتقال الصفات الوراثية من جيل لآخر عند الإنسان. وتهدف هذه الدراسة إلى محاولة فهم كيفية انتقال بعض العاهات الوراثية، من أجل التنبؤ بإمكانية ظهورها من جديد واتخاذ الإجراءات الضرورية. إذن الهدف وقائي بالدرجة الأولى. إلا أن هذه الدراسة تواجه عدة صعوبات رغم أنها تخضع لنفس قوانين انتقال الصفات عند باقي الحيوانات.

### 1 - وسائل دراسة الوراثة عند الإنسان.

نظرا لصعوبة دراسة الوراثة عند الإنسان، اعتمدت لهذا الغرض الوسائل التالية:

#### ① شجرات النسب Les arbres généalogiques

تتجز شجرات النسب من طرف أطباء اختصاصيين، بعد استرداد كل الأحداث العائلية العامة لعدة أجيال، مع رصد الصفة الملاحظة عند السلف وعند الخلف. أنظر نشاط 2، لوحة 1.

اللوحة 1

② نشاط 2 : الوسائل التي تمكن من دراسة الوراثة عند الإنسان.

#### ★ شجرات النسب = Les arbres généalogiques

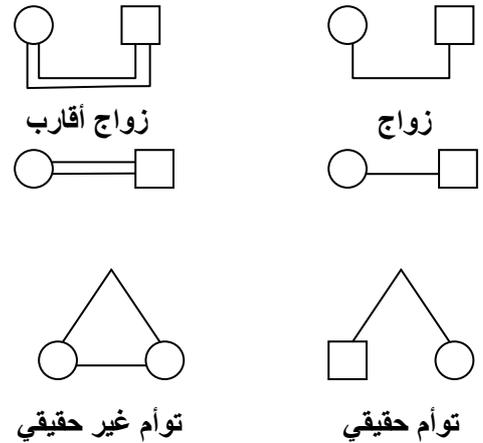
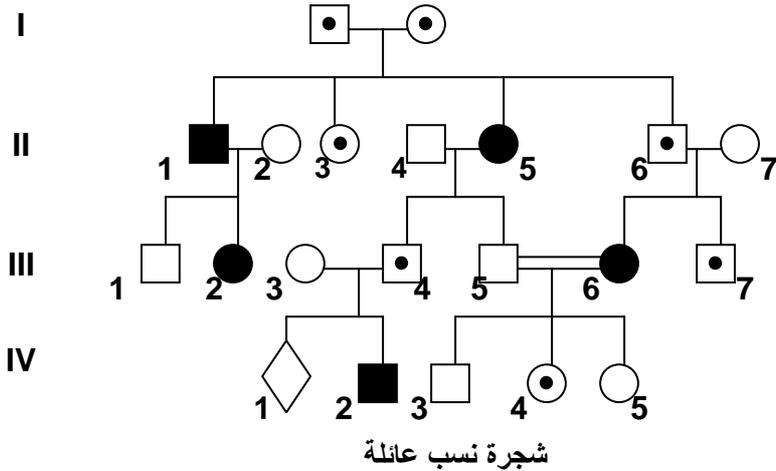
يمكن تتبع نقل بعض الصفات والأمراض عبر أجيال سلالة عائلة وكذلك احتمال انتقال هذه الصفات للأجيال الموالية وذلك بإنجاز ما يسمى شجرة النسب، وهي رسم بياني يبين جميع الأحداث العائلية من زواج وإنجاب وظهور أو عدم ظهور الصفة الوراثية المدروسة عند السلف والخلف ( الآباء والأبناء ). حيث نرسم للإناث بدائرة والذكور بمربع ونلون هذه الرموز بالأسود إذا كان الفرد يحمل الصفة المدروسة. ونتركه فارغا إذا كان الفرد لا يحمل هذه الصفة. نضع أفراد الجيل الواحد على نفس الخط من الأكبر على اليسار إلى الأصغر على اليمين بالنسبة لكل زوج. ( أنظر الوثيقة 1 ).

أرقام الأجيال = III , II , I  
أرقام الأفراد = 3 ، 2 ، 1

فرد ناقل للمرض    
حميل 

أفراد مصابون بالمرض المدرس  

سليمون  رجل  امرأة

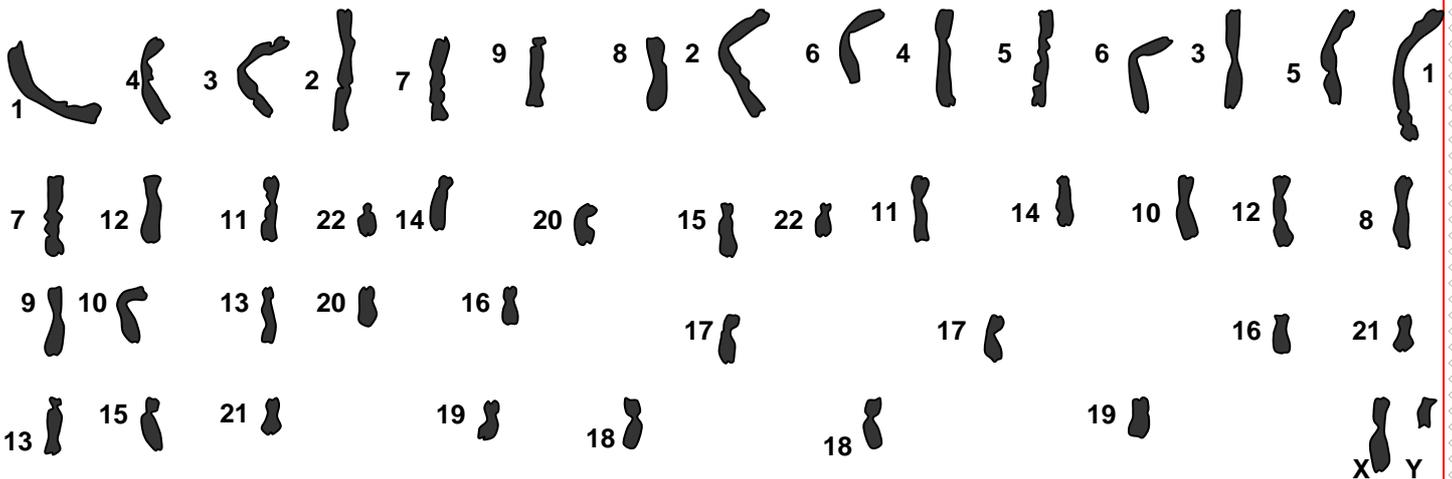


② الخرائط الصبغية Les cartes chromosomiques أنظر نشاط 3، لوحة 1.

### اللوحة 1

### ③ نشاط 3 : الخرائط الصبغية Les cartes chromosomiques

تعتمد تقنية انجاز الخريطة الصبغية على تصوير صبغيات إحدى خلايا الشخص الخاضع للفحص وترتيبها حسب القدر والشكل وموقع الجزيء المركزي ،،، أنظر الوثيقة أمامه. ويمكن تحليل الخريطة الصبغية من الكشف عن حالات الشذوذ الصبغي، ومن تشخيص التشوهات المرتبطة بتغيير عدد أو شكل الصبغيات. قطع صبغيات الخريطة الصبغية أمامه، ثم رتبها على شكل أزواج .

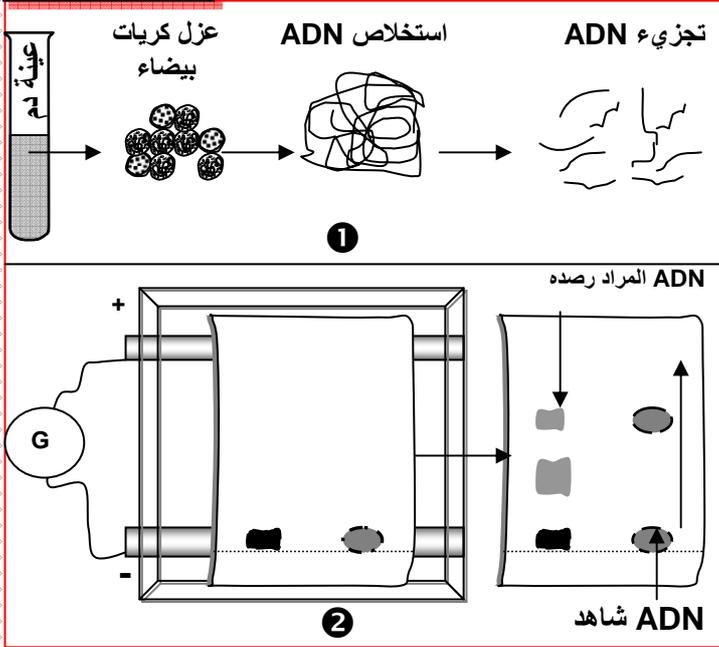


الخريطة الصبغية هي عبارة عن وثيقة تبين مجموع الصبغيات التي توجد في خلية كائن معين، مرتبة على شكل أزواج حسب جملة من المعايير كالقيد وموقع الجزيء المركزي ،،، يمكن تحليل الخرائط الصبغية من الكشف عن حالات الشذوذ الصبغي ومن تشخيص التشوهات المرتبطة بتغيير في عدد أو بنية الصبغيات.

### ③ تحليل الـ ADN أنظر نشاط4، لوحة2.

نشاط 4 : تحليل الـ ADN.

#### اللوحة 2



① نزل ADN من خلايا الشخص المختبر ونعالجها بأنزيمات فصل نوعية، ونضع خليط القطع المحصلة في حفر أنجزت في غراء يسمى Agarose.

② نخضع الغراء لمجال كهربائي: بما أن قطع ADN ذات شحنة سالبة فإنها تهجر نحو القطب الموجب بسرعة تتناسب وقدها، فتنتشر منفصلة بعضها عن بعض، لنحصل على قطع يمكن تحديد قدها بمقارنتها بمواقع قطع أخرى معروفة القدر ( قطع عيار ).

③ نرصد متتالية معينة تنتمي للمورثة ب:

• معالجة قطع ADN لفصل لولبيها.

• إضافة قطع ADN مشعة ومتكاملة مع متتالية ADN التي

نبحث عنها، حيث تشكل معها ADN هجين يسهل رصده

بالتصوير الإشعاعي الذاتي.

يمكن التحليل الدقيق لـ ADN من الكشف عن وجود أو غياب بعض المورثات.

## II - دراسة انتقال أمراض وراثية غير مرتبطة بالجنس.

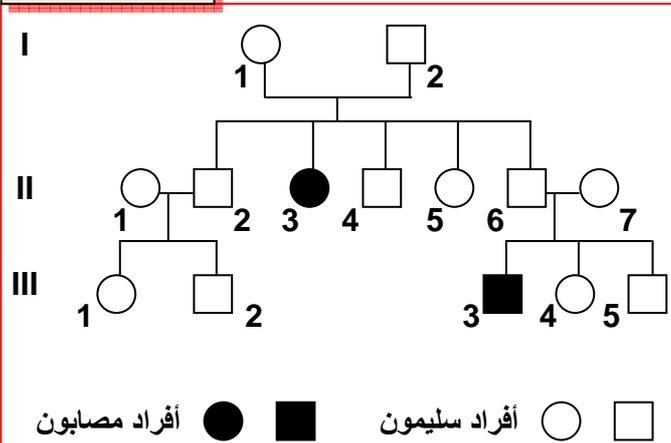
### ① انتقال مرض Mucoviscidose

أ - تمرين : أنظر تمرين 1، لوحة 2

⑤ نشاط 5 : دراسة أمراض وراثية غير مرتبطة بالجنس.

① تمرين 1 :

#### اللوحة 2



مرض Mucoviscidose مرض وراثي يتميز باضطرابات هضمية وتنفسية، تسببها إفرازات لزجة للغدد المخاطية، الشيء الذي يؤدي إلى انسداد في القنوات الناقلة للعصارة البنكرياسية، وبالتالي اضطرابات في الوظيفة الهضمية للبنكرياس: كما يؤدي إلى انسداد الشعبات الرئوية، فيسبب ذلك عسر تنفسي والإصابة بالتهنقات. تعطي الوثيقة أمامه شجرة نسب عائلة بعض أفرادها مصابون بهذا المرض.

(1) حلل هذه الشجرة ثم استنتج نوع السيادة بين التحليل العادي

والتحليل المسؤول عن المرض.

(2) انطلاقاً من التأويل الصبغي فسر كيف ينتقل هذا المرض من

جيل لآخر. ( نرّمز للتحليل العادي ب N أو n وللتحليل

المرض ب M أو m )

ب - حل التمرين :

(1) تبين شجرة النسب في هذه الحالة أن البنت II<sub>3</sub> مصابة بالمرض، بينما أبواها I<sub>1</sub> و I<sub>2</sub> سليمين.

نستنتج من هذا أن المرض المعني متتحي.

كون التحليل المسؤول عن المرض متتحي والأب I<sub>2</sub> سليم والبنت II<sub>3</sub> مصابة بالمرض، يدل على

أن المورثة المعنية محمولة على صبغي لا جنسي ( غير مرتبطة بالجنس ).

2) نلاحظ أن الأبوين  $I_1$  و  $I_2$  أنجبا البنت  $II_3$ ، لا يمكن ادن تفسير هذه الحالة إلا بكون الأبوين مختلفي الاقتران  $N//m$ . وهكذا فكل أب يعطي نمطين من الأمشاج:  $N/$  و  $m/$ ، وبالتالي فالمظاهر الخارجية للأبناء ستكون  $N//N$  أو  $N//m$  بالنسبة للأفراد السليمين، و  $m//m$  بالنسبة للأفراد المصابين.

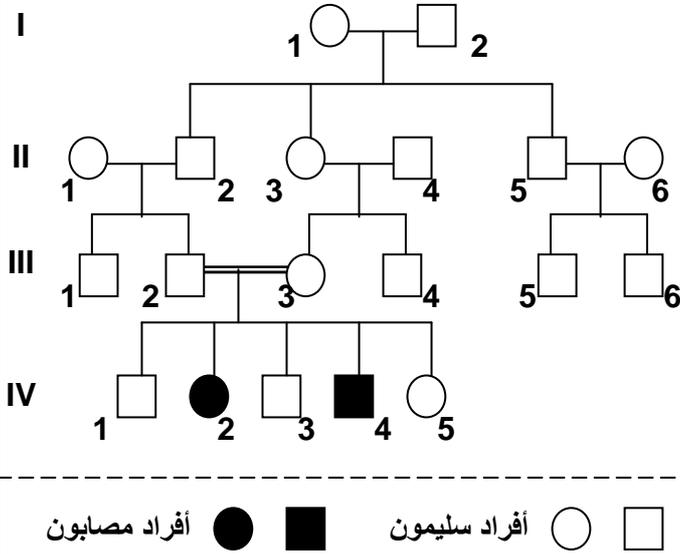
$N//N$  بنسبة 25 % +  $m//m$  بنسبة 25 % +  $N//m$  بنسبة 50 %  
 $[N]$  بنسبة 75 % +  $[m]$  بنسبة 25 %

## ② انتقال مرض Thalassémie

أ - تمرين : أنظر تمرين 2، لوحة 2

② تمرين 2 :

### اللوحة 2



فقر الدم المتوسطي الثلاسيميا (Thalassémie) مرض وراثي منتشر على الخصوص في بعض الدول المطلة على البحر الأبيض المتوسط. يتميز هذا المرض بفقر دم حاد ناتج عن تدمير تدريجي للكريات الحمراء الدموية، ويرجع سببه إلى خلل في تركيب جزيئات الخضاب الدموي التي يلعب دورا أساسيا في نقل الغازات التنفسية. يولد المصاب بمرض الثلاسيميا نتيجة الزواج بين ناقلين للمرض (عندما يكون الزوج والزوجة كلاهما حاملين للمرض). الشخص الناقل للمرض لا تظهر عليه أي أعراض ظاهرة ولكن يمكن تشخيصه بالتحاليل الطبية.

1) حل هذه الشجرة ثم استنتج نوع السيادة بين الحليل

العادي والحليل المسؤول عن المرض.

2) استخرج العامل الذي ساعد على ظهور المرض في الجيل

الرابع وأعط تفسيراً صبغياً لذلك. ( نستخدم الرموز التالية

:  $S$  أو  $s$  بالنسبة للحليل العادي، و  $M$  أو  $m$  للمرض )

ب - حل التمرين :

1) نلاحظ أن الحليل المسؤول عن المرض المدروس غائب ظاهريا عند السلف وموجود عند الخلف

( $IV_4$  و  $IV_2$ )، نستنتج من هذا أن الحليل المسؤول عن المرض متنحي.

الحليل المسؤول عن المرض غير مرتبط بالصبغي الجنسي  $Y$  لأن هناك إناث مصابات

بالمرض، وغير مرتبط بالصبغي الجنسي  $X$  لأن البنت  $IV_2$  مصابة وأباها سليم: ادن الحليل

محمول على صبغي لاجنسي.

2) إن العامل الذي ساعد على ظهور المرض في الجيل الرابع هو زواج الأقارب.

نلاحظ أن الأبوين  $III_2$  و  $III_3$  سليمين أنجبا أبناء مصابين بالمرض  $IV_2$  و  $IV_4$ ، وبما أن الحليل

المسؤول عن المرض متنحي فلا يمكن تفسير هذه الحالة إلا بكون الأبوين مختلفي الاقتران  $S//m$ .

وهكذا فكل أب يعطي نمطين من الأمشاج:  $S/$  و  $m/$ ، وبالتالي فالمظاهر الخارجية للأبناء ستكون

$S//S$  أو  $S//m$  بالنسبة للأفراد السليمين، و  $m//m$  بالنسبة للأفراد المصابين.

المظاهر الخارجية للأبوين:

[ S ] : III<sub>2</sub> X [ S ] : III<sub>3</sub>



الأنماط الوراثية للأبوين:

الأمشاج:

الإحصاب:

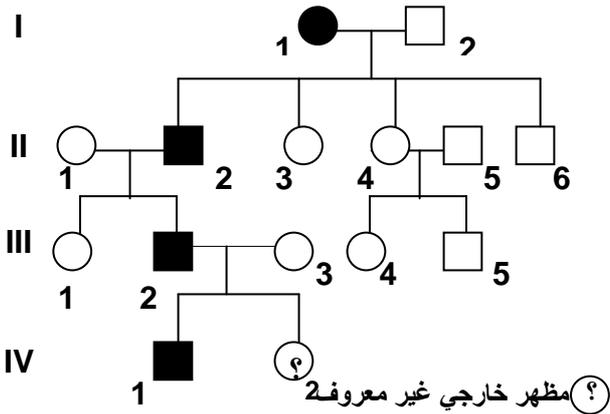
المظاهر الخارجية للأبناء: [S] 25 % [S] 25 % [S] 25 % [m] 25 %

### ③ انتقال مرض Huntington

أ - تمرين : أنظر تمرين 3، لوحة 3

#### اللوحة 3

③ تمرين 3 :



مرض هنتنغتون Huntington هو مرض عقلي وراثي يؤثر في وظيفة الدماغ، يظهر عموماً ما بين 30 و45 سنة، تتجلى أهم أعراض هذا المرض في اضطرابات حركية ونفسية، حيث يصاب مريض داء هنتنغتون بالخرف، وفقد الذاكرة. وصف المرض لأول مرة سنة 1872 على يد الطبيب الأمريكي Huntington George ومن هنا اكتسب المرض هذا الاسم. يرتبط ظهور هذا المرض بمورثة سائدة محمولة على صبغي لا جنسي. وتبين الوثيقة أمامه شجرة نسب عائلة بعض أفرادها مصابون بهذا المرض.

- بين أن مرض Huntington مرتبط بحليل سائد.
- بين أن هذا المرض محمول على صبغي لا جنسي. ( نرمز للحليل العادي بـ N أو n والحليل الممرض بـ H أو h ).
- ما هو احتمال ظهور المرض لدى الفرد 2 من الجيل الرابع.

#### ب - حل التمرين :

(1) نلاحظ أن المرض يظهر في جميع الأجيال، كما أن الآباء السليمين ( II<sub>4</sub> و II<sub>5</sub> )، ليس لديهم أبناء مصابون. نستنتج من هذا أن الحليل المسؤول عن المرض هو حليل سائد.

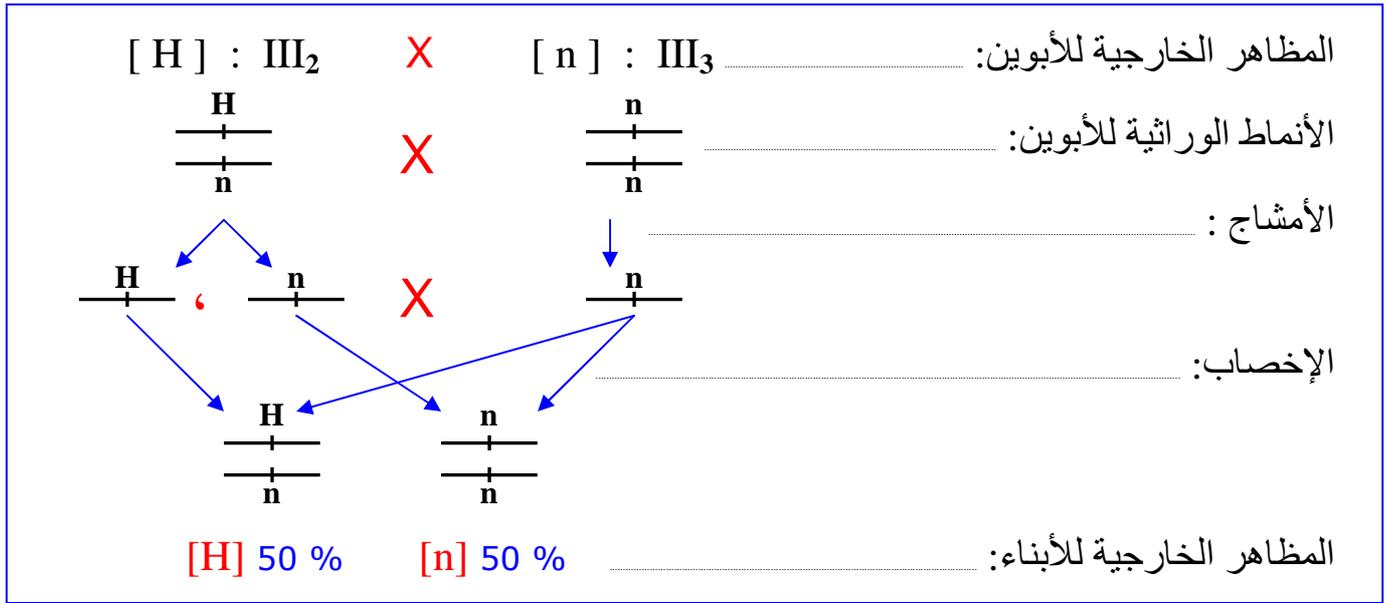
(2) إذا افترضنا أن الحليل المسؤول عن المرض محمول على الصبغي الجنسي X، فالبنت III<sub>1</sub> تراث من أبيها X<sub>H</sub> وبما أن الحليل المسؤول عن المرض سائد، فيجب أن تكون هذه البنت مصابة.

بما أن البنت III<sub>1</sub> سليمة، من أب مصاب، فالمورثة المسؤولة عن المرض محمولة على صبغي لا جنسي.

(3) احتمال ظهور المرض لدى الفرد 2 من الجيل الرابع:

الأنماط الوراثية للأبوين III<sub>2</sub> و III<sub>3</sub>: بما أن الأم III<sub>3</sub> سليمة فمطها الوراثي لا يمكن أن يكون سوى n//n، أما الأب III<sub>2</sub> المصاب فمطه الوراثي إما H//H أو H//n. وبما أن لهذا الأب ابن مصاب (IV<sub>1</sub>) أخذ الحليل الممرض من أبيه، فالنمط الوراثي للأب III<sub>2</sub> لن يكون سوى H//n.

وهكذا فالتزاوج سيكون على الشكل التالي:



انطلاقاً من هذا التحليل يتبين أن احتمال ظهور المرض عند الابن  $VI_2$  هو  $1/2$ .

### III - دراسة انتقال أمراض وراثية مرتبطة بالجنس.

#### ① انتقال مرض الدلتونية Le daltonisme

أ - تمرين : أنظر تمرين 1، لوحة 3

#### اللوحة 3

#### ⑥ نشاط 6 : دراسة أمراض وراثية مرتبطة بالجنس.

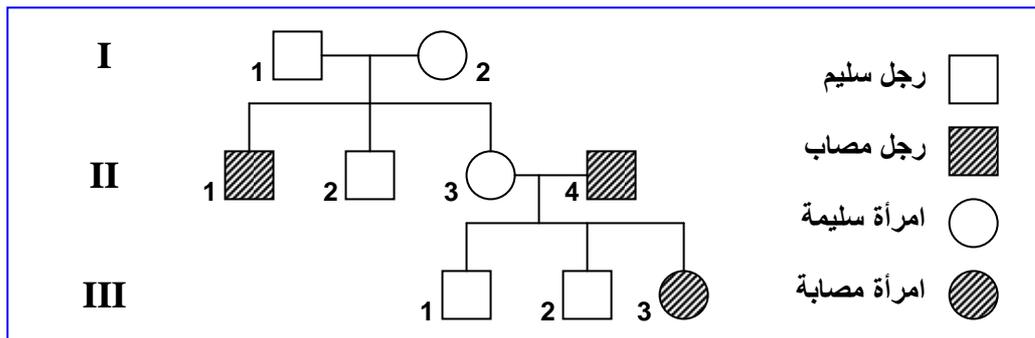
##### ① تمرين 1 :

تعتبر الدلتونية Daltonisme شذوذا يهيم إبصار الألوان، إذ أن الشخص المصاب لا يميز بين الأحمر والأخضر. نقترح تتبع انتقال هذا المرض عند عائلة معينة. تزوج رجل سليم من الدلتونية ( $I_1$ ) بامرأة سليمة من هذا العيب ( $I_2$ )، فأنجبا ولدين وبنت : ( ولد  $II_1$  مصاب بالدلتونية، وولد  $II_2$  سليم من الدلتونية، وبنت  $II_3$  سليمة من الدلتونية). تزوجت البنت  $II_3$  برجل  $II_4$  مصاب بالدلتونية، فأنجبا: ولدين سليمين من الدلتونية  $III_1$  و  $III_2$ . وبنت مصابة بالدلتونية  $III_3$ .

- أنجز شجرة نسب هذه العائلة.
- استخرج من المعطيات السابقة دليلاً على كون الحليل المسؤول عن المرض متنحياً.
- علماً أن الحليل المسؤول عن الدلتونية محمول على الصبغي الجنسي X، ومستعملاً D للتعبير عن الحليل السائد، و d للتعبير عن الحليل المتنحي: أعط الأنماط الوراثية للأفراد  $I_1$ ،  $I_2$ ،  $II_1$ ،  $II_2$ ،  $II_3$ ،  $III_1$ ،  $III_2$ ،  $III_3$ .

#### ب - حل التمرين :

(1) انجاز شجرة النسب:



(2) نلاحظ أن الأبوين  $I_1$  و  $I_2$  سليمين وأنجبا ابنا مصابا بالمرض ( $II_1$ )، هذا يعني أن الأبوين يحملان الحليل المسؤول عن المرض دون أن يظهر عندهما، وبالتالي فالحليل المسؤول عن المرض هو حليل متنحي.

(3) الأنماط الوراثية للأفراد:

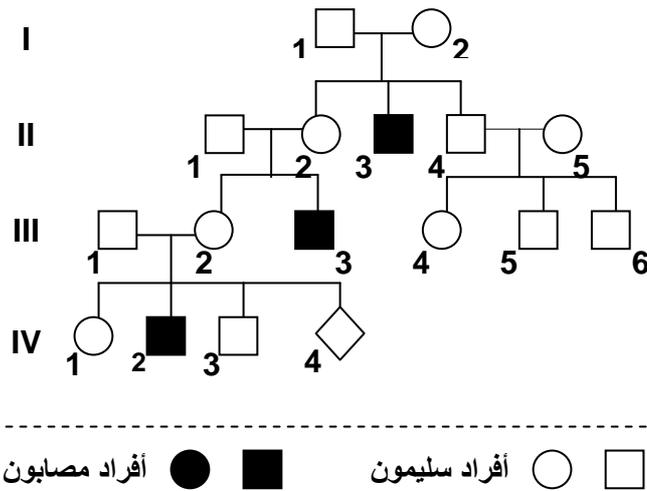
- $I_1$  : ذكر سليم فلن يكون سوى  $X_D Y$ .
- $I_2$  : أنثى سليمة فنمطها الوراثي سيكون إما  $X_D X_D$  أو  $X_D X_d$ ، وبما أن هذه المرأة لها ابن مصاب ورث منها الحليل المسؤول عن المرض  $X_d$ ، فنمطها الوراثي لن يكون سوى  $X_D X_d$ .
- $II_1$  : ذكر مصاب فنمطه الوراثي لن يكون سوى  $X_d Y$ .
- $II_3$  : هي أنثى سليمة فنمطها الوراثي سيكون إما  $X_D X_D$  أو  $X_D X_d$ ، لكنها أنجبت بنت مصابة ( $III_3$ ) ورثت منها الحليل الممرض  $X_d$ ، وبالتالي فالمرأة  $II_3$  ناقلة ونمطها الوراثي هو  $X_D X_d$ .

## ② انتقال مرض الهزال العضلي - Duchenne

أ - تمرين : أنظر تمرين 2، لوحة 3

② تمرين 2 :

اللوحة 3



- الهزال العضلي - Duchenne مرض يصيب بعض الأطفال، حيث يلاحظ ضمور وانحلال تدريجي لعضلاتهم التي تصبح غير قادرة على تأمين الحركة والتنفس.
- تعطي الوثيقة أمامه شجرة نسب عائلة أصيب بعض أفرادها بمرض الهزال العضلي - Duchenne.
- (1) اعتمادا على تحليل شجرة النسب بين أن المرض مرتبط بالجنس ومحمول من طرف الصبغي الجنسي X.
  - (2) هل الحليل المسؤول عن المرض سائد أم متنح.
  - (3) أعط الأنماط الوراثية للأبوين  $I_1$  و  $I_2$  ولأبنائهما، مستعينا بالرموز التالية :  
 - S أو s بالنسبة للحليل المسؤول عن الحالة العادية.  
 - M أو m بالنسبة للحليل المسؤول عن المرض.
  - (4) حدد احتمال إصابة الحميل IV4 بالمرض.

ب - حل التمرين :

(1) يظهر من خلال شجرة النسب أن المرض يصيب الذكور دون الإناث، هذا يعني أن المورثة المسؤولة عن المرض مرتبطة بالجنس.

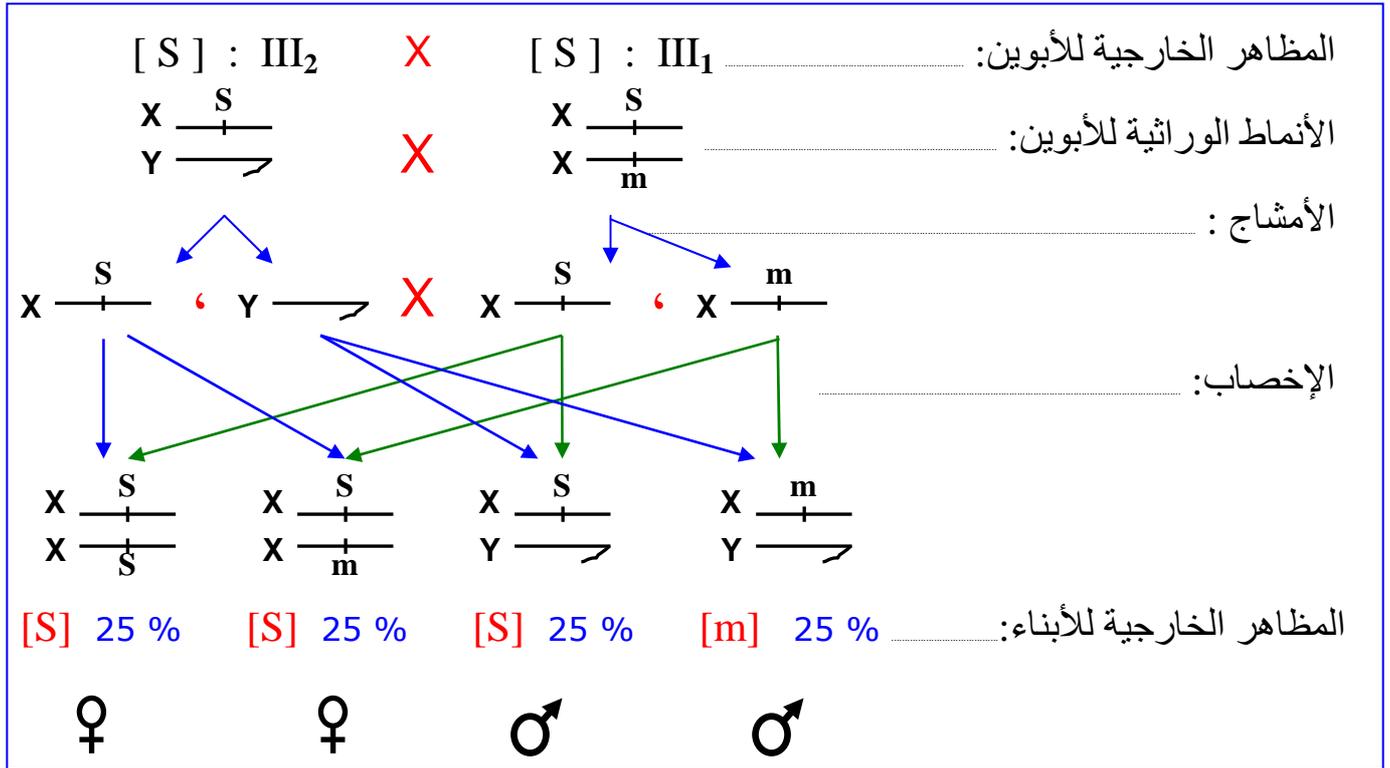
يتضح من شجرة النسب أن الأب  $II_1$  سليم، وأنجب ذكرا مصابا ( $III_3$ ) مما يدل على أن المورثة المسؤولة عن المرض غير محمولة على الصبغي الجنسي Y، اذن هي محمولة على الصبغي الجنسي X. (الأب  $II_1$  أعطى للابن  $III_3$  الصبغي Y وأخذ من الأم  $II_2$  الصبغي X الممرض).

(2) الأبوان  $II_1$  و  $II_2$  سليمان وأنجبا طفلا مصابا ( $III_3$ ) مما يدل على أن الحليل المسؤول عن المرض متنحي.

### (3) الأنماط الوراثية:

- الأب  $X_S Y : I_1$  لأنه ذكر سليم.
- الأم  $X_S X_m : I_2$  لأنها أنثى سليمة وأنجبت ابن مصاب  $III_3$  أعطته الحليل  $X_m$ .
- الابن  $X_S Y : II_1$  لأنه ذكر سليم.
- البنت  $X_S X_m : II_2$  لأنها أنثى سليمة وأنجبت ابن مصاب  $III_3$  أعطته الحليل  $X_m$ .
- الابن  $X_S Y : II_4$  لأنه ذكر سليم.
- البنت  $X_S X_S : II_5$  أو  $X_S X_m$  بما أنها سليمة وليس لديها ابن مصاب.

### (4) حساب احتمال إصابة الحميل $IV_4$ بالمرض:



يتبين من التحليل الصبغي أن احتمال إصابة الحميل  $IV_4$  بالمرض هو  $1/4$  أي  $25\%$ .

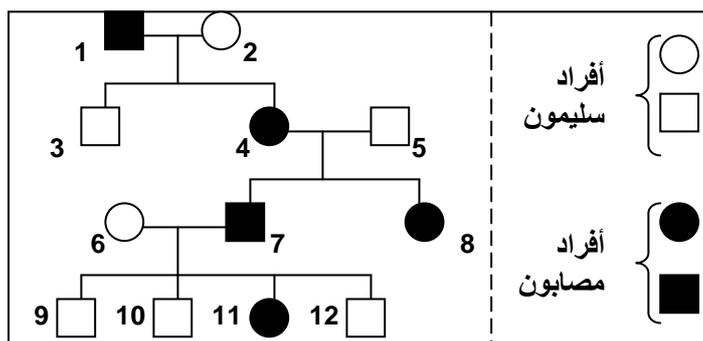
### ③ انتقال مرض الكساح المقاوم للفيتامين Le Rachitisme Vitamino-résistant

أ - تمرين : أنظر تمرين 3، لوحة 3

③ تمرين 3 :

#### اللوحه 3

مرض الكساح المقاوم للفيتامين Le Rachitisme Vitamino-résistant مرض وراثي يؤدي إلى تشوه عظام الأطراف السفلية، نتيجة تكلس رديء للعظام. وهذا المرض لا يمكن علاجه بواسطة الحقن العادية من فيتامين D فهو مرض مقاوم للفيتامين. وتبين الوثيقة أسفله شجرة نسب عائلة، بعض أفرادها مصابون بالكساح المقاوم للفيتامين .



- (1) هل المورثة المسؤولة عن الكساح المقاوم للفيتامين مرتبطة بالصبيغيات الجنسية أم بالصبيغيات اللاجنسية ؟ علل جوابك .
- (2) انطلاقاً من تحليلك لشجرة النسب حدد الحليل السائد والحليل المتنحي .
- (3) حدد الأنماط الوراثية للأفراد 2، 3، 4، 6، 11، و 9 . (نرمز للحليل المسؤول عن المرض بـ R أو r، وللعادي بـ N أو n).
- (4) حدد الإناث الناقلات للمرض داخل هذه العائلة . علل جوابك .
- (5) إذا علمت أن البنت 8 قد تزوجت برجل سليم ، حدد الأنماط الوراثية الممكن الحصول عليها عند أبنائها .

## ب - حل التمرين :

(1) انطلاقاً من شجرة النسب نلاحظ أن الآباء الذكور المصابون يكون أبنائهم الذكور سليمون بينما الإناث مصابات، وهذا يدل على أن المورثة المسؤولة عن هذا المرض محمولة على الصبغي الجنسي X، وهذا يعني أن المورثة مرتبطة بالصبغيات الجنسية.

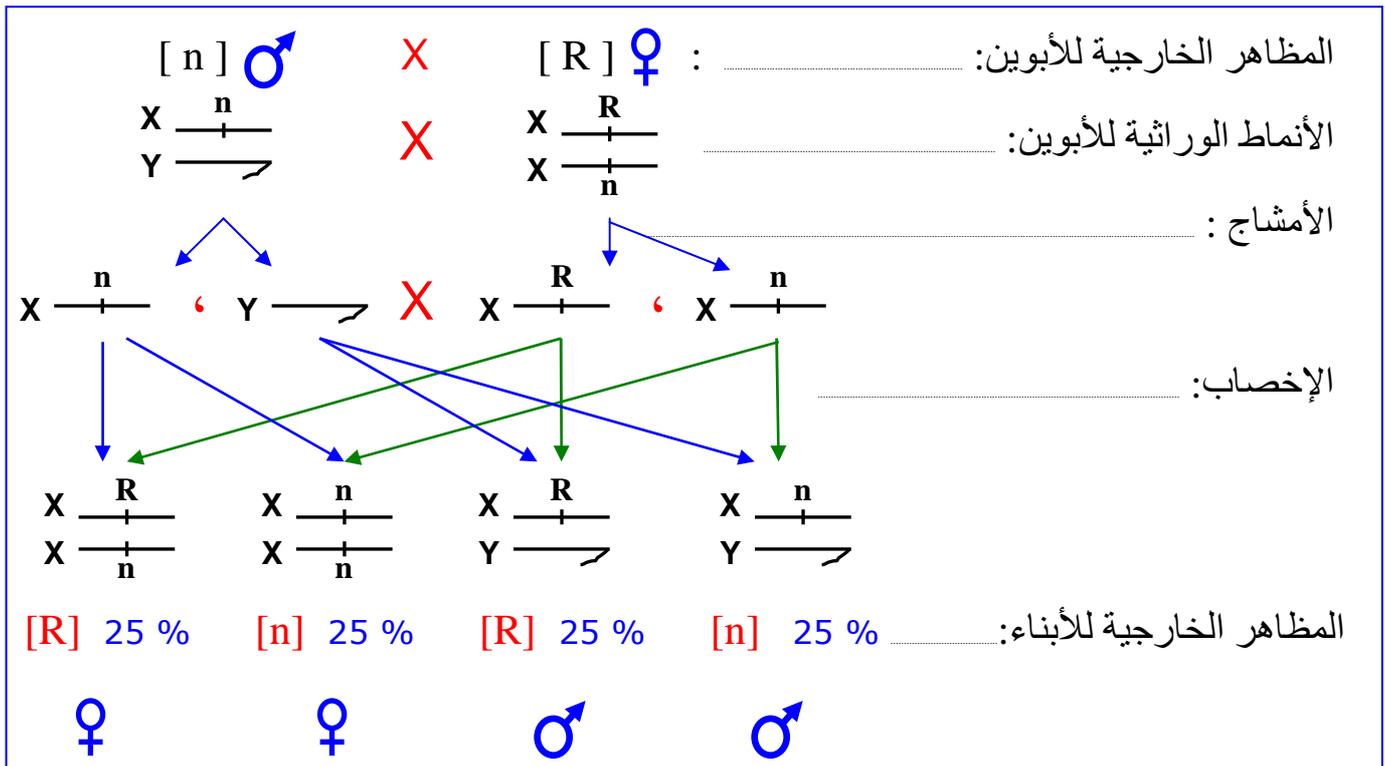
(2) لقد ورثت البنت 8 من الأب 5 الصبغي X الحامل للحليل العادي، ومن الأم 4 الصبغي X الحامل للحليل الممرض، وكانت مصابة. هذا يعني أن الحليل المسؤول عن الكساح سائد.

(3) الأنماط الوراثية للأفراد:

- الفرد 2 :  $X_nX_n$  لأنها أنثى سليمة وتحمل صفة متنحية، يجب أن تكون متشابهة الاقتران.
- الفرد 4 :  $X_RX_n$  لأنها ورثت من الأب الحليل  $X_R$  ومن الأم الحليل  $X_n$ .
- الفرد 3 :  $X_nY$  لأنه ذكر سليم.
- الفرد 6 :  $X_nX_n$  لأنها أنثى سليمة يجب أن تكون ثنائية التنحي بالنسبة للحليل العادي.
- الفرد 11 :  $X_RX_n$  لأنها أنثى مصابة ورثت من الأب الحليل الممرض  $X_R$  ومن الأم الحليل  $X_n$ .
- الفرد 9 :  $X_nY$  لأنه ذكر سليم.

(4) إن المقصود بالإناث الناقلات للمرض هو أنها إناث تحمل الحليل المسؤول عن ظهور المرض إلا أنها غير مصابة به (مظهر خارجي سليم).  
ادن في هذه الحالة لا توجد إناث ناقلات للمرض لأن الحليل R المسؤول عن المرض حليل سائد، وبالتالي فكل أنثى مختلفة الاقتران  $X_RX_n$  تكون مصابة.

(5) الأنماط الوراثية الممكن الحصول عليها عند أبناء البنت 8 بعد زواجها من رجل سليم:



## حصيلة عامة :

عند انتقال أمراض غير مرتبطة بالجنس:

### • في حالة مرض مرتبط بحليل متنج :

- الشخص المصاب يكون متشابه الاقتران بالنسبة للحليل المسؤول عن المرض.
- الشخص السليم يكون مختلف الاقتران أو متشابه الاقتران بالنسبة للنسبة للحليل العادي.
- في حالة تزواج فردين مختلفي الاقتران فاحتمال إنجاب طفل مصاب هو  $1/4$  وإنجاب طفل سليم هو  $3/4$ .

### • في حالة مرض مرتبط بحليل ساند :

- الشخص المصاب يكون مختلف الاقتران أو متشابه الاقتران بالنسبة للحليل الممرض.
- الشخص السليم يكون متشابه الاقتران بالنسبة للحليل المتنجي.
- في حالة تزواج أبوين أحدهما مصاب، فاحتمال إنجاب طفل مصاب هو  $50\%$ .

عند انتقال أمراض مرتبطة بالجنس:

### • في حالة مرض مرتبط بحليل متنج :

- تكون الأمهات مختلفات الاقتران ناقلات لهذا الحليل الممرض بواسطة أحد صبيغها الجنسيين X.
- عندما يرث الأبناء الذكور من الأم الصبغي الجنسي X الحامل للحليل الممرض، يكون حتما مصابا بالمرض.
- لا تصاب الأنثى إلا في حالة الحصول على الصبغي الجنسي X الحامل للحليل الممرض من الأم والأب معا.

### • في حالة مرض مرتبط بحليل ساند :

- ينتج عن قران أم مصابة مختلفة الاقتران بأب سليم، إنجاب ذكور وإناث مصابين بالمرض.
- ينتج عن قران رجل مصاب بأب سليمة ( متشابهة الاقتران )، إنجاب ذكور سليمون وإناث مصابة بالمرض.

## IV – الشذوذات الصبغية عند الإنسان وعواقبها. Les anomalies chromosomiques chez

l'Homme

تعرف عند الإنسان عدة حالات من الشذوذ الصبغي، تتسبب في أمراض تؤثر في النمو الجسمي والعقلي للشخص المصاب، وترتبط هذه الشذوذات بتغير في عدد أو شكل الصبغيات. أنظر نشاط 7، لوحة 4 .

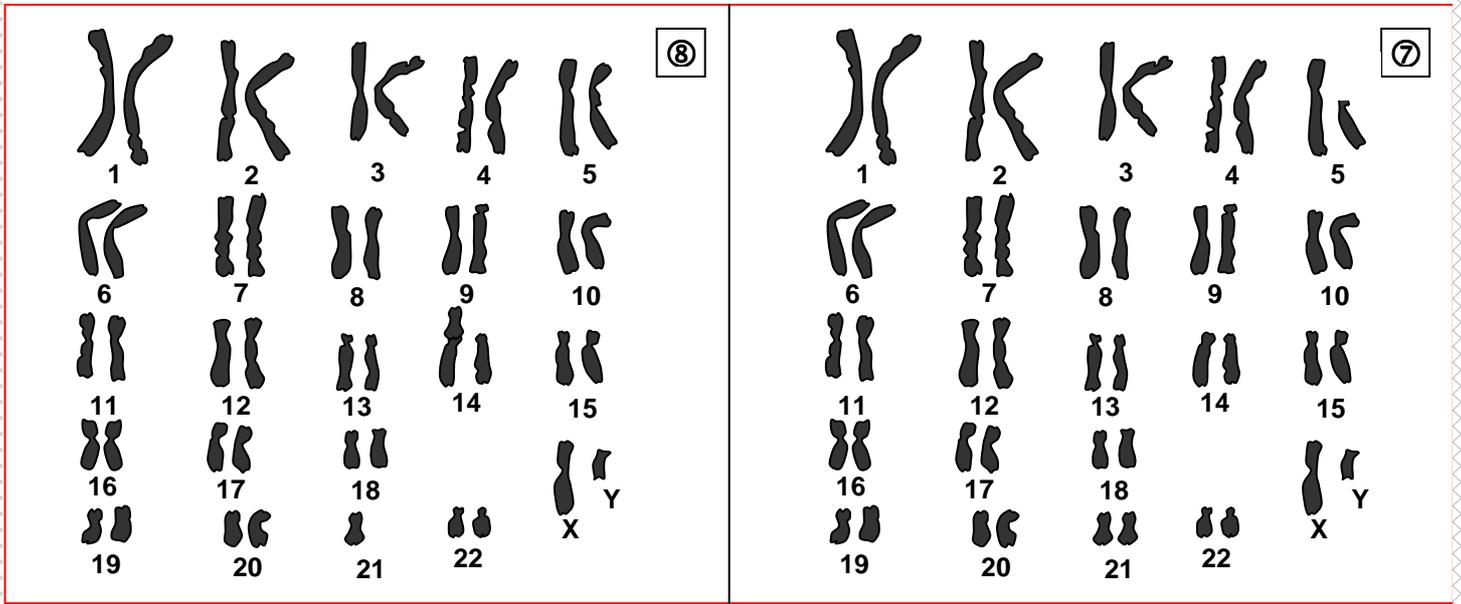
### ① الشذوذ المرتبط بتغير في عدد الصبغيات.

أ – تغير في عدد الصبغيات اللاجنسية :



- تعطي الوثائق ①، ②، ③، ④، ⑤، ⑥، ⑦، ⑧. خرائط صبغية لحالات مختلفة من الشذوذات الصبغية .
- 1) تعرف على هذه الحالات وعلى خصائص كل منها.
  - 2) انطلاقاً من هذه الوثائق أتمم جدول الوثيقة 1 لوحة 5.
  - 3) بواسطة رسوم تخطيطية أعط التأويل الصبغي لحالة الشذوذ الممثلة على هذه الخرائط الصبغية.

<p>②</p>	<p>①</p>
<p>④</p>	<p>③</p>
<p>⑥</p>	<p>⑤</p>



الوثيقة 1 :

### اللوحة 5

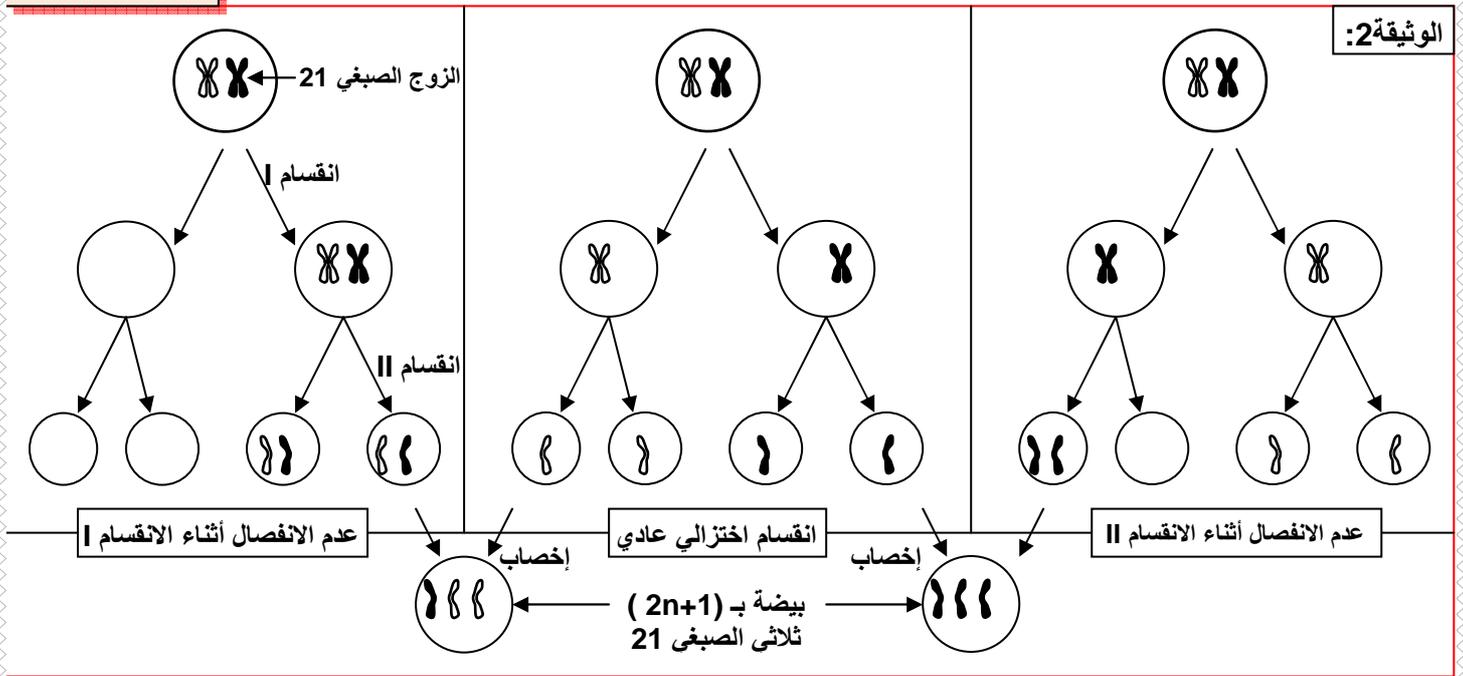
المظهر الخارجي	تردد الشذوذ	اسم الشذوذ	عدد الصبغيات	الخريطة الصبغية
تأخر عقلي، قصر القامة، وجه ذو تقاسيم مميزة، يدين بأصابع قصيرة مع وجود طية وحيدة عرضية، تشوهات داخلية (القلب، الأوعية، الأمعاء...)	18 / 10000	منغولية أو تثالث الصبغي 21 أو مرض DOWN		الخريطة ① :
غياب الفاصل البيمنخري، شفة علوية مفتوحة، سداسي الأصابع.	1 / 10000	ثلاثي الصبغي 13		الخريطة ② :
مظهر أنثوي، غياب المبيضين أو ضمورهما، عقم، ...	4 / 10000	أعراض مرض Turner		الخريطة ③ :
مظهر ذكري، خصيتان ضامرتان، غياب تشكل النطاف، ثديان ناميان.	2 / 1000	أعراض مرض Klinefelter		الخريطة ④ :
مظهر أنثوي عادي، قامة شينا ما طويلة، قدرات ذهنية عادية، خصوبة عادية.	1 / 1000	ثلاثي الصبغي X		الخريطة ⑤ :
رجل عادي المظهر، بخصوبة عادية.	2 / 1000	ثلاثي الصبغي XYY		الخريطة ⑥ :
تأخر عقلي حاد، تشوهات جسمية خصوصا على مستوى الحنجرة	1 / 40000	صياح القطة		الخريطة ⑦ :

### • الخريطة الصبغية ① :

نلاحظ على هذه الخريطة أن كل الصبغيات عادية باستثناء الصبغي 21 فهو ممثل بثلاث نماذج و بالتالي هناك زيادة صبغي واحد في هذه الخريطة الصبغية لذلك يسمى الشذوذ بثلاثي الصبغي 21 Trisomie.

أو نتكلم عن مرض Down أو المنغولية Mongolisme.

يعاني المصابون بهذا المرض من شذوذ جسدي وعقلي ( تأخر عقلي، تشوهات داخلية على مستوى القلب و الأوعية الدموية و الأمعاء، قامة قصيرة، يدين بأصابع قصيرة مع وجود طية وحيدة عرضية، وجه ذو تقاسيم مميزة ).



يفسر حدوث هذا الشذوذ بعدم انفصال صبغبي الزوج الصبغي 21 أثناء مراحل الانقسام الاختزالي عند تشكل الأمشاج لدى أحد الأبوين، إذ يؤدي التقاء مشيج غير عادي (بصبغي 21 إضافي) بمشيج آخر عادي إلى تكون بيضة تحتوي على ثلاث صبغيات 21 ينتج عنها فرد مصاب بالمرض.

#### • الخريطة الصبغية ②:

ثلاثي الصبغي 13، يعاني المصابون بهذا الشذوذ من تشوهات جسدية وعقلية، غياب الفاصل البيمنخري، شفة علوية مفتوحة، سداسي الأصابع.

#### ب - تغير في عدد الصبغيات الجنسية :

من بين الشذوذات الناتجة عن تغير في عدد الصبغيات الجنسية نجد:

#### • مرض Turner: ( الخريطة الصبغية ③ )

يرتبط هذا المرض بوجود صبغي جنسي X واحد و 44 صبغيا لاجنسيا. اذن يصيب الإناث فقط، ومن أهم أعراضه قصر القامة، وضعف تطور الصفات الجنسية الثانوية، والعقم.

#### • مرض Klinefelter: ( الخريطة الصبغية ④ )

يرتبط هذا المرض بوجود صبغي X زائد عند الرجال المصابين، حيث يملكون 47 صبغيا، منها 44 صبغيا لاجنسيا، وثلاث صبغيات جنسية XXY. ومن أهم أعراضه اجتماع الصفات الجنسية الثانوية الذكرية والأنثوية، صغر الخصيتين، والعقم.

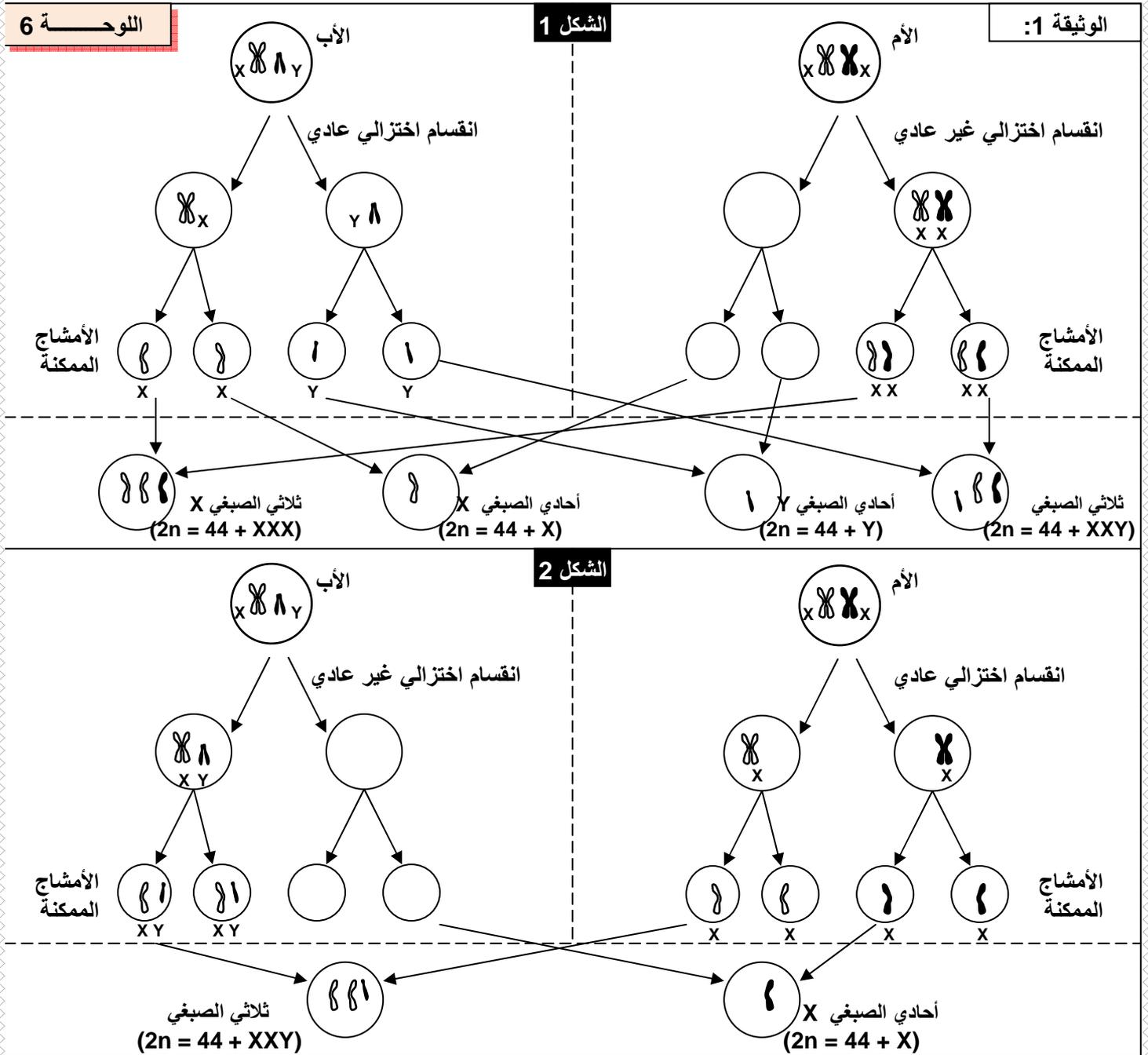
#### • مرض ثلاثي الصبغي X: ( الخريطة الصبغية ⑤ )

يرتبط هذا المرض بوجود صبغي X زائد عند النساء، حيث يملكون 47 صبغيا، منها 44 صبغيا لاجنسيا، وثلاث صبغيات جنسية XXX. عادة يتميز الشخص المصاب بمظهر أنثوي عادي، قامة شيئا ما طويلة، قدرات ذهنية متوسطة إلى عادية، خصوبة محدودة.

#### • مرض ثلاثي الصبغي XYY: ( الخريطة الصبغية ⑥ )

يرتبط هذا المرض بوجود صبغي Y زائد عند الرجال المصابين، حيث يملكون 47 صبغيا، منها 44 صبغيا لاجنسيا، وثلاث صبغيات جنسية XY. عادة يتميز الشخص المصاب بمظهر عادي، وقدرات ذهنية عادية، وخصوبة عادية. وأحيانا يلاحظ عند الأطفال صعوبة في التعلم.

**التفسير الصبغي للشذوذات المرتبطة بتغير عدد الصبغيات الجنسية:** أنظر الوثيقة 1، لوحة 6.



يرجع ظهور هذه الشذوذات إلى الافتراق غير السليم لأزواج الصبغيات الجنسية أثناء الانقسام الاختزالي عند تشكل الأمشاج لدى أحد الأبوين.

## ② الشذوذ المرتبط بتغير في بنية الصبغيات.

**أ - ضياع قطع صبغية La délétion chromosomique :** ( الخريطة الصبغية 7 )  
تنتج هذه الشذوذات عن فقدان جزء من أحد الصبغيات، وأهم هذه الحالات هو ضياع الذراع القصير للصبغي 5. يعاني المصابون بهذا الشذوذ من تأخر عقلي حاد، ومن تشوهات جسمية خاصة على

مستوى الحنجرة، حيث يصدر الطفل المصاب صوتا يشبه مواء القطّة، لهذا يسمى هذا المرض بـ "صياح القطّة".

### ب - الانتقال الصبغي La translocation : ( الخريطة الصبغية 8 )

تتمثل هذه الشذوذات في انتقال صبغيات أو قطع منها ولحمها بصبغيات أخرى. مثلا في هذه الحالة نتكلم عن الانتقال الصبغي المتوازن، إذ نجد نموذج واحد من الصبغي 21، أما النموذج الثاني فهو محمول على الصبغي 14. يتميز الأشخاص المصابون بهذا الشذوذ بمظهر عادي لأن خريبتهم الصبغية كاملة، رغم أنها تتضمن صبغيا هجيناً (14-21). إلا أن هؤلاء الأشخاص قد ينتجون أمشاجا غير عادية، تتسبب في إنجاب أبناء مصابين بشذوذات كالمغولية ( ثلاثي الصبغي 21 المقنع ).

## V - تشخيص الشذوذ الصبغي قبل الولادة:

### ① دواعي إجراء التشخيص قبل الولادي:

- إذا سبق للأبوين إنجاب طفل مصاب بتشوه خلقي أو شذوذ صبغي.
- إذا كان أحد الأبوين مصابا بشذوذ صبغي، مثل انتقال صبغي متوازن.
- إذا تجاوز عمر الأم الحامل 40 سنة لوجود احتمال كبير لإنجاب خلف ثلاثي صبغي.
- ظهور مؤشرات غير عادية عند الفحص بالصدى.

### ② أهم الوسائل المعتمدة في هذا التشخيص:

#### أ - التصوير بالصدى L'échographie :

بواسطة مسبار يوضع على الجلد، تسلط موجات فوق صوتية على الجنين وتنعكس عليه، ثم يتم التقاطها بواسطة نفس المسبار. ونظرا لاختلاف خاصيات كل نسيج، تنعكس الموجات بشكل مختلف فتعطي صورة للجنين، يمكن تحليلها ومقارنتها بالحالات العادية. ( أنظر الوثيقة 2، لوحة 6 ).

### ① التصوير بالصدى Echographie.

#### اللوحة 6

الوثيقة 2 : الكشف عن الإصابة بمرض Down عند الحمل بواسطة التصوير بالصدى الصوتي: الشكل 1: علامات مميزة عند الحمل المصاب بمرض Down ( وجه مسطح، عنق عريض... ). هذه العلامات لا تلاحظ عادة عند الحمل العادي ( الشكل 2 ).



### ب - التقنيات الحديثة للفحص قبل الولادي :

#### 1. تقنية الرصد الجنيني Embryoscopie

بواسطة نظام عدسي يدخل عبر عنق الرحم، يمكن أخذ صور واضحة للجنين، الشيء الذي يمكن من التشخيص المبكر للتشوهات العضوية المرافقة لبعض الشذوذات الصبغية.

## 2. تقنية Amniocentèse ( أنظر الوثيقة 1، A، لوحة 7 )

هو اختبار يجرى في الأسبوع 17 من الحمل، حيث يأخذ قليل من السائل السلوي الذي يطفو داخله الحميل، وانطلاقاً من الخلايا العالقة بهذا السائل تتجز الخريطة الصبغية للجنين التي تمكن من الكشف عن الشذوذات الصبغية المحتملة.

## 3. تقنية Choriocentèse ( أنظر الوثيقة 1، B، لوحة 7 )

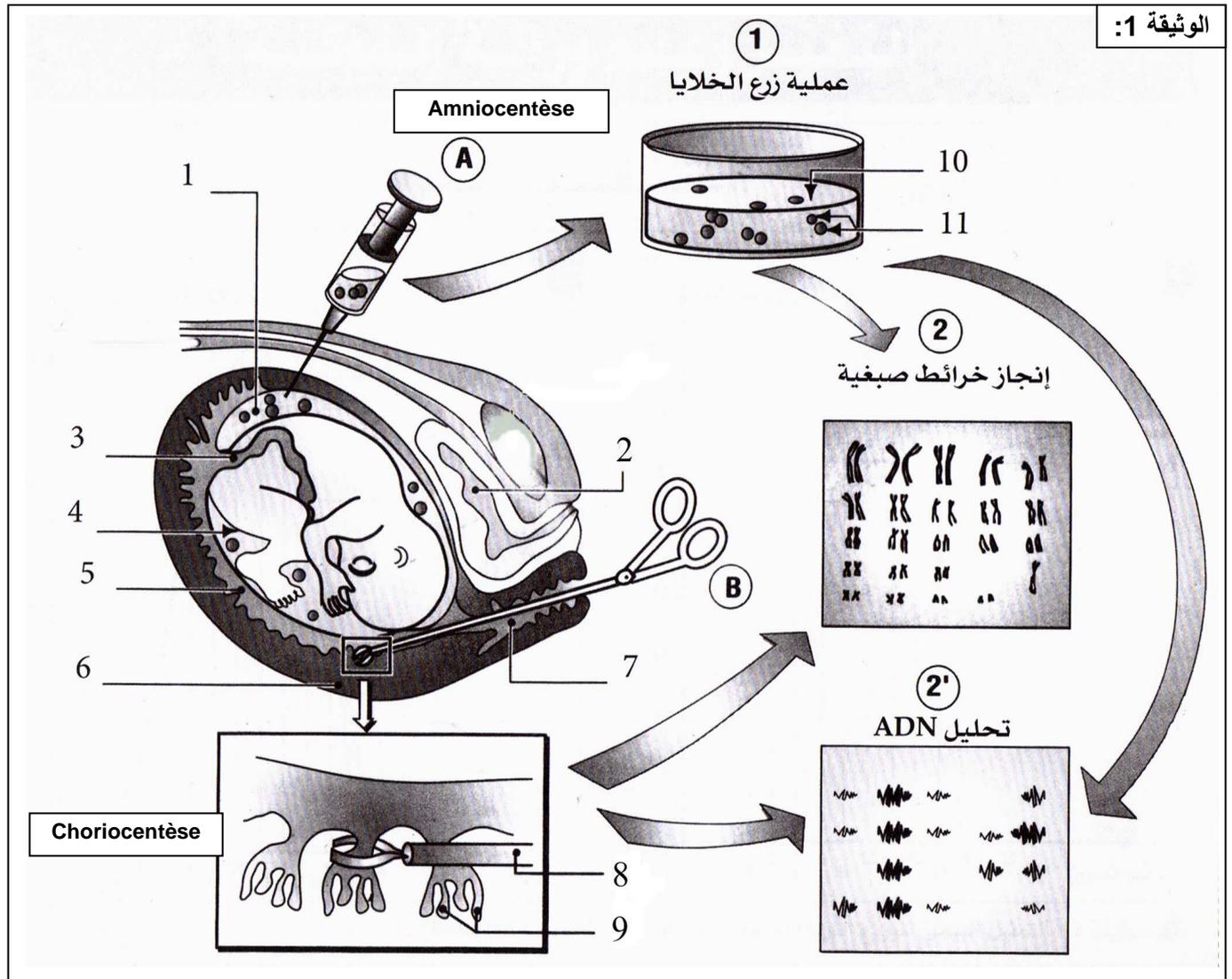
بواسطة ملقاط يتم اقتطاع عينات من الأنسجة الحميلية (أخذ خلايا من غدد الغشاء الخارجي للحميل) قصد إنجاز خريطة صبغية و تحليلها للتأكد من خلوها من أي شذوذ صبغي. ( هذه الخلايا تنحدر من البيضة وبالتالي فهي تملك نفس الزينة الصبغية للحميل ).

### اللوحة 7

❷ الوثيقة 1 : تقنية Amniocentèse وتقنية Choriocentèse. ( فحص السائل السلوي والزغابات الجنينية).

يمكن الكشف عن الشذوذات الصبغية عند الجنين أثناء الحمل إما :

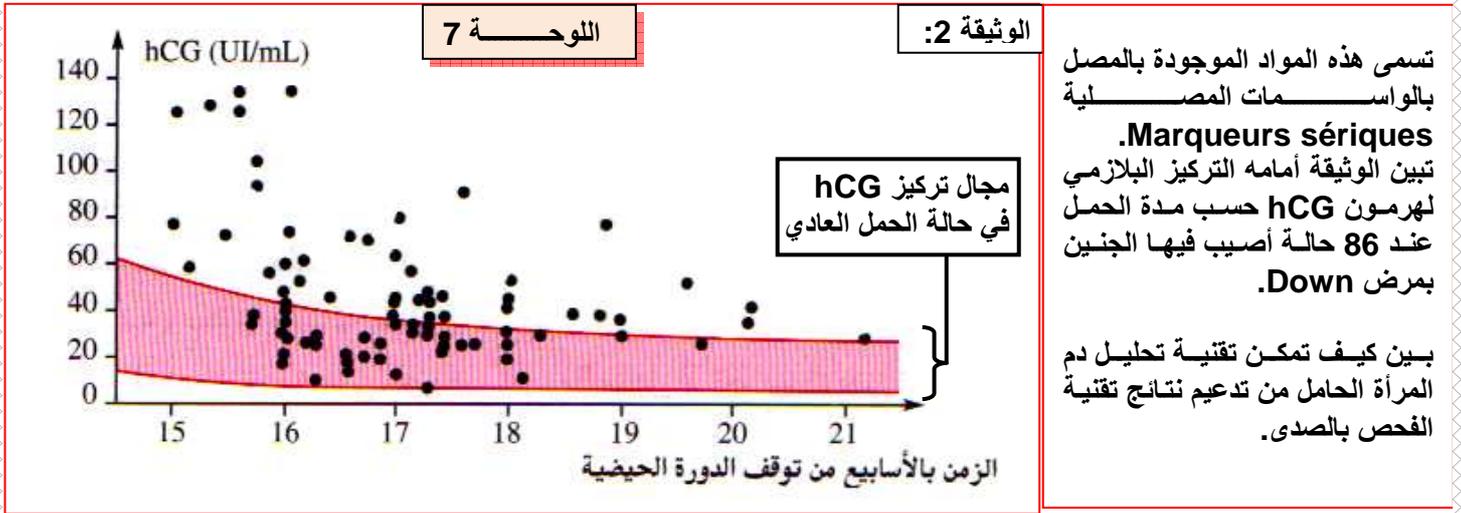
- باختبار السائل السلوي بعد 15 إلى 17 أسبوع من توقف الدورة الحيزية
  - باختبار دم الحبل السري بعد الأسبوع 20 من توقف الدورة الحيزية.
- اقتلاع زغابات جنينية وتحليلها، انطلاقاً من الأسبوع التاسع للحمل.



#### 4. الكشف عن مرض Down بتحليل الدم: ( أنظر الوثيقة2، لوحة 7 )

#### 2 الوثيقة 2: الكشف عن مرض Down بتحليل الدم.

بينت تحاليل الدم عند الأمهات الحوامل بأجنة مصابة بمرض Down ( ثلاثي الصبغي 21 )، وجود تركيز كبير من هرمون hCG ( human Chorionic Gonadotropin )، وبروتين AFP (alpha-fœtoprotéine) = بروتين يركبه الحميل.



تمكن معايرة كمية هرمون hCG و بروتين AFP في دم المرأة الحامل من تشخيص حالة ثلاثي الصبغي 21، وذلك لارتفاع تركيز هذه المواد في دم المرأة الحامل بجنين مصاب بمرض Down .

**ملحوظة:** إن احتمال إنجاب أطفال مصابين بمرض Down يزداد كلما زاد سن الأم.

45	42	37	35	30	25	20	سن الأم
1/60	1/100	1/300	1/500	1/1000	1/1600	1/2300	احتمال إنجاب طفل مصاب

# الوحدة الرابعة

## التغير وعلم وراثه الساكنة

### مدخل عام :

الساكنة هي مجموعة من الأفراد من نفس النوع يعيشون في مجال جغرافي معين و قادرين على التزاوج فيما بينهم. ومن تم فمفهوم الساكنة يستحضر عدة معايير:

- **جغرافي:** أفراد تستوطن مجال جغرافي معين في فترة زمنية معينة.
- **وراثي:** نخيرة وراثية مشتركة، أفراد تنتمي إلى نفس النوع.
- **بيئي:** أفراد يعيشون في نفس المجال الجغرافي، وفي تفاعل مستمر مع الوسط وفيما بينهم.
- **بيولوجي:** إمكانية التزاوج بين الأفراد.

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

- قياس التغير الوراثي انطلاقا 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 الوراثة عند مجموعة من الأفراد ينحدرون من تزاوجات غير موجهة لعدة آباء. فهي تطبيق للوراثة المانديلية على مستوى الساكنة.

- (7) كيف تتم دراسة التغير الوراثي داخل ساكنة معينة ؟
- (8) ما هي عوامل تغير الساكنة ؟
- (9) كيف ينقل هذا التغير عبر الأجيال؟
- (10) ما القوانين الإحصائية المعتمدة في دراسة انتقال الصفات الوراثة عند الساكنة؟
- (11) ما هي العوامل المتدخلة في التنوع الوراثي للساكنات؟ وما آليات تدخلها؟

## الفصل الأول:

# الدراسة الكمية للتغير: القياس الإحصائي

## مقدمة:

يهدف قياس الصفات الوراثية الكمية عند الساكنة إلى تحديد مدى تجانس هذه الساكنة، ورصد بعض الصفات المرغوب فيها خاصة في مجال تربية الحيوانات وفي المجال الفلاحي من أجل تحسين مردودية الإنتاج ( الانتقاء الاصطناعي )، وهكذا فالعلم الذي يهتم بهذه القياسات يعرف بعلم القياس الإحصائي.

### 1 - الطرق الإحصائية المعتمدة في علم القياس الإحصائي La biométrie:

تتميز الكائنات الحية بمجموعة من الصفات الكمية التي يمكن قياسها ودراستها إحصائياً، وتنتج بالمتغيرات. نذكر من بينها الوزن، الطول، عدد البذور في الثمرة، عدد المواليد بالنسبة لكل حمل، كمية الحليب المنتجة من طرف الأبقار، نسبة الكولسترول في الدم، ...

- تجميع المعطيات الإحصائية المرتبطة بالمتغير المدروس (الوزن، القد، القامة، إنتاج الحليب، عدد البذور...).
- ترتيب هذه المعطيات بشكل تصاعدي أو تنازلي لنحصل على سلسلة من القياسات. ( في بعض الحالات نفترض على ترتيب السلسلة على شكل أقسام...).
- تحويل المعطيات الرقمية إلى بيانات من أجل تسهيل قراءتها.
- تحليل المعطيات وتفسيرها، من أجل إجراء المقارنات داخل نفس الساكنة أو بين ساكنات قابلة للمقارنة، نلجأ إلى بعض الثابتات الرياضية.

### ① التغير غير المتواصل للصفات الكمية:

أ - معطيات إحصائية عند نبات شقائق النعمان ( أنظر نشاط 1، لوحة 1 ).

#### اللوحة 1

#### ① نشاط 1: التغير غير المتواصل للصفات الوراثية الكمية.

يكون نبات شقائق النعمان *Anemone coronaria* (الشكل 1) بعد نضجه ثمرة تسمى العليبية، تنقسم كل عليبة بفواصل إلى حجيرات، وتظهر الفواصل في غطاء العليبية على شكل أشرطة ميسمية (الشكل 2). يختلف أفراد هذا النوع فيما بينهم من حيث عدد الفواصل مما يشكل نموذجاً للدراسة الكمية للتغير غير المتواصل.

في إطار دراسة إحصائية لعدد الأشرطة الميسمية قام Pearson (1900) عند مجموعة من ثمار شقائق النعمان بعد الأشرطة الميسمية، فحصل على النتائج المبينة على الجدول أسفله:

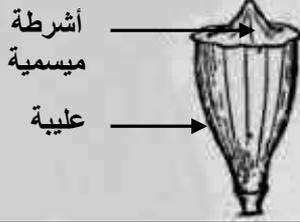
عدد الأشرطة	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
عدد العليبات	1	9	35	0	11	16	23	30	32	30	23	13	51	18	4	2

- (1) حل هذه المعطيات، واستنتج طبيعة التغير.
- (2) أنجز التمثيل البياني لهذا المتغير: ( منحنى الترددات ومضلع الترددات )
- (3) صف تطور منحنى الترددات ثم استخرج المتغير الأكثر تكراراً.

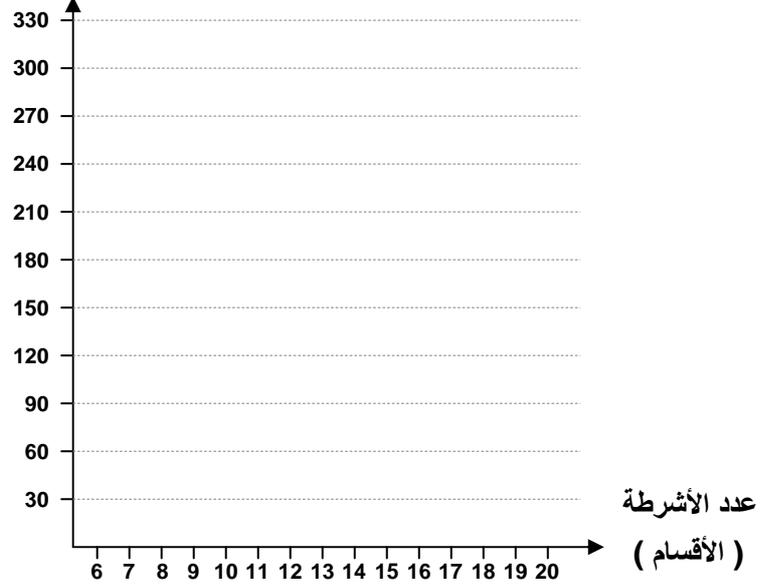
الشكل 1



الشكل 2



عدد العليات (الترددات)



لقد نظمت مياسم شقائق النعمان في 15 مظهرا، حسب عدد الأشربة الميسمية، يمثل كل منها قسما، ويقابل كل قسم عدد من الأفراد يسمى التردد. أما عدد الأشربة فيمثل المتغير. نلاحظ أن المتغير المدروس هنا يأخذ فقط عددا محدودا من القيم ( لا يمكن أن نجد أشكالا وسيطة من الأشربة الميسمية ) لذا نتكلم عن التغير غير المتواصل. Variation discontinu

### ب - التعبير البياني:

لجعل المعطيات الرقمية أكثر وضوحا، وتسهيل قراءتها وتحليلها، نقوم بتجميعها على شكل بيانات. ومن بين التمثيلات البيانية المستعملة في تجميع هذا النوع من القياسات الكمية:

### \* المخطط العصوي Diagramme en bâtons

باستعمال متعامد ممنظم نضع على محور الأفاصيل مختلف قيم المتغير، وعلى محور الأرتيب مختلف الترددات المحصلة بواسطة نقط، نمثل على الممنظم كل قيمة من قيم المتغير، حسب التردد المقابل لها. نصل كل نقطة بأفصولها في محور الأفاصيل بواسطة خط عمودي. ( أنظر المبيان، لوحة 1 ).

### \* مضلع الترددات ومنحنى الترددات Polygon et courbe de fréquences

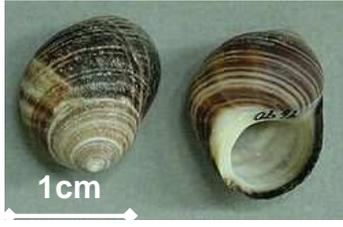
بعد انجاز المخطط العصوي، نصل النقط العليا النهائية لأعمدة هذا المخطط بعضها ببعض بواسطة قطع مستقيمة، فنحصل بذلك على مضلع الترددات. بتسوية حدود مضلع الترددات، نحصل على منحنى الترددات، والذي يميز توزيع ترددات التغير المدروس

### ② التغير المتواصل للصفات الكمية:

أ - معطيات إحصائية عند قواقع جبيل Gibbule ( أنظر نشاط 2، لوحة 2 ).

## ② نشاط 2: التغير المتواصل للصفات الوراثية الكمية.

### اللوحة 2



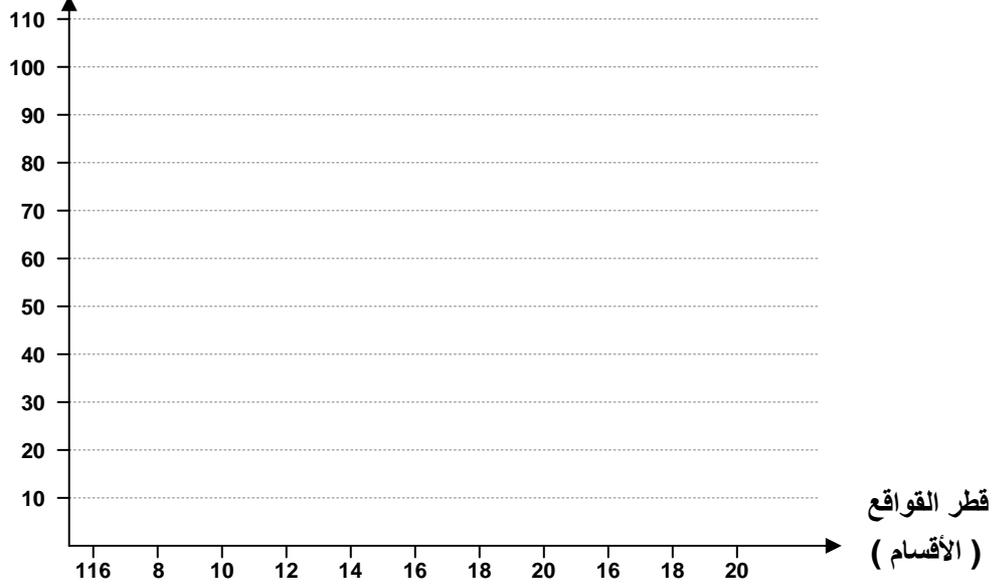
قواقع  
حيوان من  
معديات  
الأرجل  
يدعى  
جيبيل

نجمع عينة من 500 فرد من قواقع " جيبيل " **Gibbule**، ثم نقيس قطر القواقع بواسطة قدمة (pied à coulisse)، فنصنف بعد ذلك النتائج المحصلة إلى فئات من 0.5 mm كل فئة تشكل قسما. يعطي الجدول أسفله نتائج هذه الدراسة:

- 4) حلل هذه المعطيات، واستنتج طبيعة التغير.
- 5) أنجز التمثيل البياني لهذا المتغير.
- 6) حلل المبيانات المحصل عليها، ماذا تستنتج؟

قطر القواقع 10-1mm	-116	-121	-126	-131	-136	-141	-146	-151	-156	-161
الترددات	1	8	29	55	107	82	61	26	3	3

عدد القواقع (الترددات)



نلاحظ في هذه الحالة أن المتغير المدروس يأخذ جميع القيم في مجال التغير (بما فيها القيم العشرية)، لذلك ينعت المتغير بكونه متواصل. في هذه الحالة عوض تمثيل كل القياسات المحصل عليها، نقصر على تجميع القياسات المتقاربة داخل نفس القسم. مثال القسم [120 – 116]. يصبح التوزيع ادن عبارة عن متتالية من الأقسام، حيث يحافظ على نفس وسع المجال بالنسبة لكل الأقسام. (هنا مثلا وسع المجال هو 5)

ب – التعبير البياني: ( أنظر المبيان، لوحة 2 ).

\*مدراج الترددات Histogramme de fréquences:

باستعمال متعامد ممنظم نضع على محور الأفاصيل حدود الأقسام، وعلى محور الأراتيب مختلف الترددات المحصلة. يمثل كل قسم بمستطيل يكون طوله مساويا لقيمة التردد المقابل له.

\*مضلع الترددات Polygone de fréquences:

نحصل عليه انطلاقا من مدراج الترددات بوصل النقط المقابلة للقيم الوسيطة لمختلف الأقسام في القاعدة العليا للمستطيلات بعضها ببعض بواسطة قطع مستقيمة. وبتسوية حدود مضلع الترددات نحصل على منحنى الترددات.

### ③ ثوابت توزيع الترددات في دراسة التغير:

يبقى التمثيل البياني لتوزيع الترددات غير كاف لإجراء المقارنات والاستنتاجات المناسبة للمتغير المدروس. لهذا نلجأ عادة إلى ثابتات رياضية لمعرفة مدى تغير الساكنة والقيام بالمقارنات اللازمة.

#### أ - ثابتات الموضع:

تمكن بصفة عامة ومطلقة من موضعة القيم المتوسطة للمتغير التي تتوزع حولها القيم الأخرى، وهي:

#### ★ المنوال (Mo) Mode :

يعبر المنوال في حالة التغير غير المتواصل عن قيمة المتغير الأكثر تردداً، وفي حالة التغير المتواصل يعبر عن قيمة وسط القسم الأكثر تردداً.

#### ★ المعدل الحسابي ( $\bar{X}$ ) Moyenne arithmétique :

هو مجموع قيمة كل متغير مضروب في قيمة تردده على عدد الأفراد.

$\bar{X}$  = المعدل الحسابي  $n$  = مجموع عدد أفراد الجماعة

$f_i$  = تردد المتغير أو تردد قسم أو فئة المتغير

$x_i$  = قيمة المتغير في حالة التغير غير المتواصل أو قيمة

وسط القسم أو الفئة في حالة المتغير المتواصل.

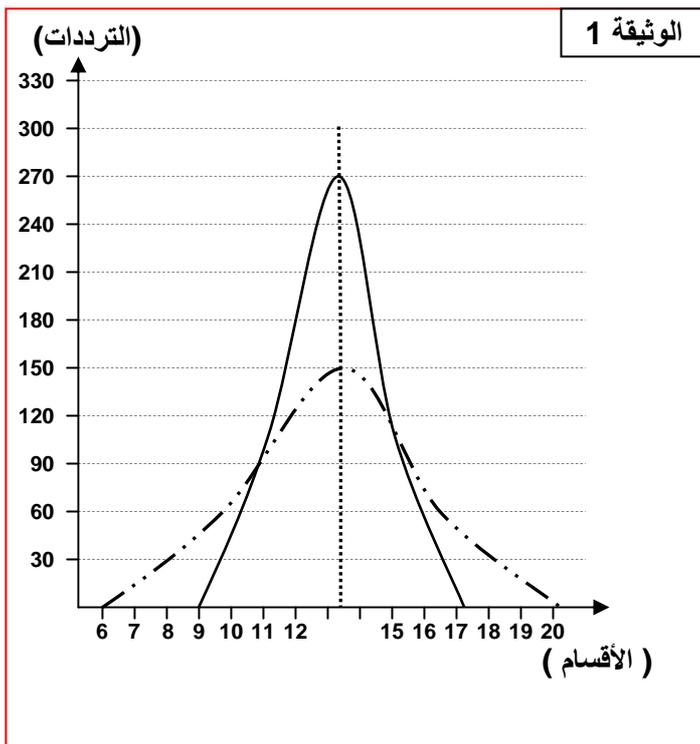
$$\bar{X} = \frac{\sum_i (f_i x_i)}{n}$$

● مثال عند نبات شقائق النعمان:

المنوال:  $Mo = 13$ .

$$\bar{X} = \frac{(6 \times 1) + (7 \times 9) + (8 \times 35) + \dots + (20 \times 2)}{1927} = 12.77$$

المعدل الحسابي  $\bar{X}$  : = 12.77



● ملاحظة :

يشير المعدل الحسابي للقيمة المتوسطة للمتغير ( المعدل )، لكنه يبقى غير كاف لتحديد مميزات العينة المدروسة، بحيث يمكن لعينتين أن تشتركا في نفس المعدل الحسابي رغم اختلاف توزيع القياسات حول هذا المعدل.

( أنظر الوثيقة 1، لوحة 2 ).

## ب - ثابتات التشتت ( التبدد ) :

تمكن من تقدير التغير وتشتت توزيع الترددات حول القيم المتوسطة وهي:

### ★ الفارق الوسطي الحسابي ( E ) :Ecart moyen arithmétique

هو معدل الفارق بين قيمة كل متغير والمعدل الحسابي، ويأخذ دائما قيمة موجبة، ويتم حسابه باستعمال المعادلة التالية:

$|x_i - \bar{X}|$  = فارق المتغير مع المعدل الحسابي  
تستعمل القيمة المطلقة للفارق للتجرد  
من علامات القيم.

$f_i$  = تردد المتغير أو تردد قسم أو فئة المتغير

$n$  = مجموع عدد أفراد الجماعة

$$E = \frac{\sum_1^i |x_i - \bar{X}| \times f_i}{n}$$

$E$  = الفارق الوسطي الحسابي

### ★ المغايرة ( V ) :Variance

لجعل الفوارق موجبة يمكن اللجوء للتربيع. وعليه سيتم حساب معدل تربيع الفوارق بدل معدل الفوارق. ويسمى معدل تربيع الفوارق المغايرة ( V ).

$V$  = الفارق الوسطي الحسابي

$f_i$  = تردد المتغير أو تردد قسم أو فئة المتغير

$n$  = مجموع عدد أفراد الجماعة

$$V = \frac{\sum_1^i (x_i - \bar{X})^2 \times f_i}{n}$$

### ★ الانحراف النمطي المعياري ( σ ) :Ecart type

هو الجذر التربيعي للمغايرة.

$\sigma$  = الفارق الوسطي الحسابي

$f_i$  = تردد المتغير أو تردد قسم أو فئة المتغير

$n$  = مجموع عدد أفراد الجماعة

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^i (x_i - \bar{X})^2 \times f_i}{n}}$$

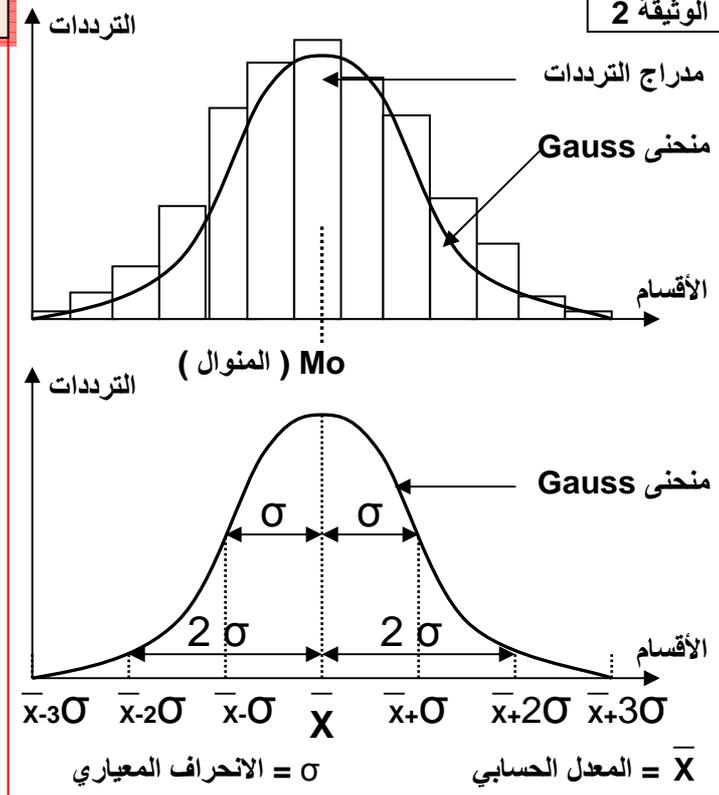
نستعمل الانحراف النمطي المعياري والمعدل الحسابي لحساب مجال الثقة الذي يأخذ الدلالات التالية:

• في المجال  $[\bar{X} - \sigma, \bar{X} + \sigma]$  نجد % 68 من أفراد الجماعة

• في المجال  $[\bar{X} - 2\sigma, \bar{X} + 2\sigma]$  نجد % 95.4 من أفراد الجماعة

## II - ما هي الدلالات الإحصائية لثابتات توزيع الترددات ؟

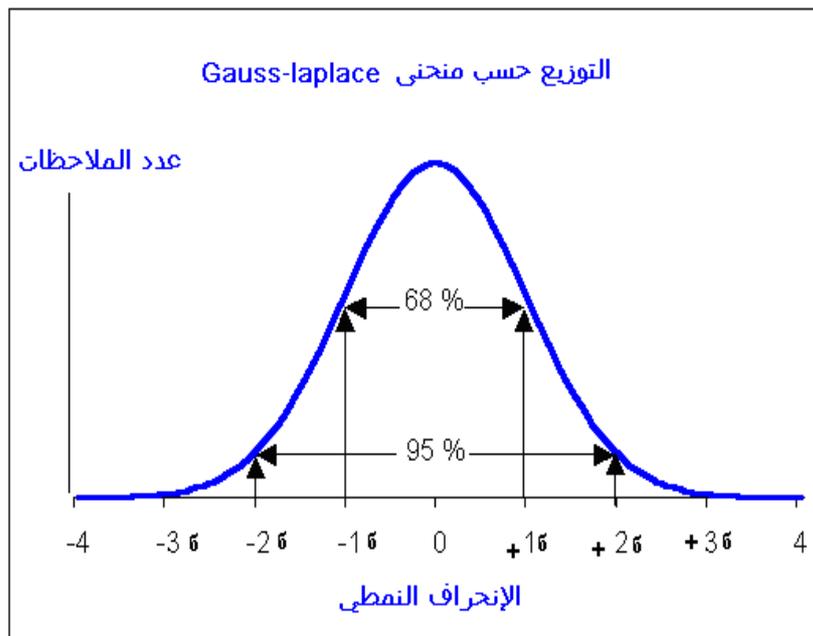
إن ملاحظة توزيع الترددات يشير إلى أنه خاضع لقواعد رياضية، وبذلك يمكن تعديل منحنى الترددات على شكل جرس متمائل محوريا يسمى القانون المنظمي أو منحنى Gauss. (أنظر الوثيقة2، لوحة2).



المتغيرة والانحراف النمطي يعبران عن تبدد المتغير خاصة، فهما معا مرتبطين بالمعدل الحسابي ويعبران عن التوزيع الحقيقي للمتغير خاصة إذا كان توزيع هذا الأخير عادي أي مطابق لمنحنى Gauss.

كلما كان الانحراف النمطي كبير كلما اعتبرنا تبدد قيم المتغير المدروس كبير بحيث يجب أن يغطي الانحراف النمطي 68% من قيم المتغير الملاحظة حول المعدل الحسابي. على هذا الأساس فالانحراف النمطي ثابت أساسي لمقارنة تبدد المتغير عند نفس الساكنة في أزمنة مختلفة، أو مقارنة التبدد عند ساكنات قابلة للمقارنة.

قيمة الانحراف النمطي معبرة عندما يكون توزيع المتغير عادي أي وفق منحنى Gauss، في هذه الحالة 68% من الملاحظات منحصرة في المجال  $[X-1\sigma, X+1\sigma]$  و 95% منحصرة في المجال  $[X-2\sigma, X+2\sigma]$ .



$$K = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{X}}$$

حسب قيمة هذا المعامل نستنتج شدة التبدد

$K \leq 15\%$  نعتبر التبدد ضعيف والجماعة متجانسة

$15\% < K \leq 30\%$  التبدد متوسط والتجانس كذلك متوسط

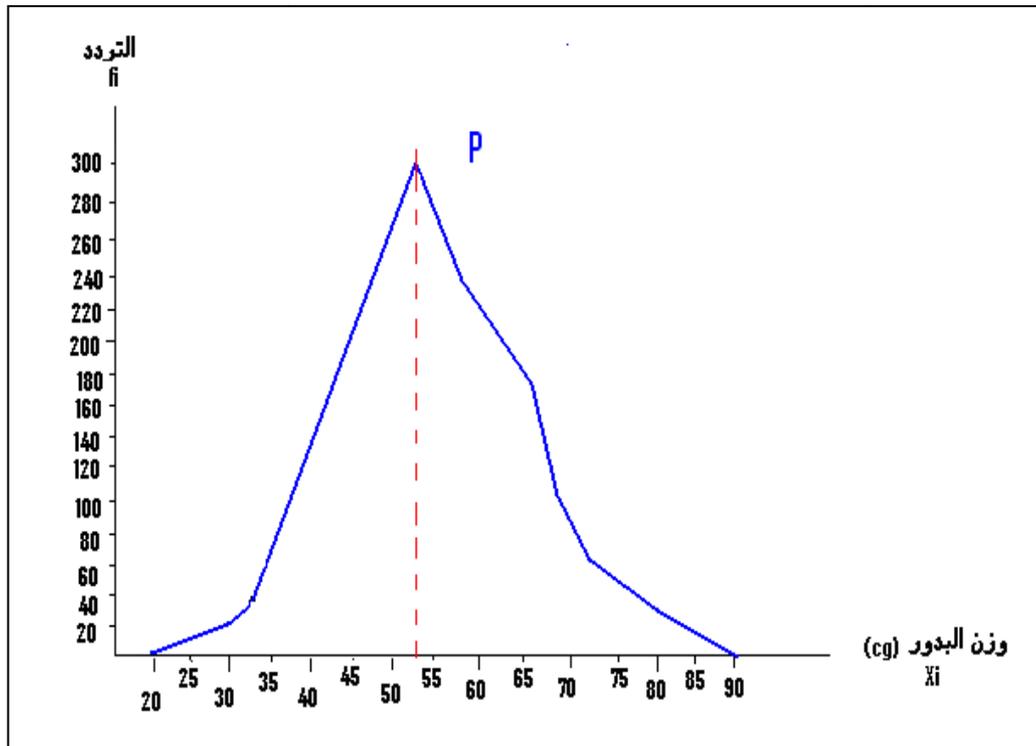
$K > 30\%$  التبدد قوي والجماعة غير متجانسة

في بعض الحالات يصعب تفسير الانحراف النمطي بحيث أن القيمة الكبرى لا تعني بالضرورة تبدد كبير، لأن القيمة قد ترتبط كذلك بعدد الملاحظات بالنسبة للمتغير المدروس. لهذا وللتعرف على مدى تبدد توزيع المتغير نلجأ عادة إلى معامل التغير المرتبط هو الآخر بالمعدل الحسابي والذي يخضع للصيغة أمامه:

### III - أهمية القياس الإحيائي في الانتقاء:

يظهر البيان التالي منحنى الترددات بالنسبة لتوزيع كتلة البذور عند الفاصوليا:

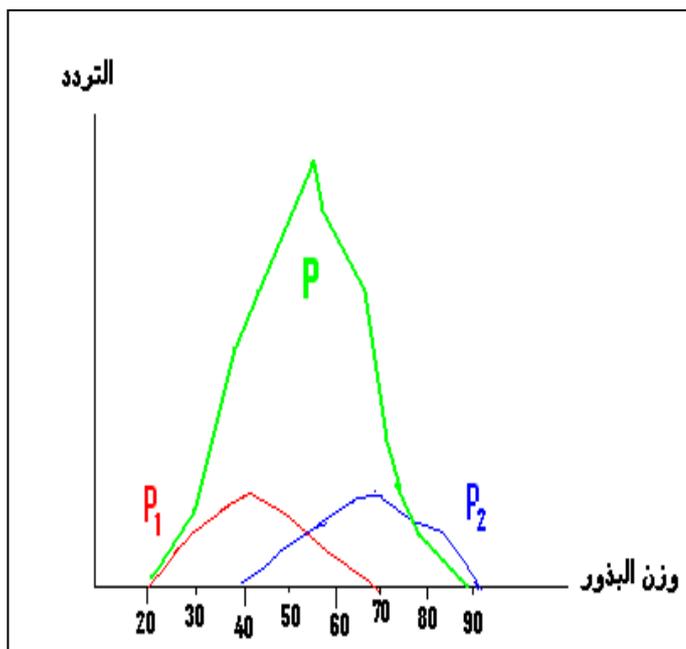
11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	عدد البذور داخل السنفلة
2	5	9	22	35	26	20	10	8	3	عدد السنقات Gousse



نلاحظ أن المنحنى المحصل عليه أحادي المنوال مما يوحي بتجانس العينة المدروسة بالنسبة لصفة الوزن. فهل فعلا هذه العينة متجانسة؟

للتأكد من ذلك نقوم بالانتقاء الاصطناعي: نقوم بعزل البذور الخفيفة (المنتمية للقسم الأول [20-25]) عن البذور الثقيلة (المنتمية للقسم الأخير [85-90]).

ونقوم بزرع كل صنف في وسطين منعزلين, النباتات المحصل عليها تخضع بعد ذلك للإخصاب الذاتي (تلقيح الزهور بحبوب لقاح نفس النباتات). بعد الإثمار ننجز نفس الدراسة الإحصائية السابقة على البذور المحصل عليها عند العينتين, نحصل على منحنيات الترددات التالية:



نلاحظ أننا نحصل على مضعين للتردد كلاهما أحادي المنوال مع اختلاف واضح في منوال كل مجموعة: البذور الخفيفة ( P1 ) ومجموعة البذور الثقيلة ( P2 ). هذه النتائج تعبر على أن الجماعة P غير متجانسة بالنسبة للصفة المدروسة، بحيث نلاحظ أن الانتقاء داخل هذه الجماعة مكننا من عزل جماعتين متباينتين P1 و P2 كلاهن تشكل سلالة. للكشف عن تجانس السلالتين نقوم بعملية اصطفاء جديدة. وفي حالة حصولنا على نتائج مشابهة، (الانتقاء غير فعال) سنعتبر السلالتين نقيتين.

في الطبيعة ظاهرة الانتقاء الطبيعي تنتج عن التنافس الحيوي بين أفراد نفس الجماعة، هذا التنافس يهدف إلى استمرار الكائنات المفضلة.

يلجأ الإنسان إلى الانتقاء الاصطناعي للحصول على بعض الأنواع الحيوانية والنباتية ذات مرد ودية الإنتاج العالية...

#### IV - تطبيقات :

##### التمرين الأول:

المثال الأول: قمنا بوزن كتلة البذور عند جماعة من الجلبانة, الدراسة شملت 1442 بذرة ويظهر الجدول التالي توزيع تردد هذه البذور حسب الكتلة:

الوزن Xi=(cg)	-85]	-80]	-75]	-70]	-65]	-60]	-55]	-50]	-45]	-40]	-35]	-30]	-25]	-20]	Xi=(cg)
عدد البذور fi	2	4	6	10	38	80	150	340	540	180	90	32	5	3	

- 1) هل يتعلق الأمر بتغير متواصل أم غير متواصل؟ علل جوابك.
- 2) أنجز منحنى الترددات المناسب وماذا تستنتج من قراءتك لهذا المنحنى فيما يتعلق بتوزيع وزن البذور عند هذه العينة المدروسة؟
- 3) أحسب المعدل الحسابي والانحراف النمطي مبرزاً تفاصيل هذه القياسات.
- 4) أنجز منحنى Gauss المناسب لتوزيع هذا المتغير.
- 5) حدد احتمال تموضع وزن البذور في المجالات التالية: [ -6 . +6 ] و [ -26 . +26 ] .

##### التمرين الثاني:

يظهر الجدول التالي نتائج قياسات أنجزت عند نوع من الأبقار المستوردة والمنتجة للحليب: القياس يهتم توزيع تردد الأفراد حسب كمية الحليب المنتجة في اليوم ( Kg ). عدد الجماعة المدروسة 50 فرد.

كمية الحليب (Xi)	40-37	37-34	34-31	31-28	28-25	25-22	22-19	19-16	16-13	التردد (fi)
	1	2	4	5	10	12	8	6	2	

- 1 ( هل يتعلق الأمر بمتغير متواصل أم غير متواصل؟ علل جوابك.
- 2 ( أنجز مدراج ومضلع الترددات المناسبين .
- 3 ( أحسب ثابتات الموضع وثابتات التبدد .
- 4 ( حدد احتمال القياس المنحصر في المجال التالي  $[-26, +26]$
- 5 ( بين كيف يمكن تأكيد أو نفي تجانس جماعة الأبقار المدروسة.

### التمرين الثالث:

بعد القيام بالدراسة الإحصائية لتوزيع الترددات عند الدرة نسبة لوزن البذور حصلنا على منحنى الترددات أحادي المنوال:

- 1 ( ماذا يمكنك إستنتاجه من هذه الملاحظة بالنسبة لوزن البذور عند الساكنة المدروسة؟
- 2 ( كيف يمكنك التأكد من تجانس هذه الساكنة؟
- 3 ( بين أنماط الانتقاء الاصطناعي و ما الهدف منه في المجال الفلاحي؟

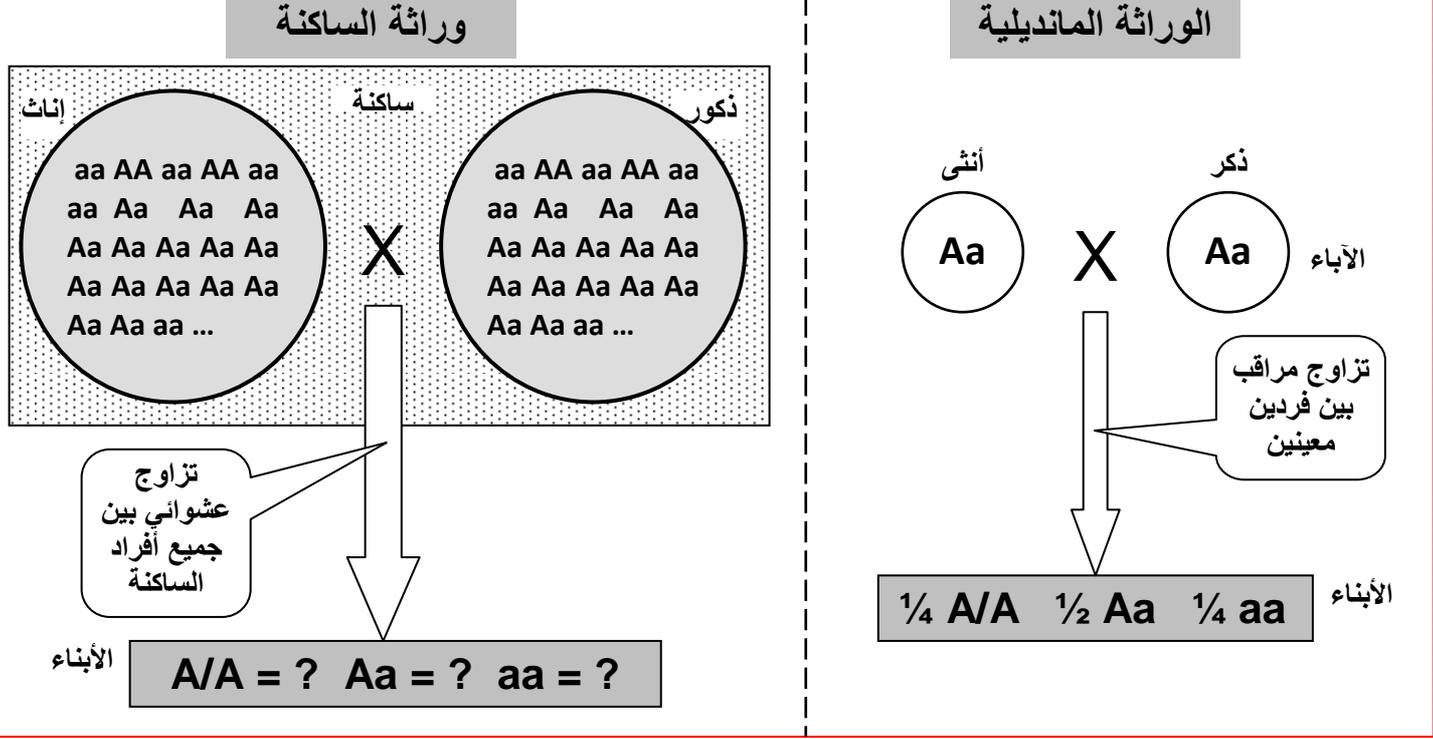
## الفصل الثاني:

# علم وراثة الساكنة

**مقدمة:** ( أنظر الوثيقة 1، لوحة 1 )

### اللوحة 1

الوثيقة 1 : تعطي الوثيقة التالية، رسماً 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 وراثتة 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 وراثتة الساكنة تدرس نسب الأنماط الوراثية عند مجموعة من الأفراد ينحدرون من تزاوجات غير موجهة لعدة آباء. فهي تطبيق للوراثة المانديلية على مستوى الساكنة.

- (12) فما هي الساكنة وما مميزات الوراثةية ؟
- (13) ما القوانين الإحصائية المعتمدة في دراسة انتقال الصفات الوراثية عند الساكنة؟
- (14) ما هي العوامل المتدخلة في تغير الساكنة ؟
- (15) كيف ينقل هذا التغير عبر الأجيال؟
- (16) ما هي العوامل المتدخلة في التنوع الوراثي للساكنات؟ وما آليات تدخلها؟

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

## ① ملاحظة بعض أنواع الساكنات المستوطنة بالمغرب:

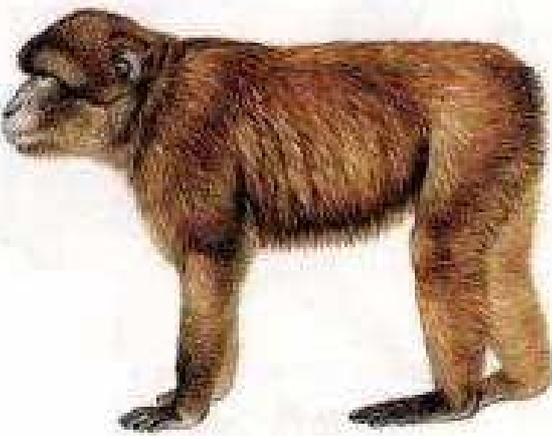
يقتضي تحديد الساكنة اعتبار معايير فضائية، وزمانية، ووراثية. بين ذلك انطلاقا من الوثائق الوثيقة 2، 3، لوحة 1.

### اللوحة 1

#### الوثيقة 3

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

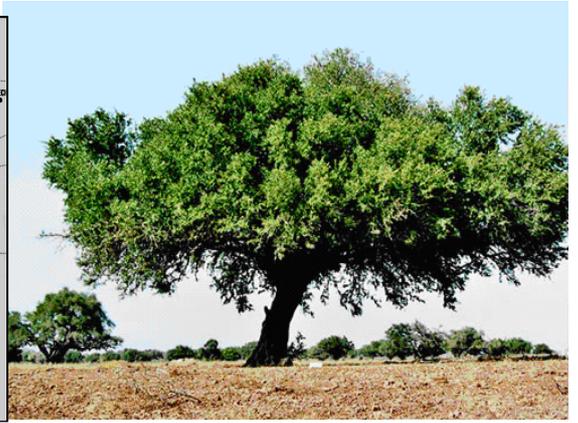
تنتشر هذه الساكنة على الخصوص في غابات شجر الأرز بجبال الأطلس المتوسط، على ارتفاع يتراوح بين 1200 و2000 متر، يتميز بقدرته على تحمل التغيرات المناخية ( صيف حار وجاف وشتاء بارد جدا ). وهو قرود بدون ذيل، يصل وزنه إلى 20 كلف عند الذكور و15 كلف عند الإناث، وطوله زهاء 60 سم.



### اللوحة 1

#### الوثيقة 2

يوجد شجر أركان أساسا في الأطلس الكبير وفي سهل سوس والأطلس الصغير، ويغطي 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 للطبقة الحيمناخية شبه القاحلة والقاحلة، لا يتجاوز علوه 10 أمتار، من كاسيات البذور يزهر في فصل الربيع يتكاثر عن طريق التوالد الجنسي بحيث تحرر المأبر بعد نضجها حبوب اللقاح لتتقل إلى ميسم الزهرة فتلتصق به لتتبت أنبوب اللقاح الذي ينمو في اتجاه البيضة. ولن تتم عملية الإنبات إلا إذا كان هناك تلاؤم بين حبوب اللقاح والميسم ( أي ينتميان لنفس النوع ) وهو أمر يتحكم فيه البرنامج الوراثي لكل من حبوب اللقاح والميسم . وتشكل كل الحليلات المتواجدة عند كل أفراد الساكنة ما يسمى بالمحتوى الجيني .



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

## ② مفهوم الساكنة: أنظر الوثيقة 1، لوحة 2.

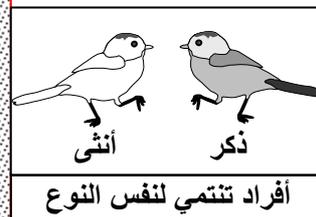
### اللوحة 2

#### الوثيقة 1 : نموذج تفسيري لمفهوم الساكنة.

استخرج انطلاقا من هذه الوثيقة والوثائق السابقة تعريفا مبسطا لمفهوم الساكنة، مع تحديد خاصيات الساكنة الطبيعية.

فقدان الأفراد

ولوج الأفراد

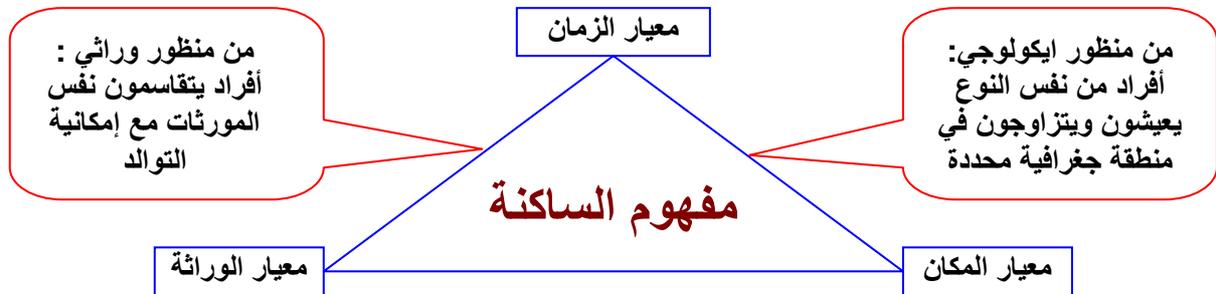


= تزاوج بالصدفة، لكل فرد نفس الاحتمال بان يتزاوج ويعطي خلفا.

= مجال توزيع الساكنة

السكانة La population هي مجموعة من الأفراد المنتمية لنفس النوع. وهي مجموعة تعيش في مجال جغرافي معين، يتمكن فيه كل فرد من أفرادها من التزاوج والتوالد مع أي فرد آخر من أفراد المجموعة. والسكانة ليست كيانا جامدا بل هي على العكس من ذلك بنية دينامية يتخللها تدفق للأفراد من خلال:

- ولوج أفراد جدد ناتج عن الولادات وهجرة أفراد النوع نحو هذه السكانة.
  - فقدان أفراد ناجم عن الوفيات وهجرة أفراد النوع خارج مجال توزيع السكانة.
- ويمكن توضيح السكانة من خلال الرسم التالي:

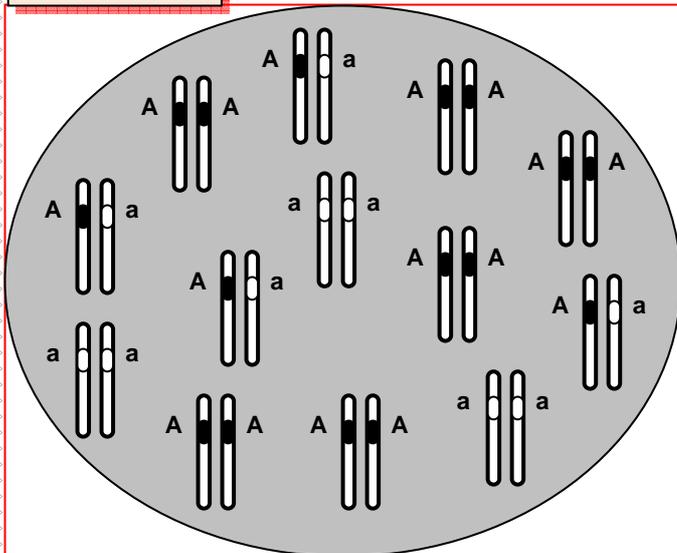


## ② المحتوى الجيني للسكانة:

### أ - تعريف المحتوى الجيني للسكانة:

تتميز السكانة بجينوم جماعي يسمى المحتوى الجيني للسكانة، وهو مجموع الحليلات التي توجد في مواضع المورثات على الصبغيات عند كل أفراد السكانة. ويتميز بالاستمرارية عبر الأجيال، ويكون قابلا للتغير عبر الزمن. أنظر الوثيقة 2، لوحة 2.

#### اللوحة 2



المحتوى الجيني لسكانة P

#### الوثيقة 2:

يقدم الرسم أمامه المحتوى الجيني عند سكانة P مكونة من 13 فردا. سنعتبر أن المورثة غير مرتبطة بالجنس، وتملك حليلين: A حليل ساند، و a حليل متنحي. باستخدام طريقة الاحتمالات، أحسب تردد كل من المظاهر الخارجية، الأنماط الوراثية، والحليلات. علما أن:

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

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

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

يمكن حساب تردد الحليل A بحساب احتمال سحب  $tirage$  هذا الحليل بالصدفة من السكانة، الشيء الذي يتطلب في الأول سحب فرد معين من هذه السكانة ثم سحب أحد حليليه:

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

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

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

$$f(A) = (D \times 1) + (H \times 1/2) + (R \times 0) \quad \text{إذن تردد الحليل (A) هو } f(A)$$

$$\Rightarrow f(A) = D + H/2$$

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

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

وهكذا يمكن حساب تردد تحليل داخل ساكنة باستعمال الصيغة التالية:

$$\left[ \frac{\text{عدد المورثة المختلفة}}{\text{الاقتران}} \times \frac{1}{2} \right] + \frac{\text{عدد المورثة المتشابهة}}{\text{الاقتران بالنسبة للتحليل}} = \text{تردد تحليل داخل عينة}$$

$$\frac{\text{عدد المورثة المتشابهة الاقتران بالنسبة لتحليل} + \text{عدد المورثة المختلفة الاقتران}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N} \times 2} = \text{تردد تحليل داخل عينة}$$

### ب - حساب الترددات باستعمال طريقة الاحتمالات:

لنكن ساكنة P بها الأنماط الوراثية AA , Aa , aa ( أنظر الوثيقة 2، لوحة 2 ).

• تردد المظاهر الخارجية:

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

• تردد الأنماط الوراثية:

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

• تردد الحليلات:

$$f(A) = \frac{(2 \times 6) + 4}{2 \times 13} = 0.62 \quad f(a) = \frac{(2 \times 3) + 4}{2 \times 13} = 0.38$$

## II - قانون Hardy - Weinberg:

### ① الساكنة النظرية المثالية:

نظرا لصعوبة دراسة التغيرات الوراثية للساكنة عبر الأجيال ( الطفرات، هجرة الأفراد، الانتقاء الطبيعي...)، نتتبع انتقال الخاصيات الوراثية بالنسبة لساكنة نظرية مثالية وذلك بتطبيق قانون H-W. ما هذا القانون وما خاصيات الساكنة النظرية المثالية ؟

تعطي الوثيقة 1، لوحة 3 خاصيات الساكنة النظرية المثالية.

### اللوحة 3

#### الوثيقة 1 : خاصيات الساكنة النظرية

- ساكنة لمتعضيات ثنائية الصيغة الصبغية ذات توالد جنسي وأجيالها غير مترابطة ( ليس هناك أي تزاوج بين أفراد الأجيال المختلفة ).
- ساكنة ذات عدد لا منته حيث تتسم التزاوجات بشكل عشوائي.
- ساكنة مغلقة وراثيا ( 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 الانتقاء
- غياب الطفرات والتغيرات الوراثية أثناء افتراق الصبغيات اثر الانقسام الاختزالي ( يعطي الفرد من النمط Aa دائما % 50 من الأمشاج A و % 50 من الأمشاج a).
- التزاوج العشوائي بين الأفراد : الأفراد يتزاوجون بالصدفة Panmixie ( لا يتم اختيار الشريك الجنسي بناء على خاصيات نمطه الوراثي أو مظهره الخارجي، والتقاء الأمشاج يحصل كذلك بالصدفة Pangamie ).

### ② قانون Hardy و Weinberg:

#### 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 انجليزي و Weinberg = طبيب ألماني ).

### ب - برهنة القانون في حالة مورثة ذات حليلين:

فسر قانون H.W من خلال استغلال معطيات الوثيقة 2 لوحة 3.

#### اللوحة 3

الوثيقة 2 : إنشاء قانون Hardy - Weinberg  
لنعتبر ساكنة نظرية مثالية، ولنتتبع تطور محتواها الجيني على مدى جيلين متتابعين  $G_0$  و  $G_1$  ، وذلك من خلال تتبع تطور كل من الأنماط الوراثية وتردد الحليلات بالنسبة لمورثة غير مرتبطة بالجنس ذات حليلين A و a.

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

#### ساكنة نظرية مثالية (الجيل $G_0$ )

#### تردد الأنماط الوراثية في الجيل $G_0$ :

$$f(AA) = \dots\dots\dots$$

$$f(Aa) = \dots\dots\dots$$

$$f(aa) = \dots\dots\dots$$

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

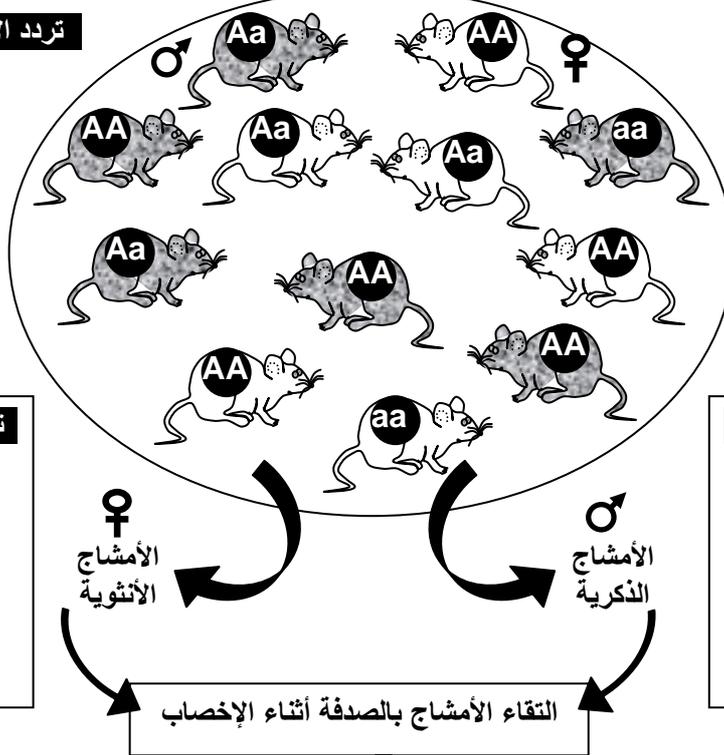
$$= \dots\dots\dots$$

#### تردد الحليلات في الجيل $G_0$ :

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

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

$$p + q = \dots\dots\dots$$



#### تردد حليلات الأمشاج الذكورية:

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

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

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

$$\dots\dots\dots$$

#### تردد حليلات الأمشاج الأنثوية:

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

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

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

$$\dots\dots\dots$$

التقاء الأمشاج بالصدفة أثناء الإخصاب

#### تردد الأنماط الوراثية في الجيل $G_1$ :

$$f(AA) = \dots\dots\dots$$

$$f(Aa) = \dots\dots\dots$$

$$f(aa) = \dots\dots\dots$$

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

$$\dots\dots\dots$$

		شبكة التزاوج ← الجيل $G_1$	
		A p	a q
♀	♂		
	A	p	
a	a		q

#### تردد الحليلات في الجيل $G_1$ :

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

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

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

$$\dots\dots\dots$$

(1) تردد الأنماط الوراثية والحليلات في الجيل  $G_0$ :

★ الأنماط الوراثية :  $f(AA) = D$  ،  $f(Aa) = H$  ،  $f(aa) = R$

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

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

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

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

$$f(AA) = p \times p = p^2 = D$$

$$f(Aa) = (p \times q) + (p \times q) = 2pq = H$$

$$f(aa) = q \times q = q^2 = R$$

$$D + H + R = p^2 + 2pq + q^2$$

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

(3) تردد الحليلات في الجيل  $G_1$ :

$$f(A) = f(AA) + f(Aa)/2 = D + H/2$$

$$= p^2 + (2pq)/2$$

$$= p^2 + pq$$

$$= p(p + q)$$

وبما أن  $(p + q) = 1$  فإن  $f(A) = p$

$$f(a) = f(aa) + f(Aa)/2 = R + H/2$$

$$= q^2 + (2pq)/2$$

$$= q^2 + pq$$

$$= q(p + q)$$

وبما أن  $(p + q) = 1$  فإن  $f(a) = q$

(4) استنتاج:

نلاحظ أن هناك استقراراً في تردد الحليلات وتردد الأنماط الوراثية مع توالي الأجيال، وهذا ما يعرف بتوازن Hardy-Weinberg. ففي 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  $(p+q)^2$ . ففي حالة مورثة ذات حليلين، بحيث  $p$  هو تردد الحليل  $A$  و  $q$  هو تردد الحليل  $a$ ، فإن تردد الأنماط الوراثية ستحسب كالتالي:

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

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

**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  $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)^2$ .

مثلا نظام الفصائل الدموية ABO عند الإنسان يحدد عن طريق ثلاثة حليلات هي A و B و O بترددات على التوالي p و q و r. اذن  $(p + q + r)^2 = p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr$

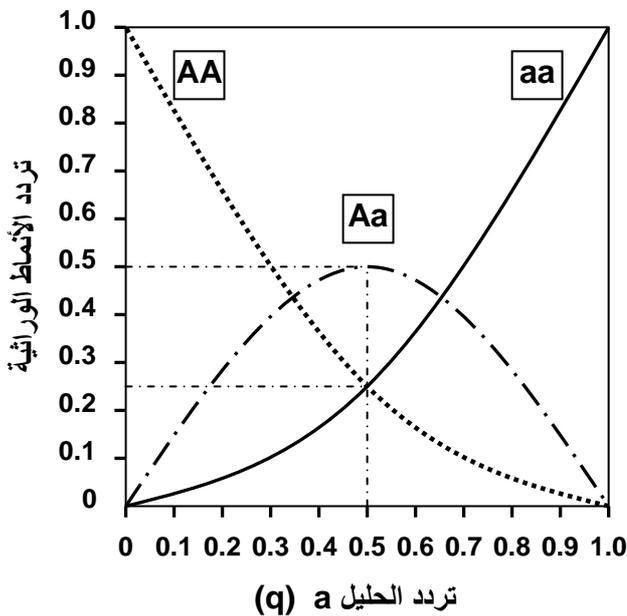
وهكذا فتردد الأنماط الوراثية هو  $f(AA) = p^2$  ،  $f(BB) = q^2$  ،  $f(OO) = r^2$  ،  $f(AB) = 2pq$  ،  $f(AO) = 2pr$  ،  $f(BO) = 2qr$

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

#### ★ سؤال :

تمثل منحنيات الوثيقة 1 لوحة 4 تردد مختلف الأنماط الوراثية بدلالة قيمة تردد الحليل a (q). حدد قيم تردد مختلف الأنماط الوراثية في حالة  $p = q = 0.5$ . ثم قارن هذه المعطيات مع النسب المانديلية في حالة تزاوج الهجناء مختلفي الاقتران.

#### اللوحة 4



الوثيقة 1: تردد الأنماط الوراثية بدلالة قيمة q حسب قانون H-W

بتطبيق المعادلات :

$$f(AA) = p^2 = (1 - q)^2$$

$$f(Aa) = 2pq = 2q(1 - q)$$

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

يمكن تمثيل منحنيات تردد مختلف الأنماط الوراثية بدلالة قيمة تردد الحليل a (q)، فنحصل على الشكل جانبه.

حدد قيم تردد مختلف الأنماط الوراثية في حالة  $p = q = 0.5$ . ثم قارن هذه المعطيات مع النسب المانديلية في حالة تزاوج الهجناء مختلفي الاقتران.

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

مقارنة :

#### ★ 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 بانجاز اختبار التطابقية  $\chi^2$  ، والذي يمكن تلخيصه في ثلاث مراحل هي:

• حساب  $\chi^2$  :

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

- نحدد قيمة تدعى درجة الحرية ( Degré de liberté (ddl) هي فارق عدد الأنماط الوراثية وعدد الحليلات المدروسة. **عدد الأنماط الوراثية - عدد الحليلات = ddl**
- نقارن قيمة  $\chi^2$  المحسوبة مع قيمة عتبة تقرأ على جدول خاص ( أنظر الوثيقة 2 لوحة 4 ) بدلالة معيارين:

- ← احتمال الخطأ  $\alpha$  ويتم اختياره من طرف المختبر وهو عادة 0.05 أي 5 %.
- ← درجة الحرية ddl.

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. و إذا 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.

اللوحة 4	الوثيقة 2: اختبار التوازن $\chi^2$ :									
$\alpha$	0,90	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001	ddl
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	

## ② تطبيق قانون Hardy – Weinberg على ساكنة نظرية مثالية: أنظر الوثيقة 3 لوحة 4

اللوحة 4	الوثيقة 3 : تطبيق قانون Hardy-Weinberg على ساكنة نظرية مثالية في حالة السيادة التامة.		
المظهر الخارجي	مظهر خارجي متتحي [ b ]	مظهر خارجي ساند [ R ]	داخل ساكنة نظرية تتألف من 500 نبتة زهرية، تم إحصاء عدد الأفراد بأزهار حمراء، وعدد الأفراد بأزهار بيضاء، فحصلنا على النتائج الممثلة على الجدول جانبه. للإشارة فالمورثة المسؤولة عن لون الأزهار محمولة على صبغي لا جنسي مع سيادة الحليل المسؤول عن اللون الأحمر ( R ) على الحليل المسؤول عن اللون الأبيض ( b )
النمط الوراثي	bb	RR	باعتبار هذه الساكنة في حالة توازن، وبتطبيق معادلة Hardy-Weinberg
عدد الأفراد	20	480	$p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$ <p>مع <math>p =</math> تردد الحليل R ،  <math>q =</math> تردد الحليل b و <math>p + q = 1</math> .</p>

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

(1) حساب الترددات عند الساكنة الأم :

★ تردد النمط الوراثي bb:

يسهل حساب تردد حاملي الصفة المتنحية، لأن عدد مظاهرها الخارجية يكون مساويا لعدد الأنماط الوراثية

$$f(bb) = f[b] = 20/500 = 0.04$$

★ 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  $(p + q)^2$  أي  $p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$

$$f(b) = q \text{ و } f(R) = p \text{ مع } f(RR) = p^2, f(Rb) = 2pq, f(bb) = q^2$$

نبدأ بقيمة q لأننا نعرف مسبقا قيمة  $q^2$  (  $f(bb) = f[b] = q^2 = 0.04$  )

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

$$q = 0.2$$

نحسب قيمة p : نعلم أن  $p + q = 1$  إذن  $p = 1 - q = 1 - 0.2 = 0.8$

$$p = 0.8$$

وهكذا فتردد الحليلين R و b هو :  $f(R) = 0.8$  ,  $f(b) = 0.2$

★ تردد النمط الوراثي RR:

بناء على قيم p و q يمكن حساب

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

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

★ العدد النظري للأنماط الوراثية RR و Rb:

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

$$\text{إذن عدد الأفراد الحاملين لـ RR هو } 320 = 0.64 \times 500 = f(RR) \times N$$

$$\text{وعدد الأفراد الحاملين لـ Rb هو } 160 = 0.32 \times 500 = f(Rb) \times N$$

$$\text{وعدد الأفراد الحاملين لـ bb هو } 20 = 0.04 \times 500 = f(bb) \times N$$

(2) حساب الترددات عند الساكنة البنت :

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

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 مماثلا للساكنة الأم ( ساكنة خاضعة لقانون H-W ).

♀ \ ♂	R p = 0.8	b q = 0.2
R p = 0.8	RR p <sup>2</sup> = 0.64	Rb Pq = 0.16
b q = 0.2	Rb Pq = 0.16	bb q <sup>2</sup> = 0.04

## 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 1 لوحة 5 )

### اللوحة 5

الوثيقة 1 : الفصيلة الدموية ريزوس عند الإنسان

يرمز للفصيلة الدموية ريزوس Rhésus (Rh) بواسطة الحليلين d و D. الحليل D سائد يعطي الفصيلة [ Rh<sup>+</sup> ]، والحليل d متنحي بحيث النمط الوراثي dd يعطي الفصيلة [ Rh<sup>-</sup> ].  
في سنة 1976 أظهرت دراسة خصت 400 فرد من منطقة الباسك بإسبانيا أن 230 منهم من الفصيلة [ Rh<sup>+</sup> ].  
بتطبيق قانون Hardy -Weinberg، أتمم الجدول التالي.

f(d) = ..... = ..... و f(dd) = ..... و f(d) = .....	الحليل d	تردد الحليلات
f(D) = ..... = .....	الحليل D	
f(DD) = ..... = .....	DD	تردد الأنماط الوراثية
f(Dd) = ..... = .....	Dd	
f(dd) = ..... = .....	dd	
نسبة [ Rh <sup>+</sup> ] الذين هم مختلفوا الاقتران : .....		

### الحل

f(d) = q و f(dd) = q <sup>2</sup> و f(d) = q	الحليل d	تردد الحليلات
f(D) = p = 1 - q = 0.35	الحليل D	
f(DD) = p <sup>2</sup> = (0.35) <sup>2</sup> = 0.122	DD	تردد الأنماط الوراثية
f(Dd) = 2pq = 2 x 0.65 x 0.35 = 0.455	Dd	
f(dd) = q <sup>2</sup> = (0.65) <sup>2</sup> = 0.423	dd	
(f(Dd)/(f(Dd) + f(DD)))x100 = 78.86		نسبة [ Rh <sup>+</sup> ] الذين هم مختلفوا الاقتران :

## الوثيقة 2 : انتقال مرض Mucoviscidose

عند ساكنة متوازنة، يصاب طفل من بين 3000 بمرض وراثي يدعى La mucoviscidose يسببه حليل متنحي m غير مرتبط بالجنس.

- (1) أعط النمط الوراثي أو الأنماط الوراثية الممكنة للأفراد العاديين. علل إجابتك. ( أستعمل الرمز  $m^+$  بالنسبة للتحليل السائد )
- (2) أحسب تردد الأفراد المصابين في هذه الساكنة.
- (3) أحسب تردد الأفراد مختلفي الاقتران في هذه الساكنة.

(1) النمطين الوراثيين الممكنين بالنسبة للأفراد العاديين هما  $m^+m^+$  و  $m^+m$ ، لأن الأفراد السائدين ينتمون لسلاطين: سلالة نقية متشابهة الاقتران وسلالة هجينة مختلفة الاقتران.

$$(2) \text{ تردد الأفراد المصابين في هذه الساكنة هو } f(mm) = \frac{1}{3000} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

لنعتبر q تردد الحليل m و p تردد الحليل  $m^+$ .  
نعلم أن  $p + q = 1$  وأن  $f(mm) = f(m) = q^2$   
لحسب ادن q: ( q تساوي جذر تردد الأفراد المصابين في الساكنة أي f(mm) )

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

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

(3) نعلم أن تردد الأفراد مختلفي الاقتران  $f(m^+m)$  هو  $2pq$ ، ومنه:

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

ب – حالة تساوي السيادة. ( أنظر الوثيقة 3 لوحة 5 )

## الوثيقة 3: النظام الدموي MN عند الإنسان

① عند الإنسان تخضع الفصيلة الدموية في النظام MN لتعبير حليلين متساويي السيادة M و N. أعطت دراسة أجريت على 6129 شخص بريطاني النتائج الإحصائية التالية: [ MN ] 3039 + [ M ] 1787 + [ N ] 1303.

- (1) أحسب تردد مختلف 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 ( تأكد من ذلك باستعمال اختبار التباينية  $\chi^2$  ).

② أجريت نفس الدراسة السابقة عند 730 فرد من السكان الأصليين لأستراليا، فأعطت هذه الدراسة النتائج التالية:

$$[ MN ] 216 + [ M ] 22 + [ N ] 492.$$

بتطبيقك نفس المراحل المعتمدة في الجزء ① من هذا التمرين، بين هل هذه الساكنة هي في حالة توازن ؟ .

(1) تردد مختلف الأنماط الوراثية في هذه الساكنة:

$$D = f(MM) = \frac{\text{عدد الأفراد MM}}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{1787}{6129} = 0.29 \Rightarrow f(MM) = 0.29$$

$$R = f(NN) = \frac{\text{عدد الأفراد NN}}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{1303}{6129} = 0.21 \Rightarrow f(NN) = 0.21$$

$$H = f(MN) = \frac{\text{عدد الأفراد MN}}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{3039}{6129} = 0.49 \Rightarrow f(MN) = 0.49$$

(2) تردد الحاملين M و N :

$$f(M) = D + \frac{H}{2} = 0.29 + \frac{0.49}{2} = 0.53 \Rightarrow f(M) = 0.53$$

$$f(N) = R + \frac{H}{2} = 0.21 + \frac{0.49}{2} = 0.45 \Rightarrow f(N) = 0.45$$

$$p + q = 0.53 + 0.45 = 1$$

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

- ★ تردد MM المنتظر يساوي  $p^2$  ويتمثل في  $(0.53)^2$  أي 0.28  $\Leftrightarrow f(MM) = 0.28$
- ★ تردد NN المنتظر يساوي  $q^2$  ويتمثل في  $(0.45)^2$  أي 0.20  $\Leftrightarrow f(NN) = 0.20$
- ★ تردد MN المنتظر يساوي  $2pq$  ويتمثل في  $(2 \times 0.53 \times 0.45)$  أي 0.47  $\Leftrightarrow f(MN) = 0.47$

(4) عدد الأنماط الوراثية النظري :

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

- ★ تردد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي MM هو  $1716 = 0.28 \times 6129 = p^2 \times N$
- ★ تردد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي MN هو  $2880.6 = 0.47 \times 6129 = 2pq \times N$
- ★ تردد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي NN هو  $1225.8 = 0.20 \times 6129 = q^2 \times N$

(5) اختبار التوازن :

★ حساب قيمة  $\chi^2$  :

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

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

$E_o$  = الأعداد الملاحظة و  $E_t$  والأعداد النظرية

$$\chi^2 = \frac{(1787 - 1716)^2}{1716} + \frac{(3039 - 2880.6)^2}{2880.6} + \frac{(1303 - 1225.8)^2}{1225.8}$$

$$= 2.93 + 8.71 + 4.86 = 16.5$$

★ حساب قيمة درجة الحرية ddl :

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

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

★ قيمة  $\chi^2$  العتبة المقروءة في جدول الوثيقة 2 لوحة 4 هي 3.84

$\chi^2$  العتبة المقروءة  $>$  العتبة المحسوبة  $\chi^2$  قيمة = 3.84 العتبة المقروءة  $\chi^2$  قيمة = 16.5 العتبة المحسوبة

نقول أن هذه الساكنة ليست متوازنة ولا تخضع لقانون Hardy - Weinberg

الشرط ② من التمرين ( تمرين منزلي ) :

1 - حساب ترددات التحليلات M و N :

★ بالنسبة للتحليل M :

$$p = (22 + 1/2 \times 216) / 730 = 0,178$$

★ بالنسبة للتحليل N :

$$q = 492 + 1/2 \times 216) / 730 = 0,822$$

2 - حساب الأعداد النظرية المنتظرة لمختلف الأنماط الوراثية:

$$MM = p^2 \times 730 = (0,178)^2 \times 730 = 23,1$$

$$MN = 2pq \times 730 = (2 \times 0,178 \times 0,822) \times 730 = 213,6$$

$$NN = q^2 \times 730 = (0,822)^2 \times 730 = 493,2$$

3 - اختبار  $\chi^2$

$$\chi^2 = (22-23,1)^2/23,1 + (216-213,6)^2/213,6 + (492-493,2)^2/493,2 = 0,083$$

بالرجوع إلى الجدول وبالنسبة لدرجة حرية  $\text{ddl}=3-2=1$  و احتمال خطأ 5 % نجد أن قيمة العتبة هي 3,84

نلاحظ أن القيمة المحسوبة لـ  $\chi^2$  اصغر بكثير من العتبة إذن ليس هناك فرق بين النتائج الملاحظة والنتائج النظرية، ونقول أن ساكنة السكان الأصليين لآستراليا تخضع لتوازن Hardy-Weinberg.

خلاصة :

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

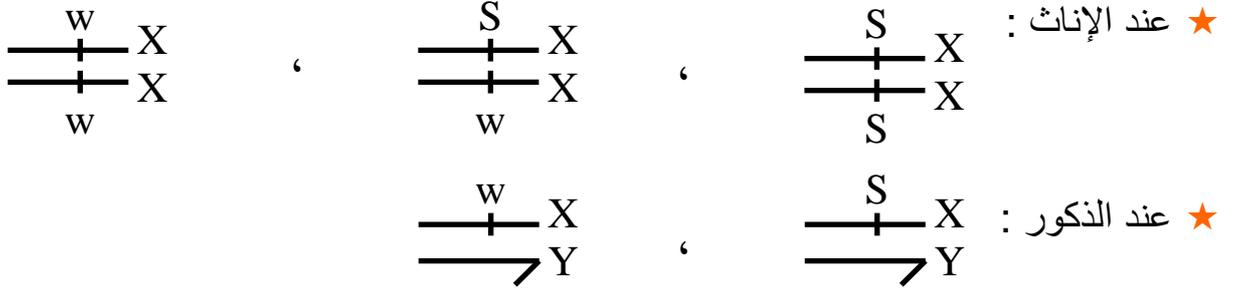
## ② حالة مورثات مرتبطة بالصبغيات الجنسية:

أ - مثال أول : عند ذبابة الخل. ( أنظر الوثيقة 4 لوحة 5 )

الوثيقة 4 : انتقال مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي X

- ترتبط صفة لون العيون عند ذبابة الخل بمورثة محمولة على الصبغي الجنسي X تتضمن حليلين: الحليل w متح مسؤول عن العيون البيضاء. والحليل S سائد مسؤول عن العيون الحمراء.
- نضع داخل قفص الساكنة ( قفص يمكن من تتبع تطور تردد الأنماط الوراثية وتردد الحليلات ) عددا متساويا من ذكور وإناث ذبابات الخل. نعتبر أن هذه الساكنة تتوالد وفق النظام البنمكتي Panmixie ( تزاوج بالصدفة )، وأنها في حالة توازن لا تعرف الطفرات ولا الانتقاء الطبيعي، وأنها كبيرة جدا لتطبيق قوانين الاحتمالات، وأن ترددات الحليلين S و w هي على التوالي p و q في الجيل الأول  $G_0$ .
- أعط الأنماط الوراثية الممكنة عند أفراد هذه الساكنة.
  - أحسب تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني  $G_1$ . ثم قارن نتائج تطبيق قانون Hardy – Weinberg عند كل من الذكور والإناث.
  - ماذا تستنتج من تطبيق قانون H – W في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.
  - يساعد تطبيق قانون Hardy – Weinberg على توقع انتشار بعض الأمراض عند الإنسان. وضح ذلك.

(1) الأنماط الوراثية الممكنة داخل هذه الساكنة :



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

- ★ تردد الحليلات عند الذكور وعند الإناث متساو ( الساكنة في حالة توازن )
- $$f(w) = q \quad , \quad f(S) = p \quad , \quad p + q = 1$$

★ شبكة التزاوج في هذه الساكنة :

	♂	$\frac{S}{+} X$	$\frac{w}{+} X$	$\rightarrow Y$
♀		$\frac{S}{+} X$	$\frac{w}{+} X$	$\rightarrow Y$
	♀	$\frac{S}{+} X$	$\frac{S}{w} X$	$\frac{S}{+} X$
	♂	$\frac{S}{+} X$	$\frac{S}{w} X$	$\frac{S}{+} X$
	♀	$\frac{w}{+} X$	$\frac{w}{w} X$	$\frac{w}{+} X$
	♂	$\frac{w}{+} X$	$\frac{w}{w} X$	$\frac{w}{+} X$
	♀	$\frac{S}{+} X$	$\frac{S}{w} X$	$\frac{S}{+} X$
	♂	$\frac{S}{+} X$	$\frac{S}{w} X$	$\frac{S}{+} X$
	♀	$\frac{w}{+} X$	$\frac{w}{w} X$	$\frac{w}{+} X$
	♂	$\frac{w}{+} X$	$\frac{w}{w} X$	$\frac{w}{+} X$

★ تردد الأنماط الوراثة عند الجيل الثاني  $G_1$  :

$$\begin{aligned} \text{عند الإناث: } f(X_wX_w) = q^2, \quad f(X_sX_w) = 2pq, \quad f(X_sX_s) = p^2 \\ \text{عند الذكور: } f(X_wY) = q, \quad f(X_sY) = p \end{aligned}$$

(3) عند الإناث تردد الأنماط الوراثة خاضع لقانون Hardy – Weinberg ، أما عند الذكور فان تردد الأنماط الوراثة يساوي تردد الحليلات.

(4) إذا كانت المورثة مرتبطة بالجنس، فتردد الأنماط الوراثة 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 متنح . أما عند الذكور فتردد الأنماط الوراثة 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		
	غير مصابة	مصابة	غير مصاب	مصاب	
$q > q^2$ الإناث أقل إصابة من الذكور	$p^2+2pq$	$q^2$	p	q	حالة حليل متنح
$p^2 + 2pq > p$ الإناث أكثر إصابة من الذكور	$q^2$	$p^2+2pq$	q	p	حالة حليل سائد

ب – تمرين تطبيقي. ( أنظر الوثيقة 1 لوحة 6 )

اللوحة 6

الوثيقة 1 : تمرين تطبيقي

الدلتونية عيب في إبطار الألوان، ويتعلق الأمر بشذوذ مرتبط بمورثة محمولة على الصبغي الجنسي X. ينتج هذا العيب عن حليل d متنحي. بينت 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؟

الهيموفيليا H 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 التنحي:  $f(X_d, X_d) = q^2 = (0.1)^2 = 0.01$

★ بالنسبة للذكور سيكون تردد المرض مساو 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 متنحي تكون نسبة احتمال ظهور المرض عند الذكور مرتفعة جدا بالمقارنة مع نسبتها عند الإناث.

## (2) نحسب نسبة ظهور المرض :

★ تردد المرض عند الإناث : بما أن الحليل المسؤول عن المرض سائد، ومحمول على الصبغي X فان الأُنثى ستكون مصابة في حالة تشابه الاقتران (  $X_HX_H$  ) و في حالة اختلاف الاقتران  $X_HX_n$  :

$$f(X_HX_n) = 2pq \quad \text{و} \quad f(X_HX_H) = p^2 \quad \text{ادن}$$

ومنه فان تردد المرض عند الإناث يساوي  $p^2 + 2pq$

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

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

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

$$f(X_HY) = p = 1 / 104 = 0.087 \quad \text{ادن}$$

أي بنسبة **8.70 %**

وهكذا فنسبة ظهور المرض عند الإناث هي **16.6 %**، ونسبة ظهور المرض عند الذكور هي **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 القطط. ( انظر الوثيقة 2 لوحة 6 )

#### اللوحة 6

#### الوثيقة 2 : انتقال صفة لون الفرو عند القطط

تتحكم في لون الفرو عند القطط مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي X. لهذه المورثة حليلين:

- حليل  $C_n$  يمكن من تركيب الميلانين، مما يعطي لونا أسودا للفرو.
  - حليل  $C_j$  يكبح تركيب الميلانين، مما يعطي لونا أصفرا للفرو.
- عند عينة من القطط حصلنا على النتائج المبينة على الجدول أمامه:

المظهر الخارجي للقطط			
فرو أسود	فرو مبقع بالأصفر والأسود	فرو أصفر	
300	0	50	ذكور
300	50	10	إناث

- (1) أعط النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي.
- (2) فسّر غياب المظهر الخارجي المبقع بالأصفر والأسود عند الذكور.
- (3) أحسب تردد الحليل  $C_n$  وتردد الحليل  $C_j$  عند هذه العينة.
- (4) هل تردد الحليل  $C_n$  متطابق عند الجنسين ؟ علل إجابتك.
- (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 أسود	فرو أسود	فرو مبقع	فرو أصفر	فرو أصفر	المظهر الخارجي
♂	♀	♀	♂	♀	
$\frac{C_n}{+} X$	$\frac{C_n}{+} X$	$\frac{C_n}{+} X$	$\frac{C_j}{+} X$	$\frac{C_j}{+} X$	النمط الوراثي
$\longrightarrow Y$					
$C_n$	$C_n$	$C_j$	$C_j$	$C_j$	

2) يرجع غياب المظهر الخارجي المبغى إلى كون هذا المظهر يتطلب وجود حليلان Cn و Cj، بينما الذكور لا يتوفرون إلا على صبغي X واحد، وبالتالي لا يمكن أن نجد الحليلان معا عند الذكور.

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

$$q = ((300 \times 2) + 50 + 300) / (360 \times 2) + 350 = 0.89$$

تردد الحليل (Cn) يساوي q :  
ومنه تردد الحليل (Cj) يساوي p :  $p = 1 - q = 1 - 0.89 = 0.11$

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

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

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

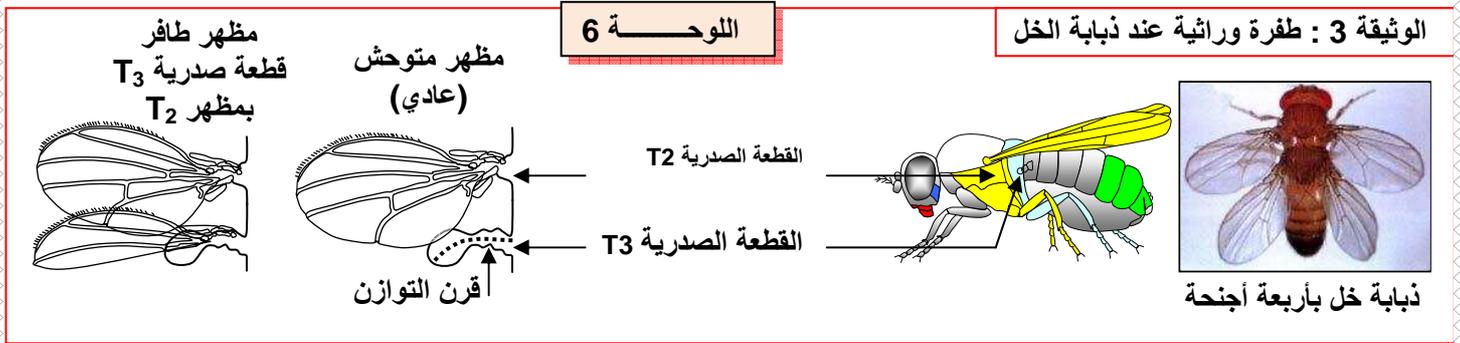
نعلم أن تردد الحليل Cn عند الإناث هو 0.9، بينما تردد نفس الحليل عند الذكور هو 0.86، ومنه فإن النسبة المطلوبة هي  $0.90 \times 0.86 \times 100 = 77.4\%$

## V - عوامل تغير الساكنة :

### ① الطفرات وتأثيراتها في المظهر الخارجي:

#### أ - أمثلة لبعض الطفرات.

★ يرتبط تشكل القطع الصدرية عند ذبابة الخل بتدخل آلاف (المورثات أنظر الوثيقة 3 لوحة 6).



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.

يتبين من هذه الأمثلة أن الطفرات هي مصدر للتغير الوراثي، فهي تمكن من ظهور حليلات جديدة تسمى بالحليلات الطافرة، تكون مسؤولة عن ظهور مظاهر خارجية جديدة داخل الساكنة.

## ب - تعريف الطفرة :

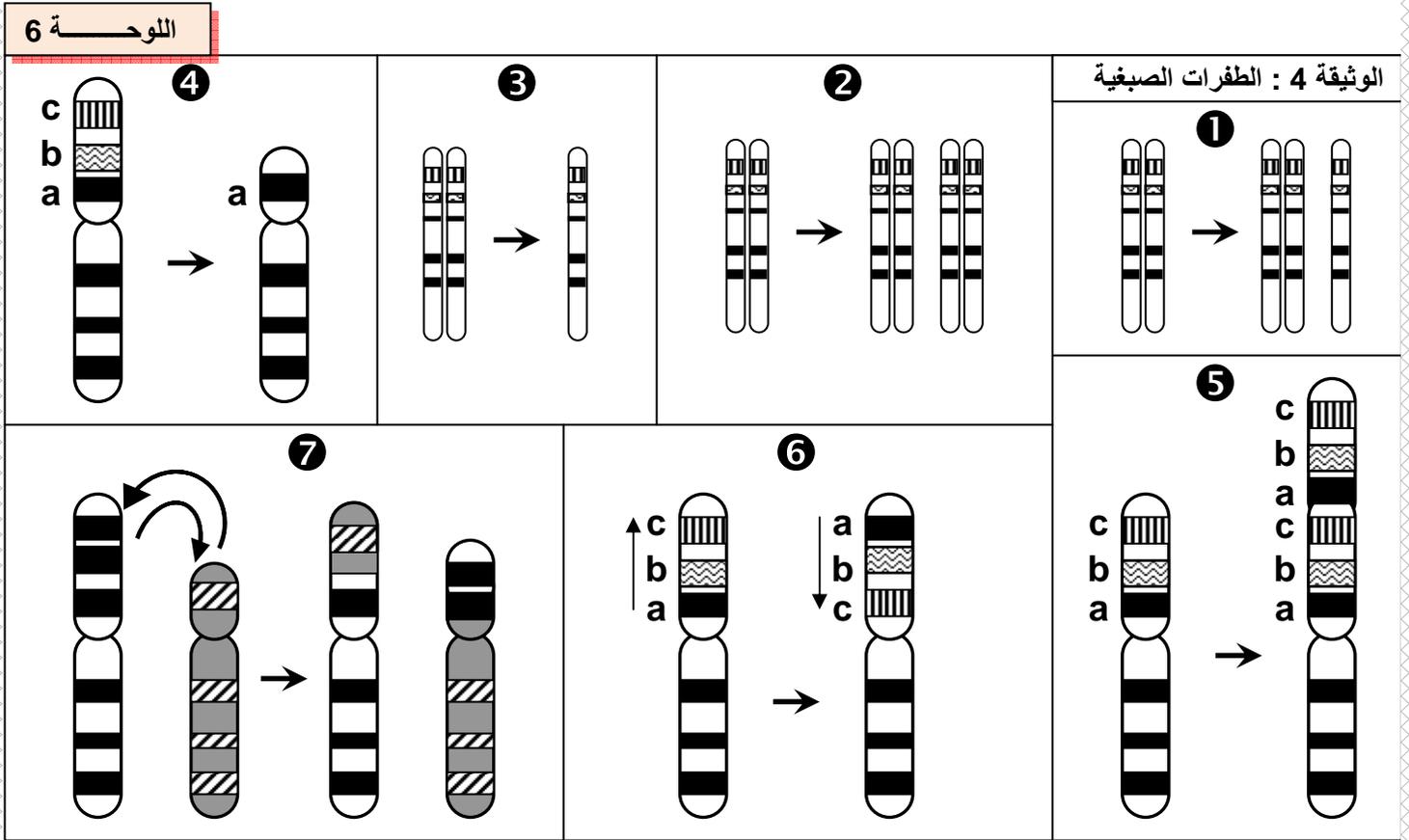
الطفرة هي تغير وراثي تلقائي يصيب المادة الوراثية على مستوى المتتالية النيكلوتيدية لجزيئة ADN، فتؤدي إلى تغير البرنامج الوراثي وبالتالي تغير البروتينات ثم تعدد الأشكال الخارجية لأفراد الساكنة.  
يمكن أن تصيب الطفرات مختلف خلايا الجسم، لكنها حينما تصيب الخلايا الوراثية، تنتقل الطفرة إلى الخلف، فتتكم عن طفرة وراثية ( Mutation génétique ).

## ج - أنواع الطفرات .

نجد نوعين من الطفرات الوراثية:

### a - الطفرات الصبغية :

هي تغيرات وراثية في بنية أو عدد الصبغيات، ويمكن أن تصيب قطعة من مورثة أو مورثة بكاملها أو عدة مورثات. تعرف على مختلف أنواع الطفرات الصبغية الممثلة على الوثيقة 4 لوحة 6.



### ★ تغير عدد الصبغيات :

1. إضافة صبغي Aneuploidie.

2. مضاعفة عدد الصبغيات Polyploidie.

3. ضياع صبغي Monoploidie.

### ★ تغير بنية الصبغي :

4. ضياع قطعة من الصبغي، عموما 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.

الوثيقة 1: الطفرات الموضوعية

ينتج الخضاب الدموي العادي (  $\beta$  - globuline ) عند الإنسان بواسطة الحليل HbA. غير أنه توجد مجموعة من الحليلات الطافرة المسببة لأمراض مرتبطة بفقر الدم عند الإنسان. تمثل المتتاليات النوكلبيوتيدية أسفله حليلات مختلفة ( السلسلة غير المنسوخة ) لمورثة  $\beta$  - globuline ومتتالية الأحماض الأمينية التي ترمز إليها.

- 1) قارن بين أنواع الطفرات التي تصيب مورثة  $\beta$  - globuline وفسر تأثيرها في بنية البروتين.
- 2) تعرف مختلف أصناف الطفرات الموضوعية من خلال ملأ الجدول أسفله بما يناسب.
- 3) أبرز أهمية الطفرات الموضوعية في تعدد الحليلات وتعدد المظاهر الخارجية.

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

CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	الحليل الطافر Hba <sub>1</sub>
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	البروتين HbA

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

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

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

- A

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

+ C

CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	CTC	TGC	CGT	TAC	TGC	CCT	GTG	GGG	CAA	GGT	الحليل الطافر Tha <sub>4</sub>
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Lru	Cys	Arg	Tyr	Cys	Pro	Val	Gly	Gln	Gly	البروتين 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 المتتالية الوراثية. ويؤدي إلى توقف تركيب البروتين، أو تركيب بروتين مخالف. فينتج عن ذلك أمراضا مختلفة.

2) ملأ الجدول :

اللوحة 7

صنف الطفرة	النتائج على مستوى البروتين	نوع التغير على مستوى الحليل	الحليل
طفرة صامتة <b>Silencieuse</b>	لا شيء	استبدال قاعدة بأخرى ( استبدال C بـ T )	Hba <sub>1</sub>
المعنى الخاطئ <b>Faux sens</b>	استبدال حمض أميني بآخر	استبدال القاعدة الأزوتية 14 : A بـ T	HbS
المعنى الخاطئ <b>Faux sens</b>	استبدال حمض أميني بآخر	استبدال القاعدة الأزوتية 13 : G بـ A	HbC
بدون معنى <b>Non sens</b>	توقف القراءة في موقع الاستبدال	استبدال القاعدة الأزوتية 41 : G بـ A	Tha <sub>2</sub>
ضياح <b>Frame - shift</b>	تغير طور القراءة : استبدال كافة الأحماض الأمينية بعد موقع الاستبدال	ضياح القاعدة الأزوتية 14 ( A )	Tha <sub>3</sub>
إضافة <b>Frame - shift</b>	تغير طور القراءة	إضافة القاعدة الأزوتية 22 ( C )	Tha <sub>4</sub>

3) الطفرة هي ظاهرة تمكن من ظهور حليلات 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. أنظر الوثيقة 1 لوحة 8.

اللوحة 8

ظهور الحليل بواسطة طفرة a

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

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

الوثيقة 1 : تأثير الطفرات في المحتوى الجيني للساكنة.

يعطي الجدول أسفله نسبة الطفرات المقاسة بالنسبة لمورثة معينة عند أربع متعضيات مختلفة. ماذا تلاحظ ؟

يعطي الرسم أمامه نموذج تفسيري لتأثير الطفرات على المحتوى الجيني للساكنة. أتم هذا الشكل ثم استنتج.

المتعضي	نسبة الطفرة في الجيل
حماة العائية	$2.5 \cdot 10^{-9}$
بكتيريا <b>Escherichia Coli</b>	$2 \cdot 10^{-8}$
الذرة	$2.9 \cdot 10^{-4}$
ذبابة الخل	$2.6 \cdot 10^{-5}$

★ نلاحظ أن نسبة الطفرات ضعيفة جدا، لأن تغير تردد الحليلات داخل الساكنة بواسطة الطفرات المتكررة يكون ضعيفا جدا خلال الفترة التي تتضمن أجيالا 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).

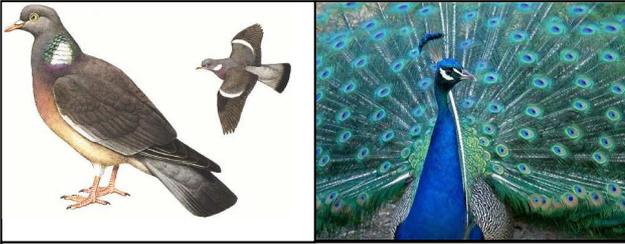
★ نستنتج أن الطفرة هي ظاهرة تمكن من ظهور حليلات جديدة، وتعد بذلك مصدرا للتغير الوراثي داخل الساكنة.

## ② الانتقاء الطبيعي La sélection naturelle

أ - مفهوم الانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 2 لوحة 8

اللوحة 8

الوثيقة 2 : بعض مظاهر الانتقاء الطبيعي استخرج من خلال شكلي هذه الوثيقة أبرز العوامل المتدخل في الانتقاء



ب - اختيار الشريك الجنسي يتم بناء على مجموعة من الخصائص التي ترتبط بالنمط الوراثي للفرد .  
( استعراض زاهي مميز للريش عند ذكر الطاووس )



أ - ليس لمختلف الكائنات المؤهلات نفسها على البقاء قيد الحياة

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 حميلة بيئية تقوم الحيوانات المفترسة باقتراس 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 : يتبين من المعطيات السابقة أن أقدر الأفراد على العيش وعلى التوالد 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 الحليلات عبر الأجيال بالانتقاء الطبيعي.

ب - دراسة مثال للانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 3 لوحة 8

اللوحة 8

الوثيقة 3 : 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 ترددا قرب المناطق الصناعية، بينما ظلت الفراشات ذات اللون الفاتح أكثر انتشارا في الأرياف.

في سنة 1955 قام الباحث Kettlewell بايسام مجموعة من فراشات الأرفية السوداء والبيضاء وأطلقها في منطقتين مختلفتين: منطقة برمنغام *Birmingham* التي تحتوي على أشجار ذات أغصان داكنة بفعل التلوث ( الميلانيزم الصناعي *Mélanisme industrielle* )، ومنطقة دوسيت *Doset* التي تحتوي على أشجار غير ملوثة. بعد ذلك عمل على اصطياها من جديد مع حساب نسب ترددها. يلخص الجدول أسفله نتائج هذه الدراسة :

(1) ماذا تلاحظ فيما يخص توزيع شكلي هذه الفراشة ؟

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

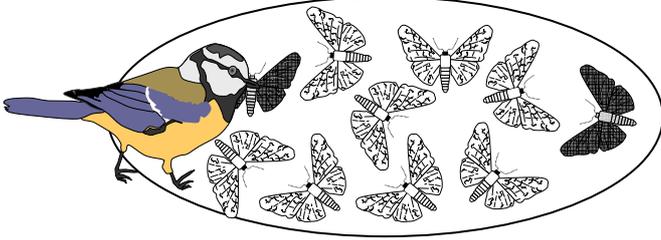
في برمنغام		في دوسيت		عدد الفراشات الموسومة والمحرة
فاتحة	داكنة	فاتحة	داكنة	
64	154	496	474	عدد الفراشات الموسومة المصطادة
16	82	62	30	نسبة الفراشات الموسومة المصطادة
%	%	%	%	
25	53.2	12.5	6.3	



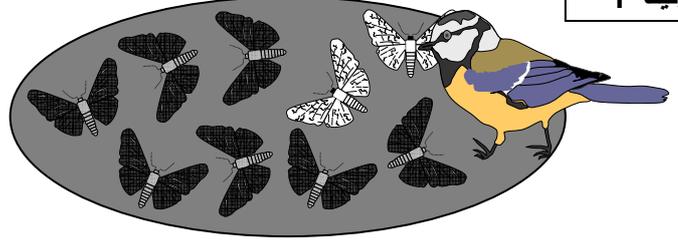
1) نلاحظ في منطقة دوسي غير الملوثة يكون تردد الفراشات الفاتحة أكبر من تردد الفراشات الداكنة. بينما في منطقة برمنغهام الصناعية يكون تردد الفراشات الداكنة أكبر من تردد الفراشات الفاتحة.

2) يفسر اختلاف تردد المظاهر الخارجية بين المنطقتين بتأثير الطيور المفترسة:  
أنظر الوثيقة 1 لوحة 9

### اللوحة 9



### الوثيقة 1



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

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

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

### ج - تأثير للانتقاء الطبيعي على تردد الحليلات. أنظر الوثيقة 2 لوحة 9

### اللوحة 9

الوثيقة 2 : تأثير الانتقاء على تردد الحليلات عند أرفية السندر

يتحكم في لون فراشة الأرفية حليلين : المظهر الخارجي الداكن

مرموز بواسطة الحليل السائد C. والمظهر الخارجي الفاتح مرموز بواسطة الحليل المتنحي c .

يعطي المبيان أسفله تردد حليلي أرفية السندر في المنطقة الصناعية لمانشستر Manchester خلال 100 سنة.

حلل المبيان واستنتج تأثير الانتقاء الطبيعي على تردد الحليلات في هذه الساكنة.



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

نستنتج من هذه الملاحظات أن ظاهرة الانتقاء الطبيعي تؤثر على تردد الحليلات مع توالي الأجيال، وبذلك تنتشر وتشيع بعض الحليلات فتعطي للأفراد الحاملة لها انتقاء تفاضلياً، في حين تنقلص أخرى وتقرض. وينتج عن كل هذا تغيير في البنية الوراثية للسكانة.

### د - القيمة الانتقائية. أنظر الوثيقة 3 لوحة 9

#### اللوحة 9

الوثيقة 3 : القيمة الانتقائية

- القيمة الانتقائية (*Valeur sélective*) تعبر عن قدرة فرد معين على نقل حليلاته إلى الجيل الموالي. ونميز بين:
  - القيمة الانتقائية المطلقة لنمط وراثي معين : هي عدد الأفراد الذين ينجبهم في المعدل كل فرد حامل لهذا النمط الوراثي، والقادرين على العيش وعلى نقل حليلاتهم إلى الجيل الموالي. ويمكن التعبير عنها بالصيغة التالية :

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

- القيمة الانتقائية النسبية: تعطي القيمة 1 للنمط الوراثي ذو أعلى قيمة انتقائية مطلقة. أما بالنسبة لأنماط الوراثية الأخرى، فتساوي القيمة الانتقائية المطلقة للنمط الوراثي المعني مقسومة على القيمة الانتقائية المطلقة للنمط الوراثي الأكثر ارتفاعاً.

في منطقة صناعية تم إحصاء عدد كل من الفراشات الفاتحة والقائمة في فترتين متباعدتين فجاءت النتائج على الشكل التالي :

عدد الفراشات المحصاة في بداية الدراسة	عدد الفراشات المحصاة في نهاية الدراسة	نسبة الفراشات القادرة على العيش والتوالد	القيمة الانتقائية المطلقة	القيمة الانتقائية النسبية
64	16			
154	82			

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

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

#### اللوحة 10

### هـ - أنواع الانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 1 لوحة 10.

الوثيقة 1: أنواع الانتقاء الطبيعي يمثل المنحنى المتواصل توزيع المظاهر داخل ساكنة، والمنحنى المتقطع توزيع الساكنة الأصلية

الوثيقة 1: أنواع الانتقاء الطبيعي	يمثل المنحنى المتواصل توزيع المظاهر داخل ساكنة، والمنحنى المتقطع توزيع الساكنة الأصلية
<p>انتقاء اتجاہي</p>	<p>انتقاء المثبت</p>
<p>انتقاء التباعدي</p>	<p>ساكنة أصلية</p>
<p>يمثل المنحنى توزيع الأنماط داخل الساكنة</p>	<p>يمثل المنحنى توزيع الأنماط داخل الساكنة</p>

تتوزع المظاهر الخارجية داخل الساكنة حسب نوع الانتقاء الطبيعي اتجاہي، أو مثبت أو تباعدي.

### ③ الانحراف الجيني :Dérive génétique

أ - مفهوم الانحراف الجيني. أنظر الوثيقة 2 لوحة 10.

اللوحة 10

الوثيقة 2 : مفهوم الانحراف الجيني قام Steinberg بدراسة ترتبط بتردد الفصائل الدموية عند ساكنة Les Huttérites، يتعلق الأمر بتجمع عقائدي « Secte »، هاجر من سويسرا إلى روسيا ومن ثم خلال سنة 1880 إلى أمريكا الشمالية حيث كون سلسلة من المستعمرات في Docota و Montana وفي أجزاء قريبة من كندا. يمثل الشكل أ من الوثيقة النتائج التي توصل إليها Steinberg

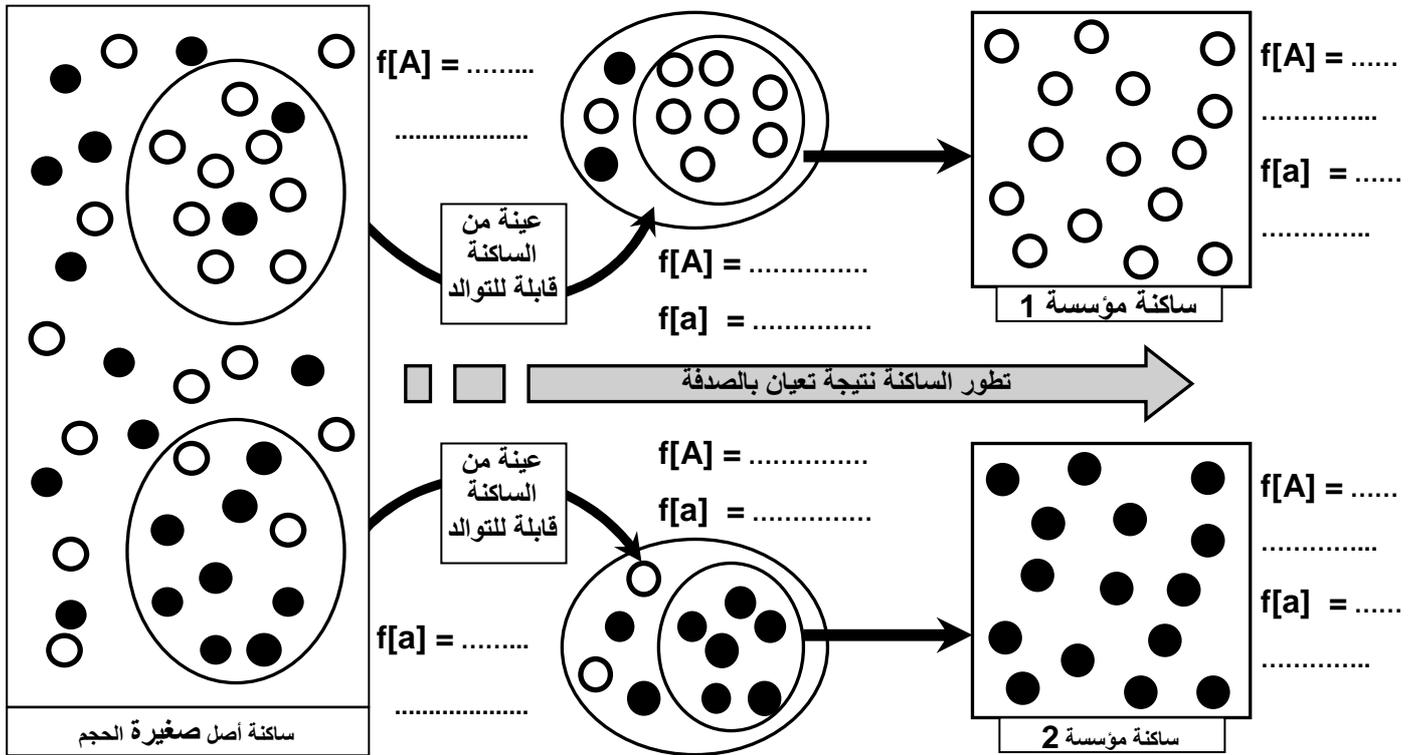
الشكل أ		
A	O	الفصيلة الدموية
45 %	تقارب 29 %	عند أفراد التجمع العقائدي
% - 30 % 40	تفوق 40 %	عند أغلب الساكنات الأوربية والأمريكية

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

(2) أحسب تردد مختلف المظاهر الخارجية في هذه الساكنات.

(3) علق على معطيات هذه الوثيقة موضحا فيما تتجلى ظاهرة الانحراف الجيني.

(4) على ضوء هذه المعطيات فسر أصل البنية الوراثية المسجلة عند ساكنة Les Huttérites . [a] = ○ [A] = ●



(1) هناك اختلاف واضح في نسبة الفصائلتين الدمويتين A و O بين أغلب الساكنات الأوربية 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 huttérites تختلف عن بنية الساكنات الأوربية والأمريكية (ليس لها نفس المحتوى الجيني).

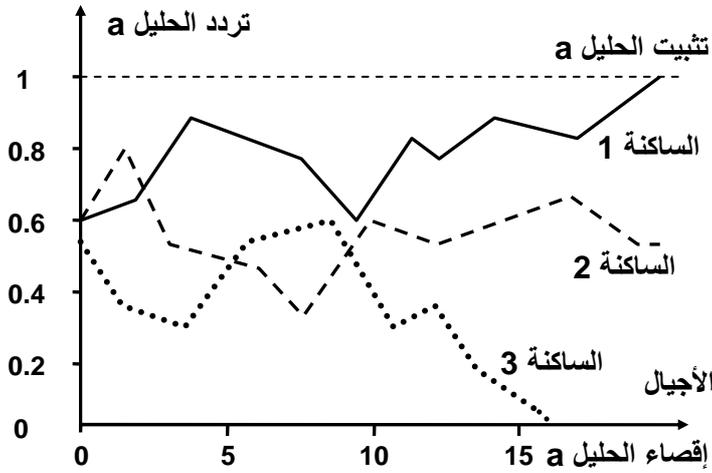
(2) أنظر الوثيقة.

(3) انبثقت الساكنة 1 عن هجرة مجموعة صغيرة من الساكنة الأصلية، ونظرا لتعيين عرضي (بالصدفة) Echantillonnage aléatoire تضمنت هذه المجموعة فردين فقط يحملان المظهر المتوحش مما سبب تغيرا في البنية الوراثية لهذه الساكنة مقارنة مع الساكنة الأصلية. صدفة وقع التزاوج بين أفراد تحمل الصفة الطافرة فحدث إقصاء المظهر المتوحش في الجيل الثاني مع تثبيت المظهر الممتحي.

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

ب - تأثير ظاهرة الانحراف في المحتوى الجيني. أنظر الوثيقة 1 لوحة 11.

اللوحة 11



الوثيقة 1 :

يعطي الرسم البياني أمامه، محاكاة باستخدام نظام المعلومات، لتقلب تردد الحليلات خلال عدة أجيال، عند ثلاث ساكنات صغيرة الحجم.

(1) ما هي الظاهرة التي يعبر عنها هذا المبيان ؟

(2) من خلال تحليل هذا المبيان، أبرز مظاهر هذه الظاهرة، وتأثيرها على البنية الوراثية للساكنة.

(3) من خلال معطيات المبيان، والمعلومات المقدمة في الوثيقة السابقة، أعط تعريفا لظاهرة الانحراف الجيني.

1) يتقلب تردد الحليل a في الساكنات الثلاث بشكل عشوائي بين 0 و 1 اللتان تمثلان القيمتين الحدين للتردد في كل جيل. وهكذا توجد وضعيتان حدان تتحققان عاجلا أو آجلا وهما:  
★ إقصاء الحليل a (q = 0): حالة الساكنة 3. ★ تثبيت الحليل a (q = 1): حالة الساكنة 1.

ج - خلاصة : مفهوم الانحراف الجيني.

يشير الانحراف الجيني إلى التقلبات العشوائية لتردد الحليلات 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 قادرين على التوالد، وعليه ستكون بعض الحليلات أكثر تمثيلية في الجيل الموالي.

④ الهجرة La migration :

أ - حالة الهجرة الأحادية الاتجاه Unidirectionnelle. أنظر الوثيقة 2 لوحة 11

اللوحة 11

الوثيقة 2 : الهجرة الأحادية الاتجاه

نظرا للتمييز العنصري الذي ظل سائدا في الولايات المتحدة الأمريكية فإن كل فرد ناتج عن زواج مختلط ( خلاسي Métis ) يعد منتما إلى الساكنة السوداء. وبهذا يتم نقل الحليلات في اتجاه واحد من البيض نحو السود. لتعرف تأثير هذه الهجرة في البنية الوراثية للساكنة السوداء، قام Gauss و Li سنة 1953 بدراسة تطور تردد الحليل Ro لنظام ريزوس ( Rhesus ) 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 الحليلين A و a عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة.

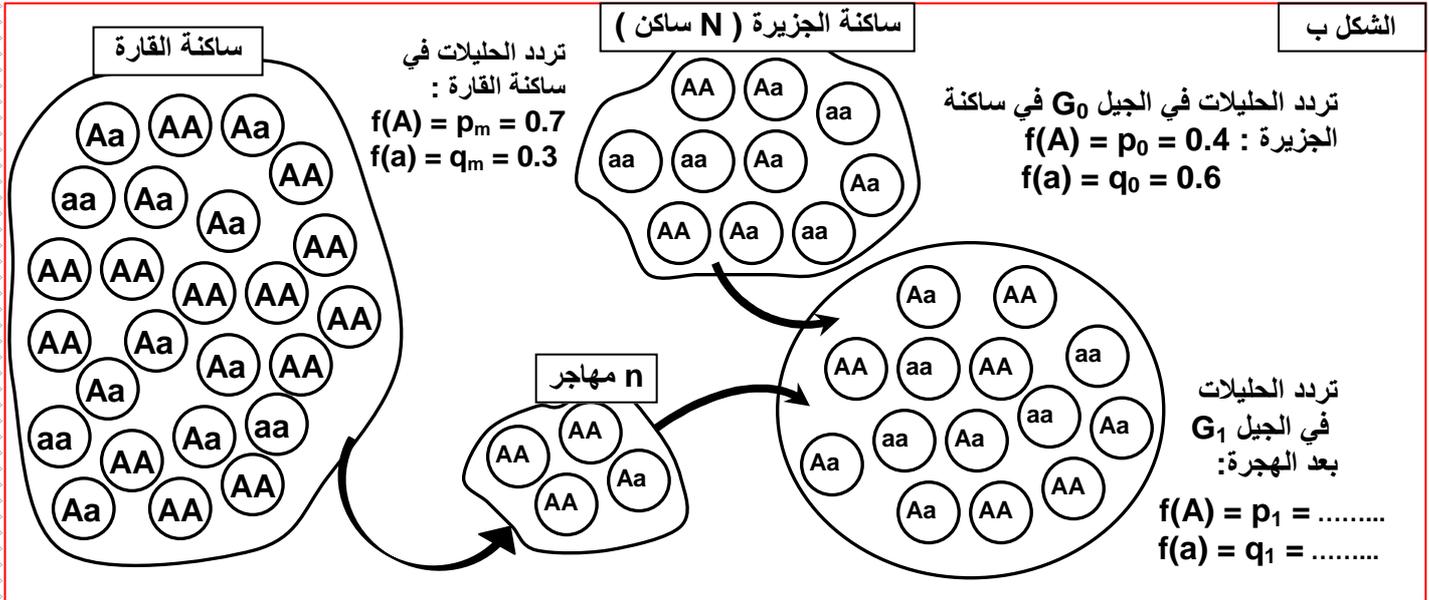
(3) علما أن البنية الوراثية لساكنة القارة تظل مستقرة، ماذا تستنتج فيما يخص البنية الوراثية لساكنة الجزيرة ؟

(4) كيف تفسر إذن أصل البنية الوراثية لساكنة سود أمريكا ؟

الشكل أ

الساكنات	تردد الحليل R <sub>0</sub>
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

التدفق الهجري  $m$  : هو نسبة المهاجرين الذين يتدفقون على الساكنة المستقبلية في كل جيل، ويحسب بتطبيق المعادلة التالية  
 $m = n / ( N + n )$   
 $N =$  عدد أفراد الساكنة المستقبلية،  $n =$  عدد المهاجرين.  
 تمكن النسبة  $m$  من حساب تردد حليل 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.



1) يلاحظ أن تردد الحليل  $R_0$  عند الساكنة السوداء لأمريكا منخفض بالمقارنة مع الساكنة الإفريقية أصل العبيد. وأن تردد هذا الحليل نادر عند الساكنة البيضاء لأمريكا وأن نسبته لم تختلف عند ساكنة أوروبا أصل بيض أمريكا.  
 نستنتج من هذا أن البنية الوراثية للساكنة السوداء لأمريكا قد تغيرت، بينما البنية الوراثية لساكنتها البيضاء لم تتغير.

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

★ حساب تردد الحليل A عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة هو  $f(A) = p_1$  :

$$f(A) = p_1 = (1 - m) p_0 + m p_m$$

$$= (1 - 0.28) \times 0.4 + (0.28 \times 0.7)$$

$$= 0.484$$

$f(A) = p_1 = 0.48$

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

$$f(a) = q_1 = (1 - m) q_0 + m q_m$$

$$= (1 - 0.28) \times 0.6 + (0.28 \times 0.3)$$

$$= 0.516$$

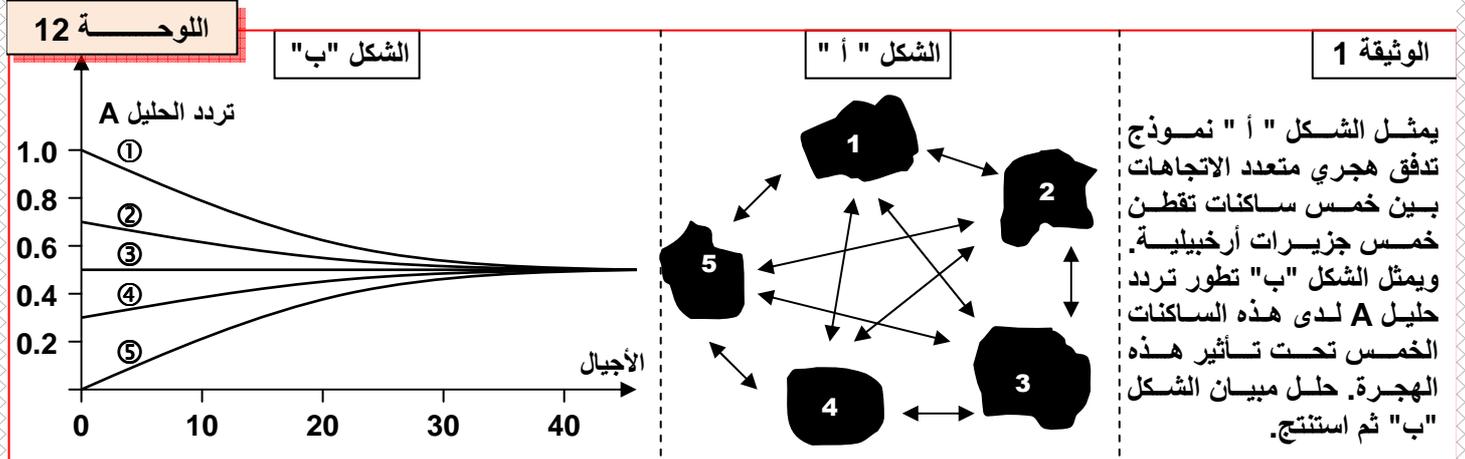
$f(a) = q_1 = 0.52$

$p_1 + q_1 = 1$

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

### ب - حالة الهجرة المتعددة الاتجاهات Multidirectionnelle. أنظر الوثيقة 1 لوحة 12.



في البداية كان تردد الحليل A جد مختلف بين هذه الساكنات، مثلا 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 تنقل الاختلافات الحاصلة في تردد الحليلات تدريجيا بين مختلف هذه الساكنات، فنحت 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 المنتمين لنفس النوع، فماذا نعني بالنوع، وما المعايير المميزة له ؟

#### أ - المعايير المميزة للنوع

a - المعيار المرفولوجي والسلوكي: Morphologiques , Comportemental

يتمثل المعيار المورفولوجي في تشابه الشكل، لكن إلى أي حد يمكن هذا المعيار من تمييز نوع عن آخر ؟

مثال 1 : ينتشر النمر حاليا 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 تنتمي لنفس النوع.

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

أنظر الوثيقة 2 لوحة 12.

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.



<i>Catharus minimus</i>	<i>Catharus ustulatus</i>	<i>Catharus guttatus</i>	<i>Catharus fuscescens</i>	الخصائص
غابات الصنوبر غير كاملة النمو	غابات المخروطيات	أشجار المخروطيات	أراض مشجرة ذات أدغال وأفرة	مسكن الزواج
على التربة	غالبًا على الأشجار	على التربة	على التربة وعلى الأشجار	أماكن الصيد
على الأشجار	على الأشجار	فوق التربة	فوق التربة	بناء العش
موجود	منعدم	منعدم	منعدم	غناء أثناء الطيران

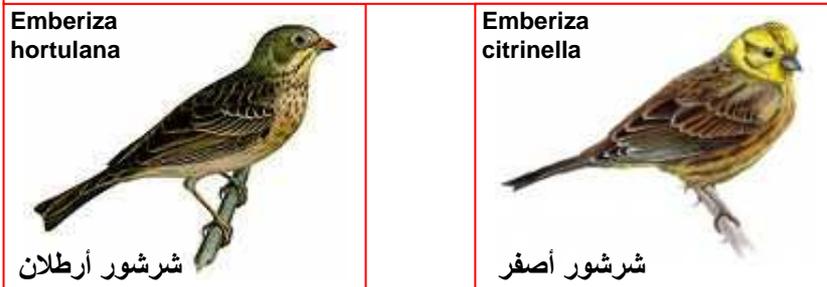
يتبين من هذه الأمثلة قصور المعيار المرفولوجي في تحديد النوع.

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

تتوفر أفراد نوع معين على خصائص تكيفية مميزة كالمحيا والسلوك الغذائي والدفاعي والجنسي، مما يساعد على الاندماج داخل عشيرة إحيائية.

### c - المعيار الفزيولوجي : Morphologique : أنظر الوثيقة 3 لوحة 12

يعطي الجدول التالي كمية طرح  $CO_2$  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 الشرشور.



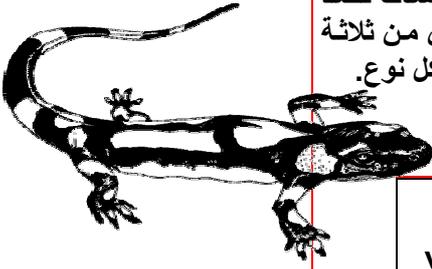
درجة حرارة الوسط ( °C )					كمية $CO_2$ المطروح	ب (mg/mg)/h
25	15	05	0	-5		
05	07	09	10.5	11	<i>Emberiza hortulana</i>	
4.5	06	07	07.5	08	<i>Emberiza citrinella</i>	

تتشابه طيور الشرشور مرفولوجيا لكنها تختلف من حيث كمية طرح  $CO_2$  حسب درجة حرارة الوسط، وهذا معيار فيزيولوجي يمكن من التمييز بين نوعي طائر الشرشور

اللوحة 12

الوثيقة 4 :

السمندل **Salamandre** حيوان برماني، أنجزت عليه مجموعة من الدراسات قصد التمييز بين أنواعه. تعطي الجدول أسفله نتائج التحليل الكروماتوغرافي لبروتينين مستخلصين من ثلاثة أنواع من السمندل. مكنت هذه الدراسة من تحديد عدد وتردد الحلقات الرامزة لكل بروتين عند كل نوع. تعبر القيم بين قوسين عن تردد الحلقات. 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	عدد a 7 الحلقات
(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	عدد b 7 الحلقات

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

**e - معيار الخصوبة : La fécondité**

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

**ب - تعريف النوع :**

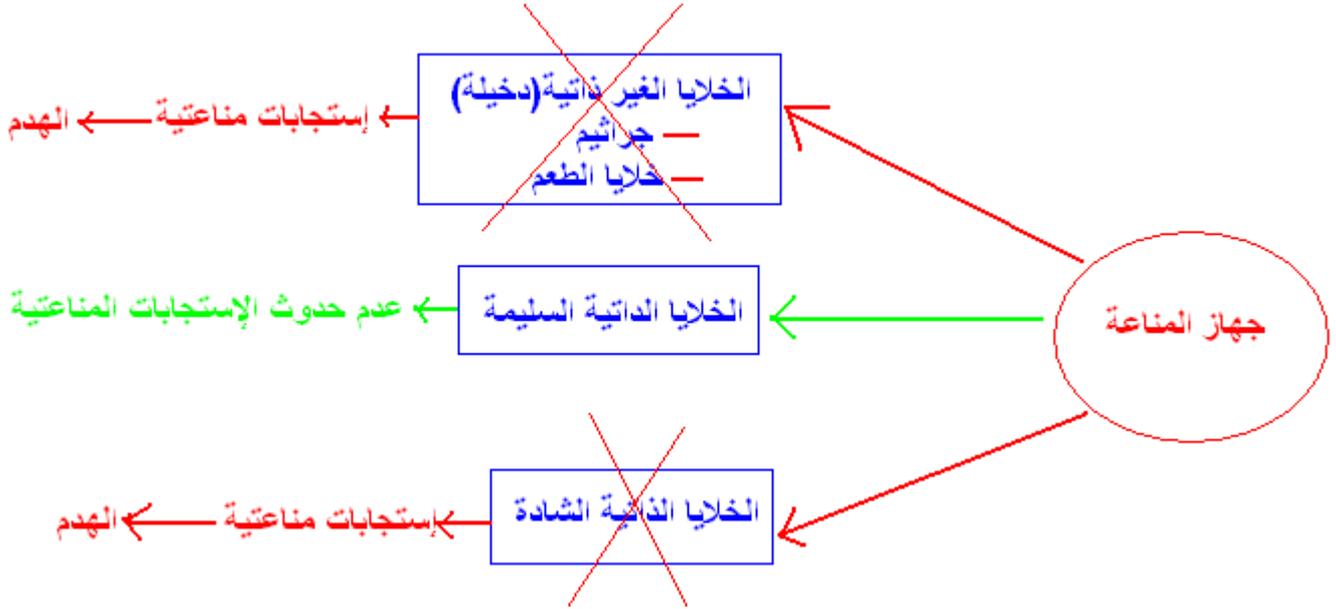
يتكون النوع من مجموع الساكنات الطبيعية التي تتزاوج فيما بينها زواجا حقيقيا، أو تكون قادرة على ذلك، والمعزولة جنسيا عن الساكنات الأخرى المشابهة لها. تجمع بين أفراد نفس النوع مجموعة من الخصائص المشتركة: مرفولوجية، شراحية، فزيولوجية، بيوكيميائية، ووراثية. ويعد الإخصاب المتبادل والخلف الخصيب الخاصيتين الأساسيتين المميزتين للنوع.

# الوحدة الخامسة

## علم المناعة

### مدخل عام:

يعيش الإنسان باستمرار في وسط مليء بعدة عناصر أجنبية ، وتشكل الجراثيم جزءا هاما من هذه العناصر. يؤدي دخول بعض العناصر الأجنبية إلى الجسم إلى ردود فعل تدعى استجابات مناعية . Les réponses immunitaires ، يقوم بها الجسم للدفاع عن تماميته . Son intégrité



انطلاقا من هنا يمكن طرح الإشكاليات التالية :

- (1) كيف يميز الجسم بين ما هو ذاتي وما هو غير ذاتي ؟ ( Le soi et le non soi )
- (2) ما هي استجابة الجسم اتجاه ما هو غير ذاتي ؟
- (3) ما هو نوع التواصل الذي يربط بين مختلف العناصر المتدخلة في الاستجابات المناعية ؟
- (4) إلى أي حد تمكن معرفة آليات الاستجابة المناعية من تفسير الاضطرابات المناعية قصد التفكير في تعويض الجهاز المناعي المخرب.

## الفصل الأول

# تعرف الجسم ما هو ذاتي وما هو غير ذاتي

**مقدمة:** يقوم الجسم بردود أفعال طبيعية دفاعية ضد الأجسام الغريبة فكيف يتعرف الجسم على هذه العناصر الغريبة أو الغير الذاتية و يميزها عن ما هو ذاتي ؟

### 1 - الكشف التجريبي عن التلاؤم بين الأنسجة:

#### ① تجارب وملاحظات:

أ - تطعيم الجلد عند الإنسان: أنظر الوثيقة 1 الوثيقة 2 لوحة 1

اللوحة 1

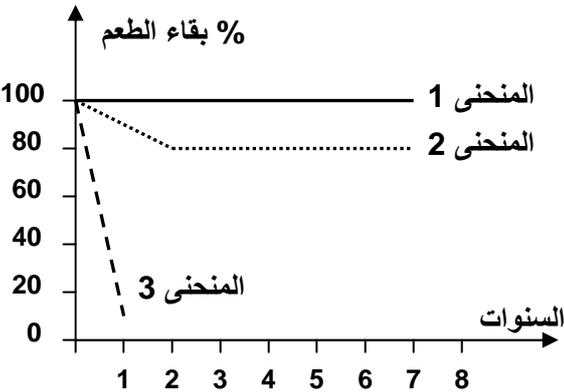


الوثيقة 1 : تطعيم الجلد عند الإنسان

بينت الملاحظات السريرية عند الإنسان أنه في حالة تطعيم جلدي بين معط A وملتق B، تنمو بداخل الطعم عروق دموية بشكل جيد وتتكاثر خلاياه بكيفية عادية ( الشكل 1 )، إلا أنه يدمر بعد 12 يوما ( رفض الطعم ) ( الشكل 2 ).  
حلل هذه المعطيات ثم اقترح تفسيراً لرد فعل الجسم اتجاه الطعم.

• يتبين من الوثيقة 1 لوحة 1 أن الطعم يرفض بعد 12 يوما، هذا يعني أن الجسم يتعرف على جلد لا ينتمي لنفس الجسم، فيعتبره عنصراً غير ذاتياً.

اللوحة 1



الوثيقة 2 : تطور نسبة بقاء الطعم في حالات مختلفة:

في حادثة بأحد المطاعم المدرسية أصيب ثلاث أطفال بحروق جلدية عميقة ولمعالجة هذه الإصابات أنجزت العمليات الجراحية التالية:  
- بالنسبة للطفل الأول تم تطعيمه بجلد أخيه التوأم ( المنحى 1 ) .  
- بالنسبة للطفل الثاني تم تطعيمه بجلد أحد أبويه ( المنحى 2 ) .  
- بالنسبة للطفل الثالث تم تطعيمه بجلد شخص متبرع لا تربطه بالطفل أي قرابة دموية.

- 1) ما قد يكون العامل المحدد في قبول أو رفض الطعم ؟
- 2) ماذا تستنتج من هذه الملاحظات ؟

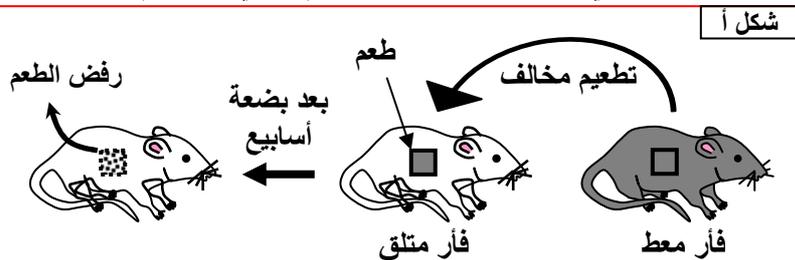
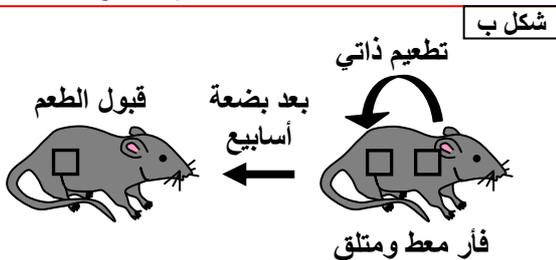
• يتبين من الوثيقة 2 لوحة 1 أن نسبة قبول الطعم (Greffon) تصل إلى 100 % عندما تكون هناك قرابة دموية قوية بين المعطي والمتلقي، بينما تنخفض هذه النسبة إلى أن تنعدم في حالة غياب القرابة بين المعطي والمتلقي.

توحي هذه النتائج بوجود فصائل نسيجية groupes tissulaires على غرار الفصائل الدموية، أي وجود هي التي تحدد مدى تلاؤم الأنسجة عند التطعيم، أي هي المحددة للذاتي .

اللوحة 1

ب - تجارب التطعيم عند الفأر: أنظر الوثيقة 3 لوحة 1.

الوثيقة 3 : تعطي هذه الوثيقة تجارب التطعيم الذاتي والتطعيم المخالف عند الفئران. أول هذه المعطيات التجريبية ، ثم استنتج.

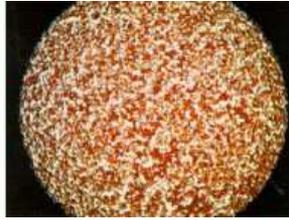


تبين تجربة التطعيم عند الفأر أنه إذا كان المعطي والمتلقي هو نفس الجسم يتم قبول الطعم، لكن إذا كان المعطي والمتلقي ينتميان لسلاطين مختلفتين، فإنه يتم رفض الطعم. وتسمى هذه الاستجابة (استجابة الرفض) الاستجابة المناعية *réponse immunitaire*. نستنتج أن قبول أو رفض الطعم يتعلق بطبيعة المادة الوراثية للمعطي والمتلقي.

### ج - التلاؤم بين الفصائل الدموية: أنظر الوثيقة 4 لوحة 1.

الوثيقة 4 : الكشف عن التلاؤم بين الفصائل الدموية

في سنة 1873 بين الباحثان Muller و Landois أن خلط دم الإنسان بدم حيوان يؤدي إلى تكون تكدسات تظهر بالعين المجردة أطلق عليها اسم اللكد أنظر الصور أمامه.  
وفي سنة 1901 أخذ Landsteiner عينات من دم موظفي مختبره، ثم عزل المصل عن الكريات الدموية الحمراء بالنسبة لكل عينة، وعند خلط كل مصل على حدة بالكريات الحمراء المعزولة من دم كل موظف لاحظ حدوث اللكد في بعض الحالات فقط.  
انطلاقاً من هذه المعطيات استخرج الشروط اللازمة أثناء تحاقن الدم، والمشاكل المطروحة اثر عدم احترامها.



خلط دميين متلائمين  
عدم حدوث اللكد

خلط دميين غير متلائمين  
حدوث اللكد

يتبين من معطيات هذه الوثيقة أن تحاقن الدم يستلزم وجود تلاؤم بين فصيلة المعطي والمتلقي. وفي حالة غياب التلاؤم يحدث لكذ على مستوى دم المتلقي، الشيء الذي يعرض حياة هذا الأخير للخطر.

### ② استنتاجات:

يتبين مما سبق أن مصدر الاختلاف بين الأنسجة وراثي على اعتبار أن احتمال التلاؤم النسيجي بين المعطي والمتلقي يكون كبير كلما كانت قرابة دموية قوية بينهما، فتقارب المحتوى الحليلي بالنسبة لبعض المورثات يكون كبيراً عند أفراد نفس العائلة .

و بما أن دور المورثات في حياة الخلية يتجلى في تحديد نوع البروتينات المنتجة من طرف الخلية، يمكن القول أن رفض الطعم واعتباره غير ذاتي له علاقة بطبيعة البروتينات البنيوية لخلايا الطعم

يتحدد الإنتماء النسيجي إذن من خلال نوع من الجزيئات البروتينية الموجودة فوق سطح الخلايا (كليكوبروتينات) تتعدت هذه الجزيئات بالمركب الرئيسي للتلاؤم النسيجي أو **CMH (HLA)** .

### II - تعرف الواسمات الرئيسية والثانوية:

#### ① الواسمات الرئيسية:

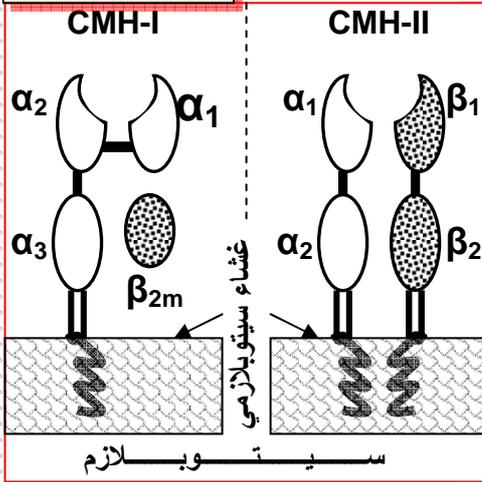
#### a - المحددات الجزيئية للذاتي: أنظر الوثيقة 5 لوحة 1.

الوثيقة 5 : الطبيعة الجزيئية للمركب الرئيسي للتلاؤم النسيجي :

أدت الأبحاث حول وجود الفصائل النسيجية إلى اكتشاف بعض الجزيئات ( بروتينات ) على غشاء جميع الخلايا المنواة باستثناء الكريات الحمراء. وتحدد هذه البروتينات الفصائل النسيجية. سميت أولاً ب **HLA (Human Leucocyte Antigen)**، ثم أطلق عليها بعد ذلك مصطلح المركب الرئيسي للتلاؤم النسيجي **CMH (Complexe Majeur d'histocompatibilité)**. وهي كليكوبروتينات توجد في صنفين: الصنف I: **(CMH-I)** يوجد على سطح جميع خلايا الجسم المنواة. والصنف II **(CMH-II)** يوجد أساساً على سطح بعض خلايا الجهاز المناعي. ( أنظر الوثيقة 1 لوحة 2 )  
بعد إعطاء عناصر هذه الوثيقة، قارن بين جزيئات **CMH-I** و **CMH-II** واربط العلاقة بينهما وبين رفض الطعم.

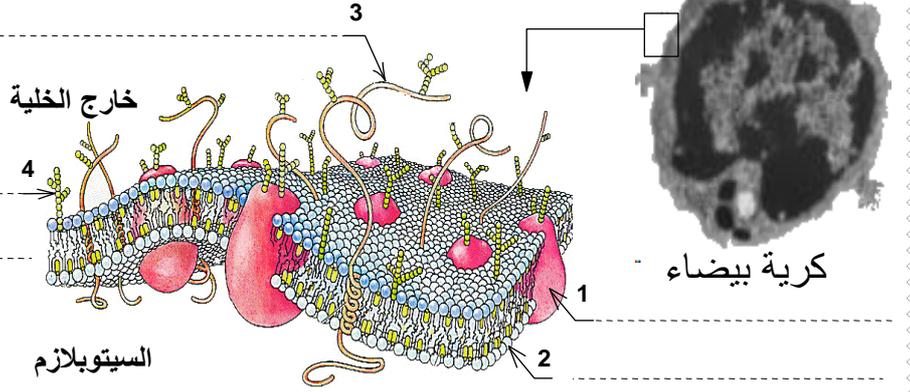
واسمات الذاتي هي عبارة عن بروتينات سطحية توجد على غشاء جميع الخلايا المنواة. وتحدد هذه البروتينات الفصائل النسيجية، لدى نطلق عليها مصطلح المركب الرئيسي للتلاؤم النسيجي **CMH (Complexe majeur d'histocompatibilité)** .

اللوحة 2



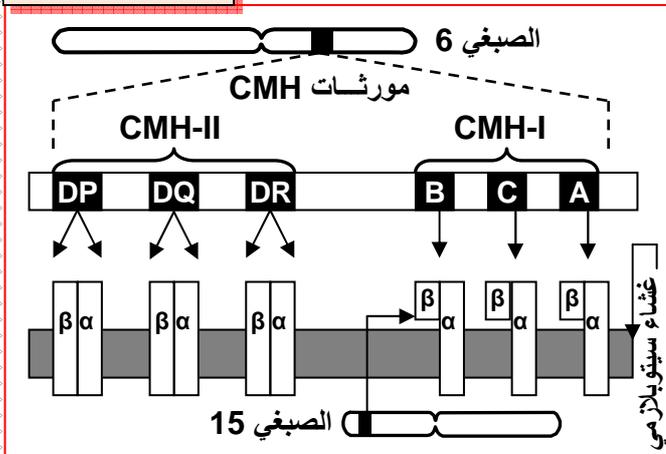
أنموذج البنية الجزيئية للغشاء السيتوبلازمي

الوثيقة 1 : الواسمات الرئيسية للذاتي.



b - الأصل الوراثي لمركب CMH: أنظر الوثيقة 2 لوحة 2.

اللوحة 2



الوثيقة 2:

تتحكم في تركيب بروتينات CMH عند الإنسان أربع مورثات محمولة على الصبغي 6. ويشار لها بالحروف: A, B, C, D. ولهذه المورثات ثلاث خصائص أساسية:

- توجد على شكل عدة حليلات:
- هذه الحليلات متساوية السيادة.
- المورثات مرتبطة. (أنظر الرسم التفسيري أمامه)

يتحكم في تركيب CMH-I المورثات A و B و C.

يتحكم في تركيب CMH-II المورثات DP و DQ و DR.

انطلاقاً من هذه المعطيات فسر أصل التنوع الكبير في جزيئات CMH بين الأفراد.

تحتل مورثات CMH قطعة واسعة من الذراع القصير للصبغي رقم 6 عند الإنسان. ونميز بين صنفين من مورثات CMH:

الصنف I : يتكون من ثلاث مورثات يشار إليها بالحروف A, B, C.

الصنف II : يضم ثلاث مورثات يرمز لها ب DP, DQ, DR.

إن كل شخص يحمل تركيباً من الحليلات مكونة من 8 حليلات تكاد تكون فريدة من نوعها. و يرمز لها على الشكل التالي:

$$A_x B_y C_t D_z$$

$$A_x B_y C_t D_z$$

كل شخص يتلقى نصف الحليلات من الأم، والنصف الآخر من الأب، ونظراً لتعدد الحليلات التي تقابل كل مورثة فإن عدد التوليفات الوراثية أي الأنماط الوراثية الممكنة يصل إلى عدة ملايين. فلا يكاد يوجد على المستوى العالمي، أي فرصة لشخصين كي يحملان نفس CMH باستثناء التوأمين الحقيقيين (أو المنحدرين من عملية الاستنساخ).

نستنتج من هذا أن جزيئات CMH تكون خاصة بكل فرد، لذلك تسمى بالواسمات الرئيسية.

## ② الواسمات الثانوية: أنظر الوثيقة 3 لوحة 2.

### اللوحة 2

الوثيقة 3 : الواسمات الثانوية للذاتي.

مصل اختبار مضاد B	مصل اختبار مضاد A	مصل اختبار مضاد AB	الفصيلة	مولد اللكد	لكدين ) مضادات ( أجسام	تحمل أغشية الكريات الحمراء جزيئات كليكوبروتينية، تختلف فيما بينها على مستوى الجزء النهائي للسلسلات السكرية. ويمثل هذا الجزء الواسم النوعي للفصيلة الدموية. وتؤدي الكليكوبروتينات التي تحمل الواسمات A أو B إلى التلكد، وتسمى مولدات المضاد. يعطي الجدول أمامه طريقة تحديد الفصائل الدموية ABO عند الإنسان باستعمال أمصال الاختبار.
			A		مضاد B 	انطلاقاً من معطيات الوثيقة أستخرج خاصيات واسمات الكريات الحمراء وأهميتها كواسمات ثانوية للذاتي
			O		مضاد A ومضاد B 	
			B		مضاد A 	
			AB		لاشيء	

يخضع تحديد الفصائل النسيجية لأنظمة أخرى ثانوية كحالة نظام الفصائل الدموية ABO .

النظام ABO : مرتبط بمورثة تتميز ب 3 حليلات وهي :

- الحليل A : يرمز إلى مولد مضاد غشائي (يميز غشاء الكريات الحمراء من الفصيلة A) .
- الحليل B : يرمز إلى مولد مضاد غشائي ( يميز غشاء الكريات الحمراء من الفصيلة B ) .
- الحليل O : لا يركب أي مولد مضاد ( الفصيلة O ) .

يتضح إذن أن مولدات المضاد A و B فقط تكون مصدر التلكد ( الرفض ) الملاحظ أثناء التحاقنات الدموية. وهي جزيئات تدعى واسمات غشائية، مسؤولة عن تحديد الفصائل الدموية. نلاحظ أن النظام ABO ينتج عن مورثة واحدة بعدد محدود من الحليلات عكس جزيئات CMH مما يفسر قلة عدد الفصائل الدموية، كما يمكنها أن تكون مشتركة بين مجموعة من الأفراد، لذلك نسميها واسمات ثانوية للذاتي.

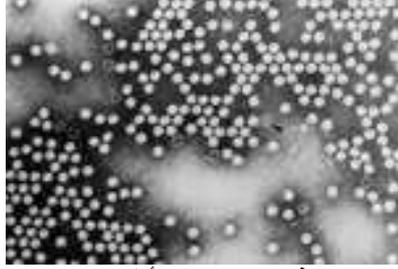
### III - دور CMH في تمييز الذاتي:

① مفهوم الذاتي وغير الذاتي : أنظر الوثيقة 1 لوحة 3.

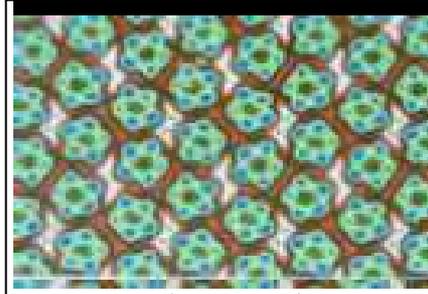
#### الذاتي

هو مجموع الخاصيات الجزيئية للفرد الناتجة عن تعبير جينومه. وبالتالي فمجموع خلايا الجسم تكون الذاتي.

**C** Virus de la poliomyélite



فيروس شلل الأطفال



**B** سمين تفرزه بعض البكتيريا ويسبب تسمم الدم

**A** عصيات كوخ المسببة لداء السل



**F** "...نعتقد أن الاستجابة المناعية تقوم بدور مراقبة مناعية ضد السرطان... قد تتعرض أجسامنا باستمرار لعناصر مسببة للسرطان. إلا أن هذا المرض لا يحدث إلا نادرا فهناك رفض مطلق للخلايا التي أصيبت بالسرطان..."  
B.R. Bloom نقلا عن مجلة La recherche بتصرف

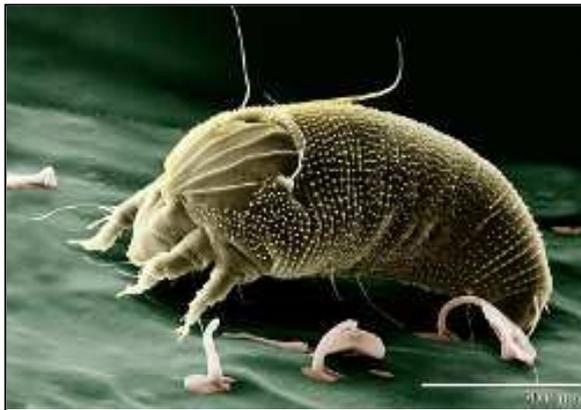
**E** Trypanosome



حيوان أولي مسبب لحمى المستنقعات



**D** فطر مجهري يسبب فطار تناسلي Candidas albicans



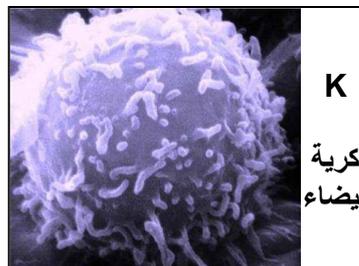
**H** القرادية المكونة لغبار المنازل



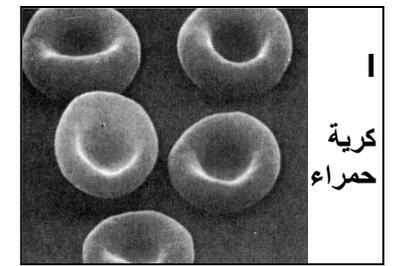
**G** القرادية المسببة للجرب Sarcoptes scabiei



**M** خلايا الطعم عند زرع الجلد أو الأعضاء



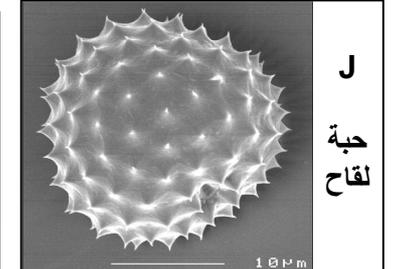
**K** كرية بيضاء



**I** كرية حمراء



**L** خلية عصبية



**J** حبة لقاح

## غير الذاتي

هو مجموع العناصر التي إذا دخلت الجسم تؤدي إلى رد فعل مناعي. ويمكن أن يكون غير الذاتي خارجيا ممرضاً كحالة:

★ البكتيريات: **Bactéries** وتتميز قدرتها الممرضة بتأثيرين مهيمن:

- قدرتها المرتفعة على التوالد و التكاثر.
  - إنتاج سميات **Toxines** و هي سموم قوية تنتشر في الجسم و تؤدي إلى هلاكه.
- مثال : بكتيريا الكزاز.....

★ الحماة **Virus**: و هم طفيليات خلوية حيث أنها غير قادرة على التكاثر خارج الخلايا العائلة **Cellules Hôtes** مثال : حمة الزكام المسببة لمرض الزكام .  
حمة **VHC** المسببة لمرض التهاب الكبد .

★ الفطريات المجهرية **Champignons microscopiques** و تنطفل في الغالب على الجلد أو المخاطات مسببة في فطار **Mycoses** على المناطق المصابة .

★ الحيوانات الأولية **Protozoaires** و هي متعضيات مجهرية وحيدة الخلية تنطفل إما على الوسط الداخلي مسببة أمراض مثل الملاريا **Paludisme** أو البلهارسيا **Bilharziose** أو تنطفل على الجلد مثل الأميبة **amibe**. أو خارجا غير ممرض، كحالة حبوب اللقاح، الكريات الحمراء الدموية، خلايا الطعم، ... الخ

## الذاتي المغير

هي عناصر ذاتية خضعت لتغير فاعتبرت كغير ذاتية. كحالة الخلايا السرطانية.

### ② دور جزيئات **CMH** : أنظر الوثيقة 1 لوحة 4.

في جميع الخلايا تجزئ أنزيمات خاصة عينة من البروتينات الموجودة في السيتوبلازم إلى بيبتيديات، يرتبط كل بيبتيدي بجزيئة **CMH** و يهاجر المركب بيبتيدي - **CMH** إلى سطح الخلية ، وهكذا تعرض الخلايا باستمرار محتواها البيبتيدي مما يمكن من حراسة مناعية :

★ إذا كانت البيبتيديات المعروضة منحدره من بروتينات عادية للخلية فانه لا يحدث ارتباط بين الخلية و الخلايا المناعية و بالتالي غياب الاستجابة المناعية.

★ إذا كانت البيبتيديات المعروضة منحدره من بروتينات غير عادية للخلية (بروتين شاذ لخلية سرطانية أو بروتين فيروسي) فانه يحدث ارتباط بين الخلية و الخلايا المناعية و بالتالي تحدث الاستجابة المناعية.

لا تقتصر إذن وظيفة **CMH** على رفض التطعيم أو قبوله فحسب، بل يعمل على عرض مولدات المضاد على سطح الخلايا. وهكذا فنوعية عديد البيبتيدي المعروض بواسطة (**CMH**) هي التي تثير الاستجابة المناعية ضد الخلية العارضة أو عدمها، لدى يسمى هذا الجزء من مولد المضاد بالمحدد المستضادي، والذي يتميز ببنية ثلاثية الأبعاد تتعرف على الكرية للمفاوية ومضادات الأجسام.

الوثيقة 1 : خطاطة تركيبية توضح دور جزينات CMH في عرض بيبتيدات الذاتي وغير الذاتي. بعد تحديد مختلف عناصر الوثيقة، علق على هذه المعطيات مبرزاً دور جزينات CMH في كل حالة.

<p>كريمة لمفاوية</p> <p>مركب CMH - بيبتيد عادي</p> <p>بيبتيد عادي</p> <p>مركب CMH - بيبتيد</p> <p>مورثة عادية</p> <p>الحالة 1: ذاتي عادي</p>	
<p>كريمة لمفاوية</p> <p>مركب CMH - بيبتيد غير عادي</p> <p>بيبتيد غير عادي</p> <p>مركب CMH - بيبتيد</p> <p>مورثة طفرة</p> <p>الحالة 2: ذاتي مغير نتيجة طفرة</p>	
<p>كريمة لمفاوية</p> <p>مركب CMH - بيبتيد ذاتي</p> <p>بيبتيد ذاتي</p> <p>مركب CMH - بيبتيد</p> <p>مورثة نواة</p> <p>الحالة 3: ذاتي مغير نتيجة تسرب فيروسي</p>	

## الفصل الثاني

# وسائل دفاع الجسم عما هو ذاتي

### مقدمة:

نعلم أن الخلايا المناعية تستطيع التعرف على ما هو ذاتي وتميزه عن ما هو غير ذاتي، بحيث تتصدى لهذا الأخير باستجابات مناعية قصد إبادته وإبطال مفعوله، وذلك عن طريق نمطين من المناعة :

- ❖ **مناعة غير نوعية أو طبيعية:** تكون موجهة بنفس الطريقة ضد كل ما هو غير ذاتي.
  - ❖ **مناعة نوعية:** تكون موجهة ضد ما هو غير ذاتي حسب نوعه .
- فما هي آليات الاستجابة غير النوعية ؟

### 1 - وسائل الدفاع غير النوعية:

#### ① الاستجابة الالتهابية Réaction inflammatoire :

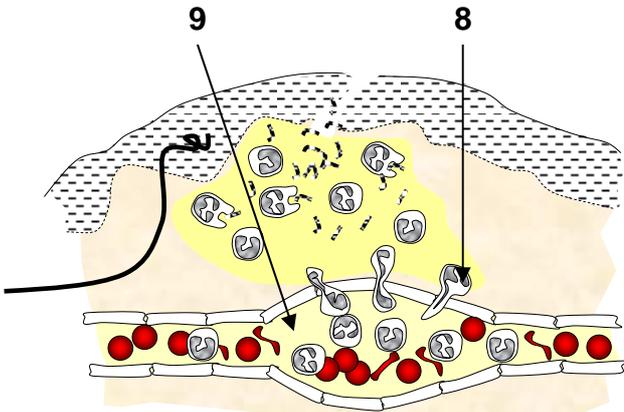
أ - نتائج جرح أو وخز الجلد: أنظر الوثيقة 1 لوحة 1.

#### اللوحة 1

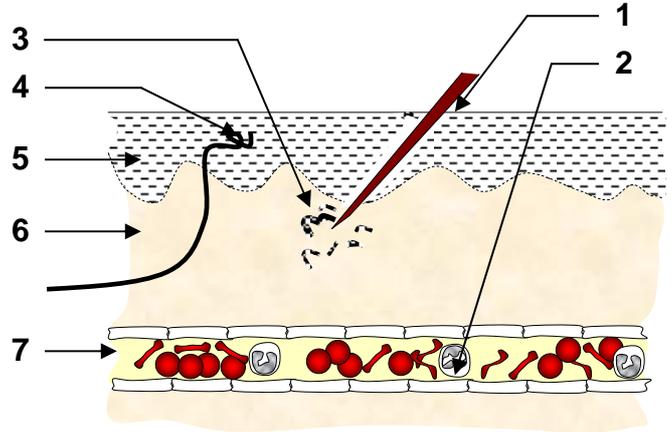
الوثيقة 1 : مظاهر الاستجابة الالتهابية :

في بعض الحالات يمكن للجراثيم أن تخترق الحواجز الطبيعية إلى الوسط الداخلي، فتشن سلسلة من الأحداث تؤدي إلى استجابة التهابية محلية، تليها بعد ذلك ظاهرة البلعمة *La phagocytose*. أصيب شخص بتصدع نسيجي، اثر إصابته بوخز إبرة. فلو حظ انتفاخ الجلد على مستوى موقع الإصابة، مصحوب باحمرار مع إحساس بالألم وارتفاع محلي لدرجة الحرارة.

- (1) حدد من خلال تحليلك للنص أهم الأعراض التي تميز الاستجابة الالتهابية.
- لدراسة رد فعل الجلد بعد تعرضه لتصدع معين ( جرح، وخز، ... ) وقصد فهم مختلف التغيرات التي تحدث على مستوى موقع الإصابة، نقترح الشكلين أ و ب أسفله:
- (2) أعط الأسماء المقابلة لأرقام الوثيقة أعلاه .
- (3) من خلال مقارنتك للشكلين، استخرج مختلف التغيرات التي تطرأ على الجلد خلال الاستجابة الالتهابية .



الشكل ب : .....



الشكل أ : .....

(1) تشن الجراثيم إثر دخولها إلى الجسم سلسلة من الأحداث، تؤدي إلى استجابة التهابية

محلية تتجلى في الأعراض التالية :

- ❖ **الألم:** ناتج عن تنبيه النهايات العصبية الحسية.
  - ❖ **ارتفاع محلي لدرجة الحرارة.**
  - ❖ **الاحمرار:** ناتج عن زيادة تدفق الدم نحو المنطقة المعفنة.
  - ❖ **الانتفاخ أو أوديما:** ناتج عن تمطط جدار الأوعية الدموية، وزيادة نفاذيته للجزيئات الكبيرة الذائبة في البلازما.
- فما هي العوامل المسببة للالتهاب؟

(2) بالإضافة إلى الانتفاخ المحلي للشعيرات الدموية، تتجمع الكريات البيضاء في موقع الالتهاب.

فما دور الكريات البيضاء في الاستجابة المناعية غير النوعية ؟

### ب - مسببات الالتهاب:

a - دور الهيستامين: أنظر الوثيقة 2 لوحة 1.

#### اللوحة 1

الوثيقة 2 : دور الهيستامين

لاحظ Loewi سنة 1926 أن أعراض الالتهاب تكون متشابهة رغم تنوع مسبباتها مما دفعه إلى الافتراض بأن الالتهاب ينتج عن تحرير مواد كيميائية في موقع الإصابة الجرثومية واقترح اسم الهيستامين L'histamine لهذه المادة الالتهابية وقد تم اكتشاف نوع من الكريات البيضاء تسمى الخلايا البدينة = الخلايا العمادية؛ تكون منتشرة في أنسجة الجسم وتتدخل في ردود الفعل الالتهابية.

يمثل الشكلان جانبه بنية خلية بدينة قبل غزو جرثومي وبعده. استخلص Werle سنة 1936 مادة الهيستامين من نسيج مصاب وبين أن حقتها تحت الجلد يؤدي إلى ظهور أعراض الالتهاب في مكان الحقن.

ماذا تستخلص من كل هذه الملاحظات والتجارب ؟



عند تسرب مولدات المضاد إلى الجسم، تلتصق بالخلايا البدينة، فتفرغ هذه الأخيرة مادة الهيستامين. التي تتسبب في تمدد جدران الشعيرات الدموية وزيادة نفاذية هذه الأخيرة للجزيئات الكبيرة، يعني حدوث الالتهاب.

b - دور الكينين والبروستاغلاندين: انظر الوثيقة 3 لوحة 1

#### اللوحة 1

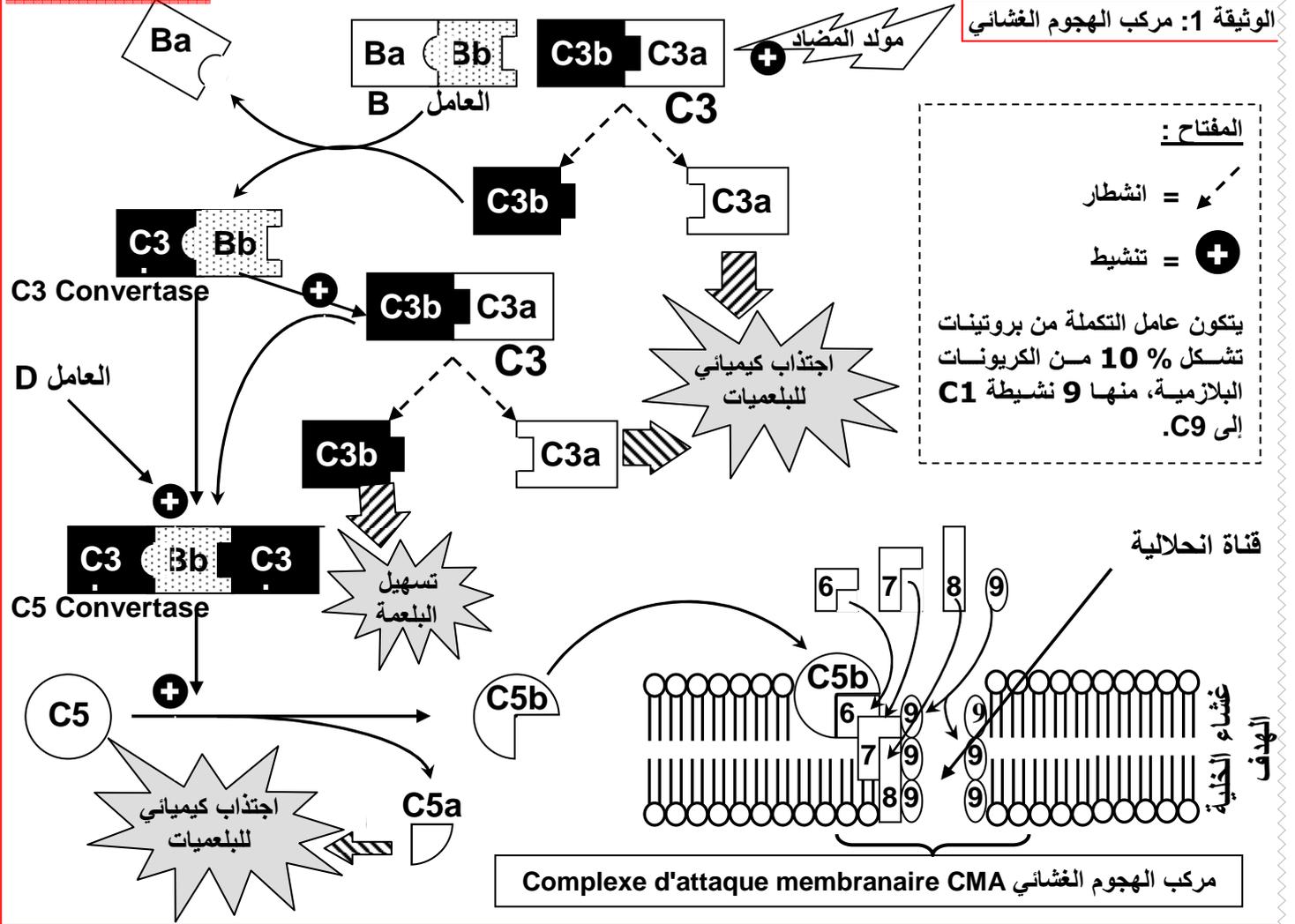
الوثيقة 3 : بعض الوسائط الكيميائية المتدخلة في الاستجابة الالتهابية

الوسائط الالتهابية	المصدر الرئيسي	التأثير البيولوجي
الهيستامين	الخلايا البدينة والمحبات والقعدات	تمدد جدار الأوعية الدموية وزيادة النفاذية وتضيق المسالك التنفسية
الكينين	الصفائح الدموية	
البروستاغلاندين	الخلايا البدينة النسيجية	الزيادة في نفاذية الأوعية الدموية
C5a . C3a	جهاز عامل التكملة	الاجتذاب الكيميائي للوحيدات

بالإضافة إلى الهيستامين، تحرر عند الاستجابة الالتهابية وسائط التهابية أخرى كالبروستاغلاندين التي لها نفس تأثير الهيستامين، كما تعمل على جذب الخلايا المناعية إلى موقع الخمج. والكينين التي هي عبارة عن عديدات الببتيدي تظهر في البلازما بشكل سريع ( 20 إلى 30 ثانية بعد دخول الجراثيم ) انطلاقاً من انشطار بروتين بلازمي تحت تأثير أنزيم ينشط بواسطة الجراثيم. وللكينين نفس تأثيرات الهيستامين.

c - عامل التكملة Facteur du complément:

✘ علق على الوثيقة 1 لوحة 2 مبرزا دور بروتينات عامل التكملة في تكون مركب الهجوم الغشائي، وفي القضاء على الخلية الهدف.



✓ يتكون عامل التكملة من عدة بروتينات يتم تركيبها داخل أنسجة مختلفة ( الظهر المعوي , الكبد, الطحال ) وتشكل هذه البروتينات حوالي 10% من بروتينات البلازما. ويتم تنشيطه بطريقتين:

- ◆ مباشرة بواسطة العناصر الأجنبية ( الجراثيم مثلا ) : مولد المضاد.
- ◆ بعد ارتباط مولد المضاد ( الجراثيم ) بمضاد الأجسام المقابل له.

وفي الحالتين يتميز تنشيط هذه البروتينات بخاصية أساسية وهي التسلسل Réactions en cascades أي أن منتج كل تفاعل يحفز التفاعل الموالي له. ولعامل التكملة عدة أدوار في الاستجابة المناعية:

★ دور محلل للخلايا action cytolytique.

تندمج بعض أجزاء عامل التكملة في غشاء الخلية الهدف فتشكل قناة نسميها مركب الهجوم الغشائي. complexe d'attaque membranaire. عبر هذه القناة ينفذ الماء إلى الخلية الهدف، أو ينفلت منها المحتوى الداخلي مما يسبب إتلافها.

★ ترفع من نفاذية الشعيرات الدموية و تمددها Vasodilatation.

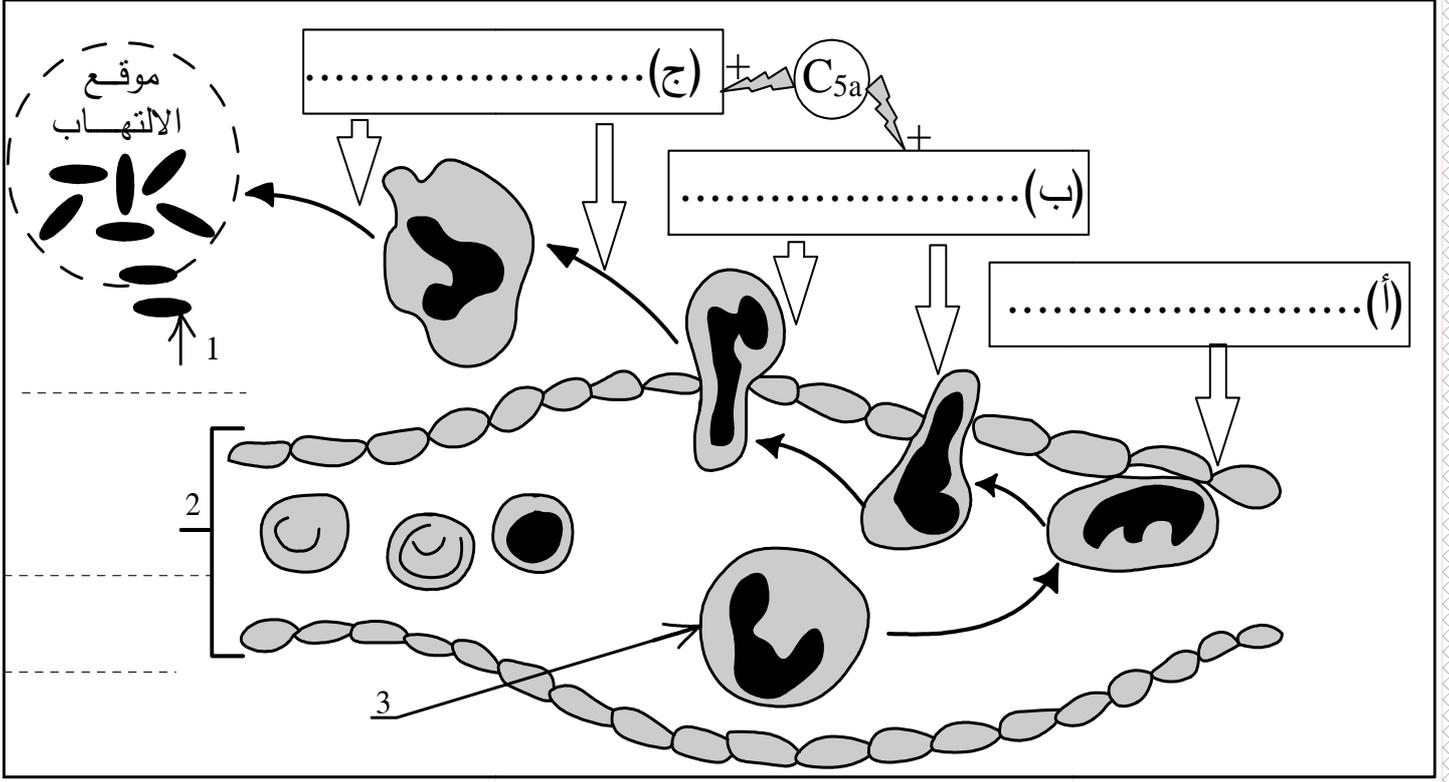
★ تنشط اجتذاب الكريات البيضاء نحو موقع الالتهاب chimiotactisme. أنظر وثيقة 2 لوحة 2. تلتصق بعض الكريات البيضاء على الجدران الداخلية للشعيرات الدموية المجاورة لموقع الالتهاب نتكلم عن ظاهرة التهيمش، تغادر هذه الخلايا الشعيرات الدموية، نتكلم عن ظاهرة الانسلاخ. بعد انسلاخها تتجه الكريات البيضاء نحو موقع مولد المضاد بفضل ظاهرة الانجذاب الكيميائي.

يتم كل من الانسلاخ والانجذاب الكيميائي تحت تأثير البروستاغلاندين وأحد أجزاء عامل التكملة C3a و C5a.

## اللوحة 2

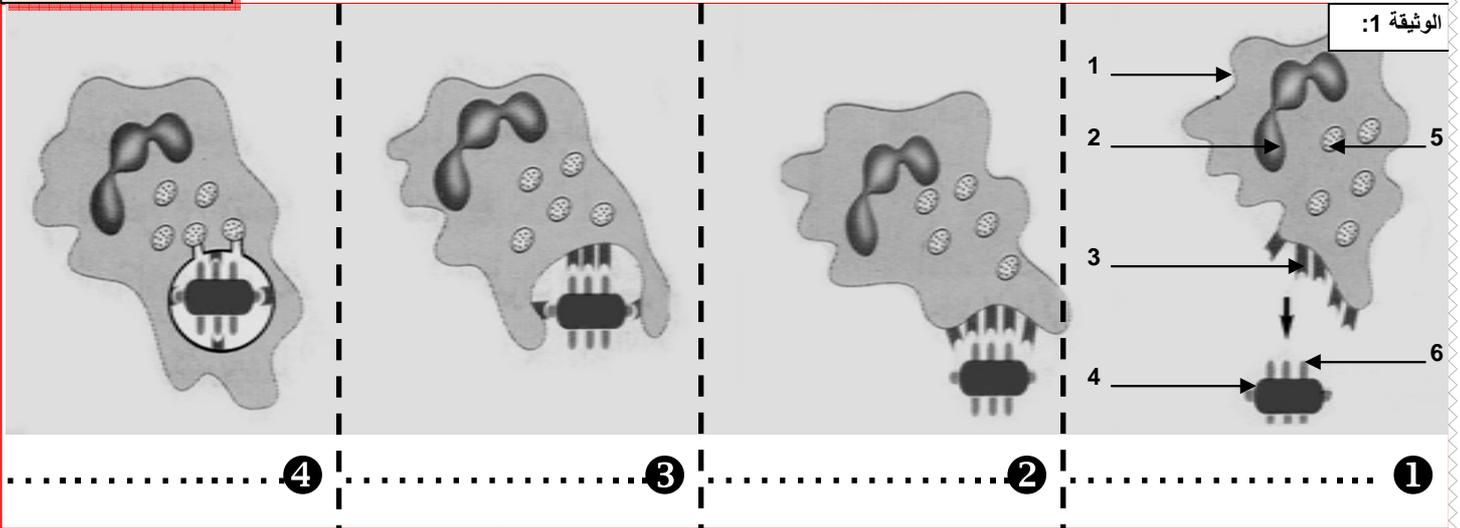
أتمم هذه الوثيقة ثم علق على هذه المعطيات مبرزاً دور بروتينات عامل التكملة في اجتذاب الكريات البيضاء نحو موقع الالتهاب.

الوثيقة 2 :



★ مسهل لعملية البلعمة: أنظر الوثيقة 1 لوحة 3.

## اللوحة 3



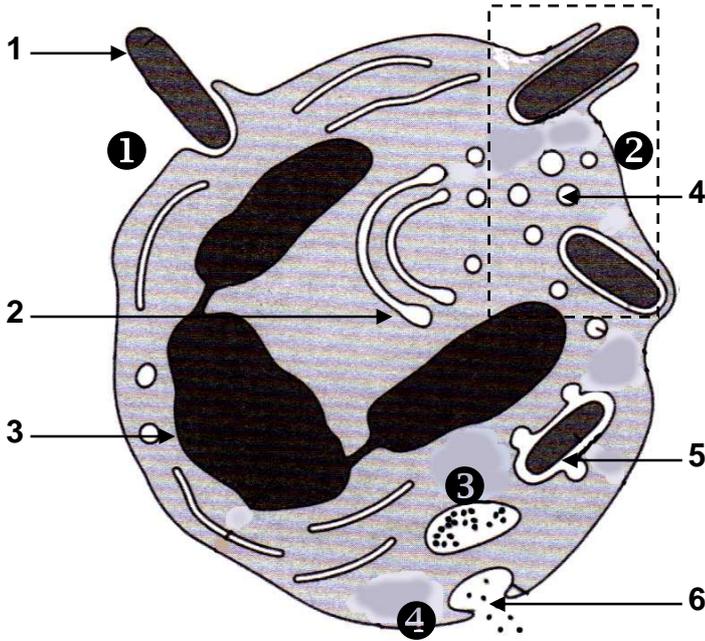
تثبت بعض أجزاء عامل التكملة ( C3b ) على الجراثيم والعناصر الأجنبية. فتسهل بذلك ارتباط مولد المضاد على البلعمية في حالة تعذر ذلك. ( حالة المكورات S مثلا التي تملك سطحاً أملساً ).

## ج - خلاصة:

الاستجابة الالتهابية هي رد فعل الجسم اتجاه تعفن جرثومي، وتهدف إلى توجيه العناصر النشيطة للجهاز المناعي إلى مكان التعفن ( بؤرة الالتهاب ).

## ② البلعمة La phagocytose: أنظر الوثيقة 2 لوحة 3.

### اللوحة 3



الشكل ب : رسم تخطيطي لمراحل البلعمة

### الوثيقة 2:

انطلاقاً من معطيات هذه الوثيقة صف مراحل البلعمة.

- المرحلة ① = .....
- المرحلة ② = .....
- المرحلة ③ = .....
- المرحلة ④ = .....



الشكل أ : صورة الكترولوغرافية لظاهرة البلعمة

### أ - تعريف البلعمة:

البلعمة هي قدرة الخلية على ابتلاع عنصر غير ذاتي، وتتم بواسطة خلايا تسمى الخلايا البلعمية كالبلمعيات الكبيرة Les macrophages والعدلات Les neutrophiles، ولا تتطلب هذه الآلية أي اتصال قبلي بمولد المضاد، لذا تصنف كوسيلة دفاعية طبيعية غير نوعية.

### ب - مراحل البلعمة:

- ★ مرحلة التثبيت : تحمل العدلات مستقبلات تمكنها من تثبيت بصفة غير نوعية أنماطاً مختلفة من مولدات المضاد وأجزاء عامل التكملة.
- ★ مرحلة الابتلاع : بعد مرحلة التثبيت، ينشط نظام الأكتين-ميوزين الذي يمكن الخلية البلعمية من مد أرجل كاذبة Les pseudopodes حول العنصر الأجنبي، الذي يصبح محصوراً داخل فجوة بلعمية phagosome.
- ★ مرحلة الهضم : تلتحم الليزوزومات Lysosomes بالفجوة البلعمية وتفرغ فيها محتواها الغني بالإنزيمات فيقع انحلال للعنصر الأجنبي المبتلع.
- ★ مرحلة إخراج الحطام : بعد هضمه و انحلاله، تطرح بقايا مولد المضاد خارج البلعمية.

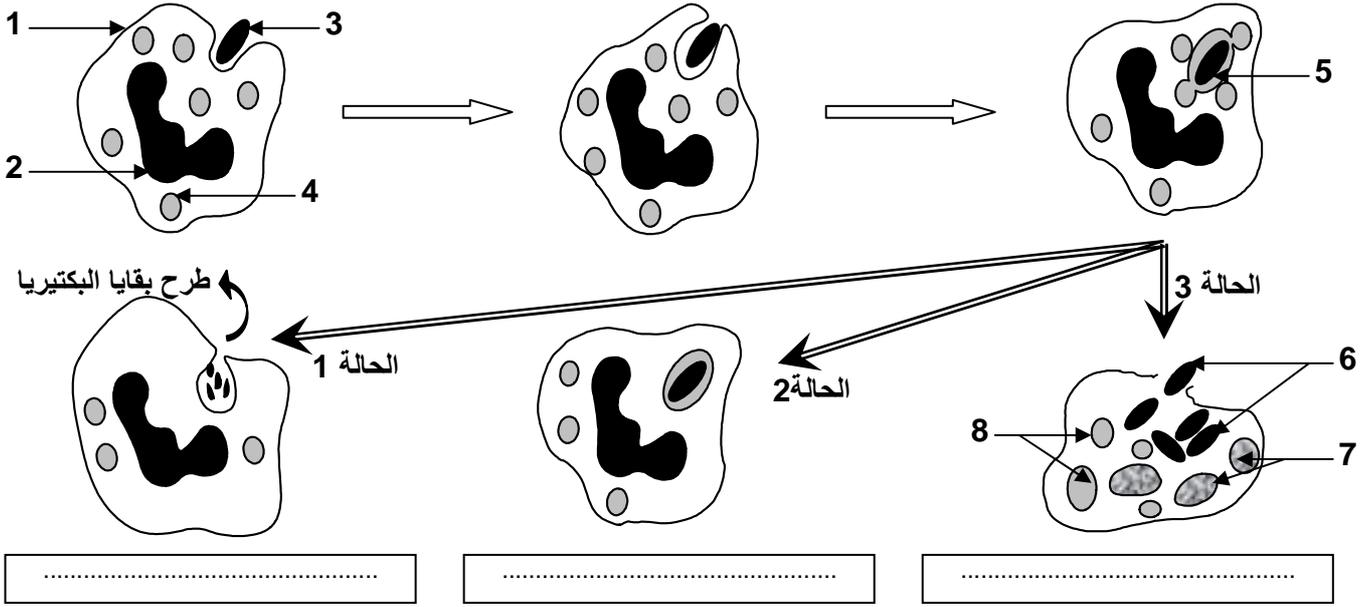
### ملحوظة : أنظر الوثيقة 3 لوحة 3

في أغلب الأحيان تنتهي البلعمة بانحلال العنصر الأجنبي المبتلع ولكن يمكن أن تفشل لأسباب متعددة نذكر من بينها: بكتيريات تفرز مواد تمنع تكون الأرجل الكاذبة، أو تتوفر على أغشية تمنع التثبيت على مستقبلات البلعمية، أو تغادر الفجوة البلعمية، عجز أنزيمي...

فينتج عن هذا: بقاء البكتيرية سليمة مدة من الزمن، أو تكاثر مولد المضاد مما يؤدي إلى تدمير البلعمية وانتشار الخمج. وفي هذه الحالة تتدخل آليات أخرى تعرف بالاستجابة المناعية النوعية.

### اللوحة 3

الوثيقة 3 : مختلف الحالات المحتملة بعد مراحل البلعمة.

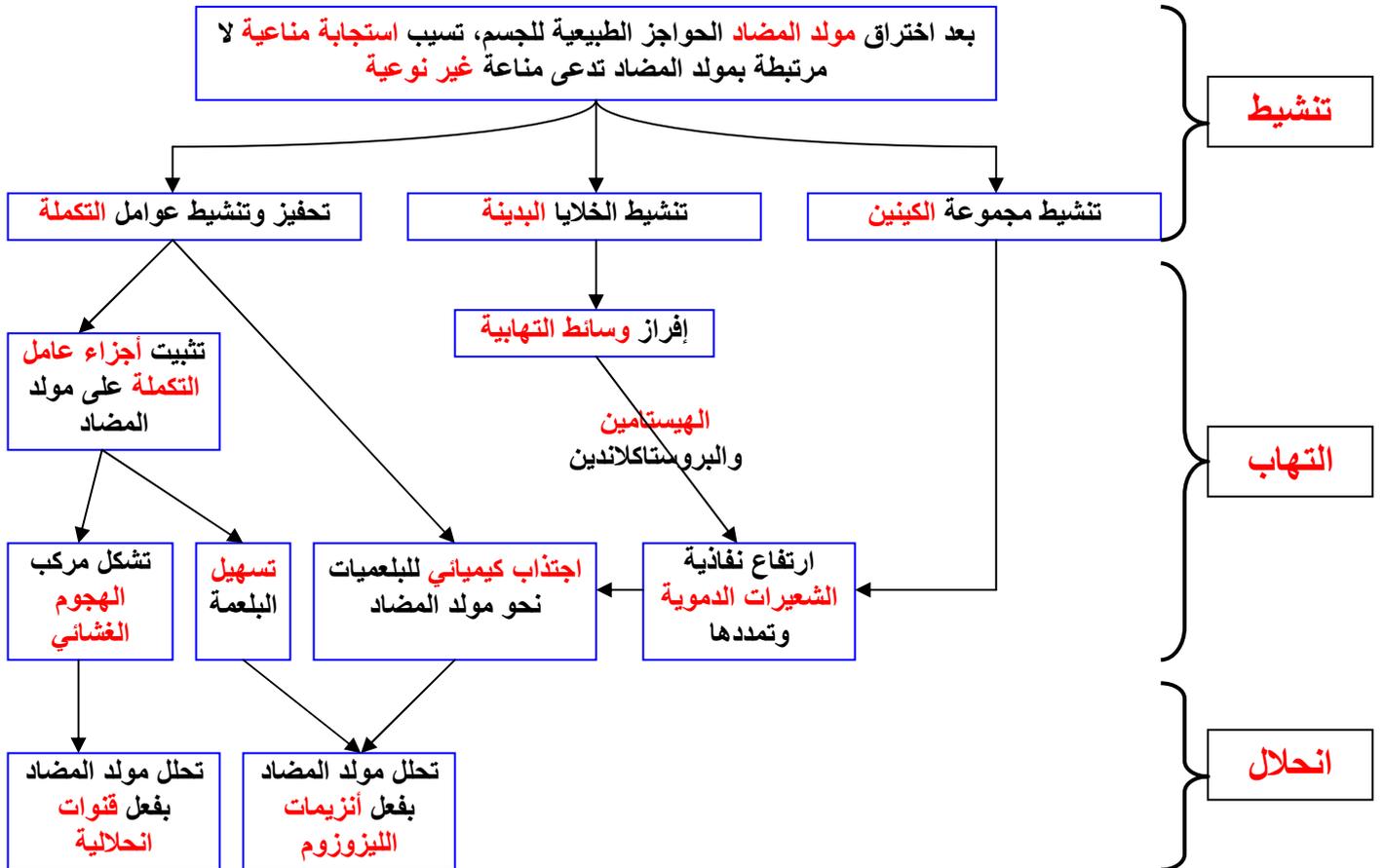


### خلاصة :

تتدخل كل من الحواجز الطبيعية الالتهاب و البلعمة حسب درجة الخمج وذلك كيفما كان نوع الجرثوم (استجابة مناعية غير نوعية). لكن القضاء على الجرثوم يبقى رهينا بعدة عوامل منها : نوع الجرثوم المتسرب للجسم، طبيعة نشاطه داخل الجسم، ونسبة الكريات البيضاء في الجسم . أنظر الوثيقة 1 لوحة 4.

### اللوحة 4

خطاظة تركيبية لآلية الاستجابة المناعية غير النوعية .



## II - وسائل الدفاع النوعية:

### ① خاصيات الاستجابة المناعية النوعية

#### أ - نوعية الاستجابة المناعية النوعية:

#### a - تمرين: أنظر الوثيقة 2 لوحة 4.

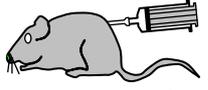
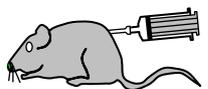
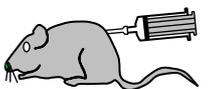
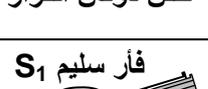
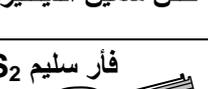
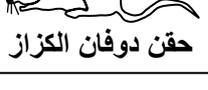
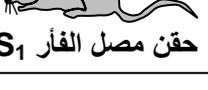
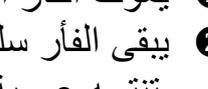
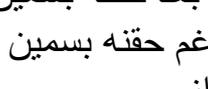
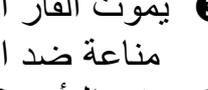
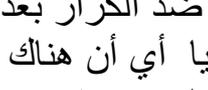
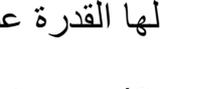
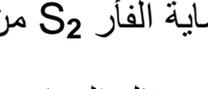
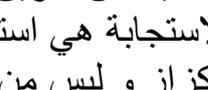
اللوحة 4

الوثيقة 2:

بعض البكتيريات كالعصية الكزازية **Bacille Tétanique** والعصية الدفتيرية **Bacille Diphtérique** ، تفرز في الوسط الداخلي سمينات **Toxines** مسؤولة عن فعلها الممرض. وتحت تأثير بعض العوامل كالحرارة والפורمول تفقد هذه السمينات قدرتها الممرضة في حين تحتفظ بقدرتها على شن استجابة مناعية نوعية. فننكلم في هذه الحالة عن الدوفان **L'anatoxine** .

- 1) حلل نتائج كل تجربة ثم أعط الاستنتاج المناسب .
- 2) ماذا تستخلص من نتائج التجارب الأربع مجتمعة ؟

الاستنتاجات

			حقن سمين الكزاز	←		يموت الفأر
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز
			حقن دوفان الكزاز	←		حقن سمين الكزاز

#### b - حل التمرين:

(1) تحليل واستنتاج:

- 1) يموت الفأر الشاهد بعد حقنه بسمين الكزاز مما يدل على أن الفئران تتأثر بسمين الكزاز .
- 2) يبقى الفأر سليما رغم حقنه بسمين الكزاز مما يدل على أن الدوفان قام بتمنيعه ضد السمين الذي تنتجه عصية الكزاز.
- 3) يموت الفأر الممنوع ضد الكزاز بعد حقنه بسمين الدفتيريا مما يدل على أن دوفان الكزاز لا يعطي مناعة ضد الدفتيريا أي أن هناك تمنيعا نوعيا Réponse Immunitaire spécifique
- 4) يبقى الفأر  $S_2$  سليما رغم حقنه بسمين الكزاز مما يدل على أن مصل الفأر  $S_1$  يحتوي على مادة لها القدرة على حماية الفأر  $S_2$  من سمين الكزاز .

(2) يتبين من خلال التجارب السابقة أن الاستجابة المناعية التي تتم في هذه الحالة لحماية الكائن

الحي تتم بواسطة مادة موجودة في أخلاط ( الوسط الداخلي ) الحيوان الممنوع لذا نتكلم عن استجابة مناعية عن طريق وسيط خلطي Réponse Immunitaire médiation à humorale كما أن هذه الاستجابة هي استجابة نوعية spécifique لأن المادة الناتجة عن دوفان الكزاز لا تحمي إلا من سمين الكزاز و ليس من أي سمين آخر . لذلك نسمي السمين هنا بمولد المضاد Antigène حيث يولد استجابة ضده تتم بواسطة مادة توجد في المصل و تسمى بمضاد الجسم Anticorps.

## c - خلاصة :

يتدخل الجهاز المناعي للتصدي بصفة نوعية للعناصر الدخيلة، التي لم تقضي عليها الاستجابة المناعية غير النوعية. ويكون هذا التصدي النوعي إما عن طريق وسيط خلوي يتمثل في الكريات اللمفاوية، أو عن طريق وسيط خلطي، يتجلى في مادة تنتقل عبر المصل تسمى مضادات الأجسام.

## ب - الذاكرة المناعية: Mémoire immunitaire

### a - الكشف عن الذاكرة المناعية:

تمرين 1 : أنظر الوثيقة 1 لوحة 5

اللوحة 5

الوثيقة 1 : حلل المعطيات التجريبية التالية ثم أعط الاستنتاج الخاص بكل تجربة، علما أن للفأر B و C نفس CMH.

التجربة 1	رفض الطعم بعد 10 إلى 12 يوما
التجربة 2	رفض الطعم بعد 2 إلى 3 أيام
التجربة 3	رفض الطعم بعد 2 إلى 3 أيام

★ **التجربة الأولى :** تم رفض الطعم الجلدي الأول من A إلى B لأن جسم المتلقي B تعرف على الطعم كعنصر غير ذاتي يجب التخلص منه و ذلك لأنه يحمل CMH مخالف لـ CMH جسم المتلقي B. وتتطلب آلية التعرف على مولد المضاد مدة زمنية طويلة نسبيا.

★ **التجربة الثانية :** نلاحظ أن مهلة الرفض في التطعيم الثاني ( استجابة ثانوية) تكون أقل من مهلة الرفض في التطعيم الأول ( استجابة أولية) لأن الجسم سبق له أن تعرف على مولد المضاد.

★ **التجربة الثالثة :** لقد أصبحت الكريات اللمفاوية للفأر C قادرة على التعرف مباشرة على CMH الفأر المعطي B الذي سبق لها التعرف عليه.

نستنتج من التجارب السابقة أن الخلايا المناعية تحمل ذاكرة مناعية تجعل كل استجابة مناعية ثانوية تكون فورية.

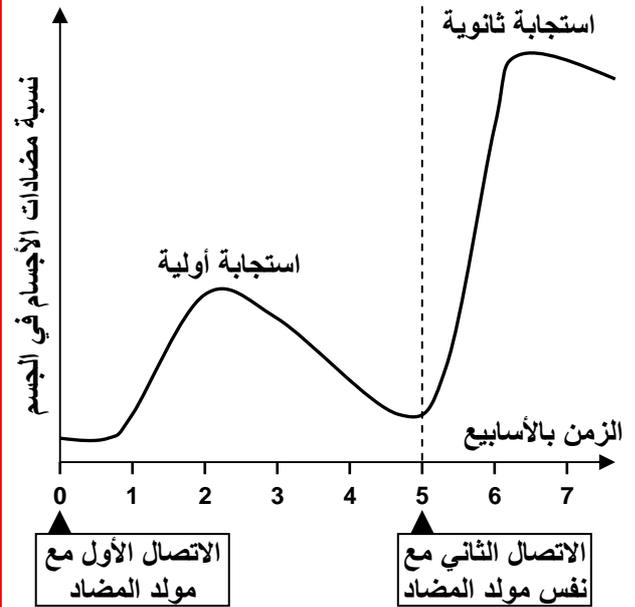
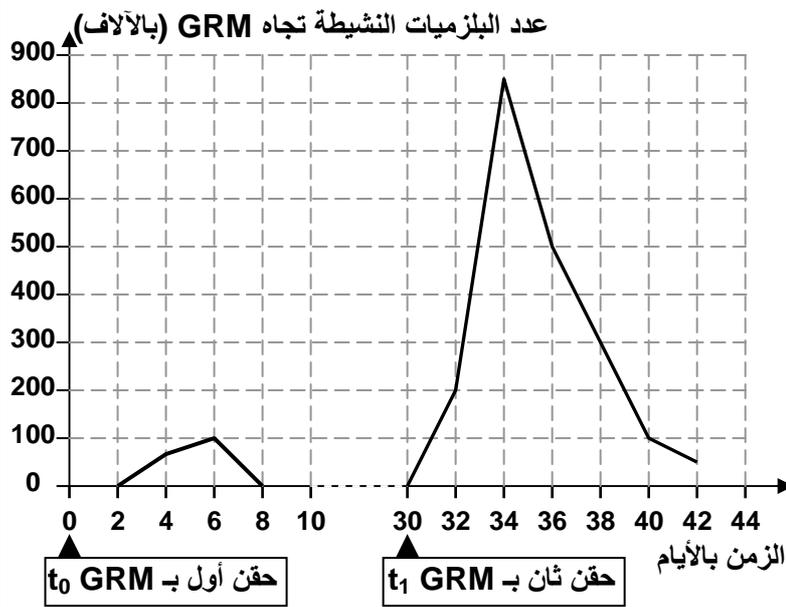
الوثيقة 2 :

في سنة 1781، انتشرت عدوى الحصبة Rougeole في جزر Féroé (الدانمرك)، ولم تسجل أية حالة من هذا المرض خلال الخمس وسبعين سنة التي تلتها. ثم ظهرت عدوى ثانية أصيب فيها 75 % إلى 79 % من ساكنة هذه الجزر، وقد لاحظ الطبيب L.Panum أنه من بين الأشخاص المسنين الذين يسكنون جزر Féroé، والذين سبق لهم أن أصيبوا بمرض الحصبة سنة 1781، لم يصب أحد منهم مرة ثانية. ولاحظ كذلك أن الأشخاص المسنين الذين لم يصابوا بالحصبة سنة 1781 يصابون بالمرض إذا تعرضوا للعدوى.

يعطي الشكل أ من الوثيقة تطور تركيز مضادات الأجسام النوعية في الدم اثر حقنتين متتاليتين لنفس مولد المضاد عن قنية. (1) قارن بين الاستجابة الأولية والاستجابة الثانوية. ثم وظف هذه المعطيات لتفسير الملاحظة التاريخية حول مرض الحصبة.

حقنت مجموعة من الفئران بكريات حمراء للخروف GRM (تلعب دور مول المضاد)، ثم استعملت تقنية باحات انحلال الدم لقياس عدد البلزميات المفترزة لمضادات الأجسام Anti - GRM. فصلنا على النتائج المبينة على مبيان الشكل ب .

(2) حلل المعطيات الواردة في هذه التجربة واستنتج العناصر المسؤولة عن الذاكرة المناعية.



(1) بعد الحقن الأول لمولد المضاد تكون نسبة مضادات الأجسام في دم القنية ضعيفة. نفس هذه النتائج بوجود استجابة مناعية بواسطة مضادات الأجسام ضد مولد المضاد. إلا أن هذه الاستجابة المناعية الأولية لا تكون جد فعالة، لعدم التعرف الفوري للجهاز المناعي على مولد المضاد.

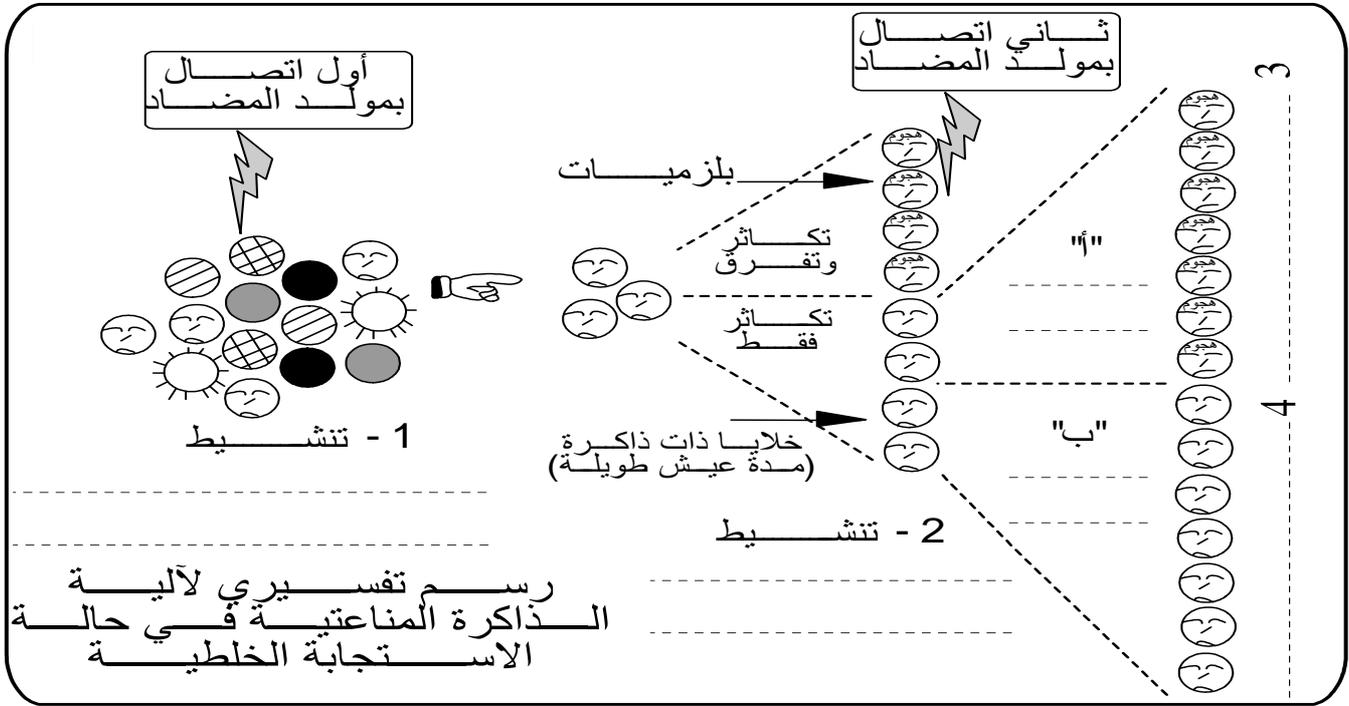
يؤدي الحقن الثاني لنفس مولد المضاد إلى ظهور استجابة مناعية ثانوية تتميز بارتفاع سريع و قوي لكمية مضادات الأجسام مقارنة بالحقن الأول.

نفس هذه النتائج بكون الجهاز المناعي يتوفر على ذاكرة مناعية تمكنه من التعرف بسرعة على مولدات المضاد التي سبق له أن قاومها. وهذا ما يفسر الملاحظات التاريخية حول مرض الحصبة.

(2) نلاحظ أن عدد البلزميات المفترزة لمضادات الأجسام Anti - GRM يكون ضعيفا خلال الاستجابة الأولية، فيرتفع خلال الاستجابة الثانوية. نستنتج من هذه المعطيات أنه خلال الاستجابة المناعية الأولية تتوقف عدة خلايا مناعية عن التفريق لتكون خلايا لمفاوية ذات ذاكرة.

## b - آلية الذاكرة المناعية :

تفسر الذاكرة المناعية بأنه خلال مرحلة التضخيم للاستجابة المناعية الأولى تتوقف عدة خلايا لمفاوية عن التفرقة لتتحول إلى كريات لمفاوية ذات ذاكرة. و تعيش هذه الخلايا طويلا في الجهاز الدوراني. وهكذا تتكون ذخيرة من الخلايا القادرة على التعرف على مولد المضاد مباشرة بعد اختراقه الحواجز الطبيعية للجسم. وبذلك تكون الاستجابة المناعية الثانوية فورية وقوية.

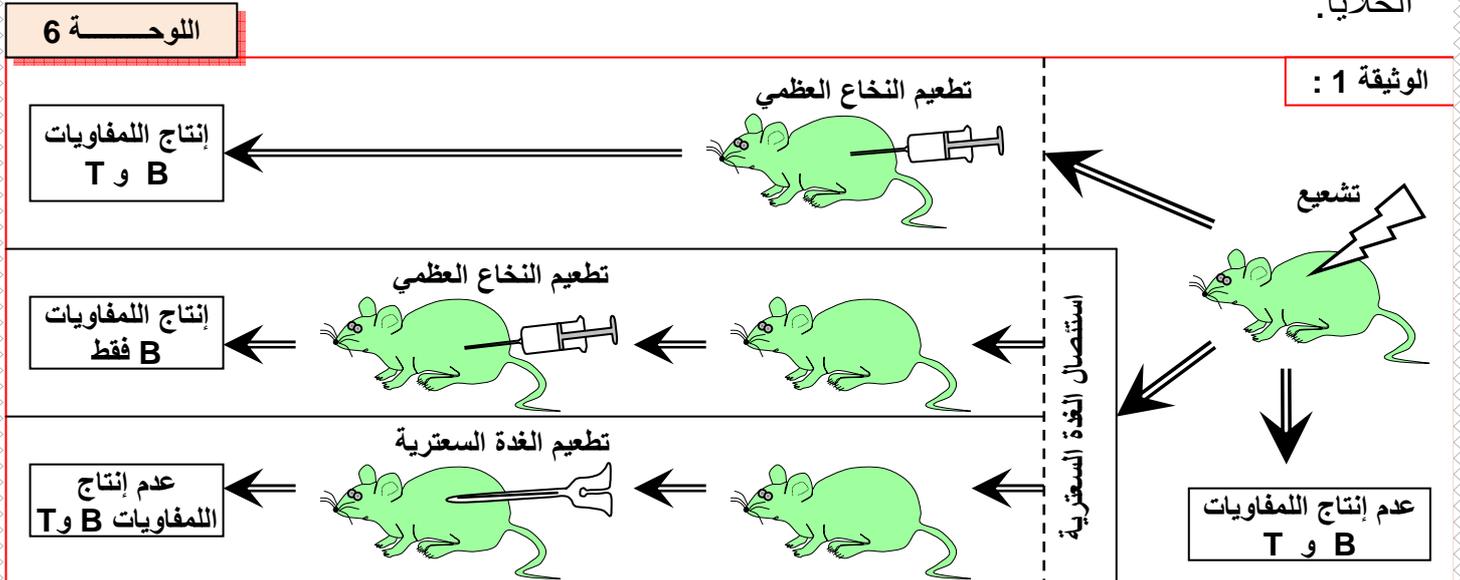


## ② الخلايا المناعية واكتساب الكفاية المناعية.

### أ - أصل الخلايا المناعية:

#### a - تجربة :

يمكن إلغاء جميع الاستجابات المناعية بعد تعريض الجسم لجرعة قوية من الإشعاعات المأينة *Rayons ionisants*. موازاة مع ذلك نلاحظ انخفاضا في عدد الكريات اللمفاوية في جميع العقد اللمفاوية وتتوقف الانقسامات غير المباشرة في النخاع العظمي *La moelle osseuse*. انطلاقا من هذه المعطيات ومعطيات الوثيقة 1 لوحة 6، بين أصل الخلايا المناعية، ومكان نضج هذه الخلايا.



## b - تحليل واستنتاج :

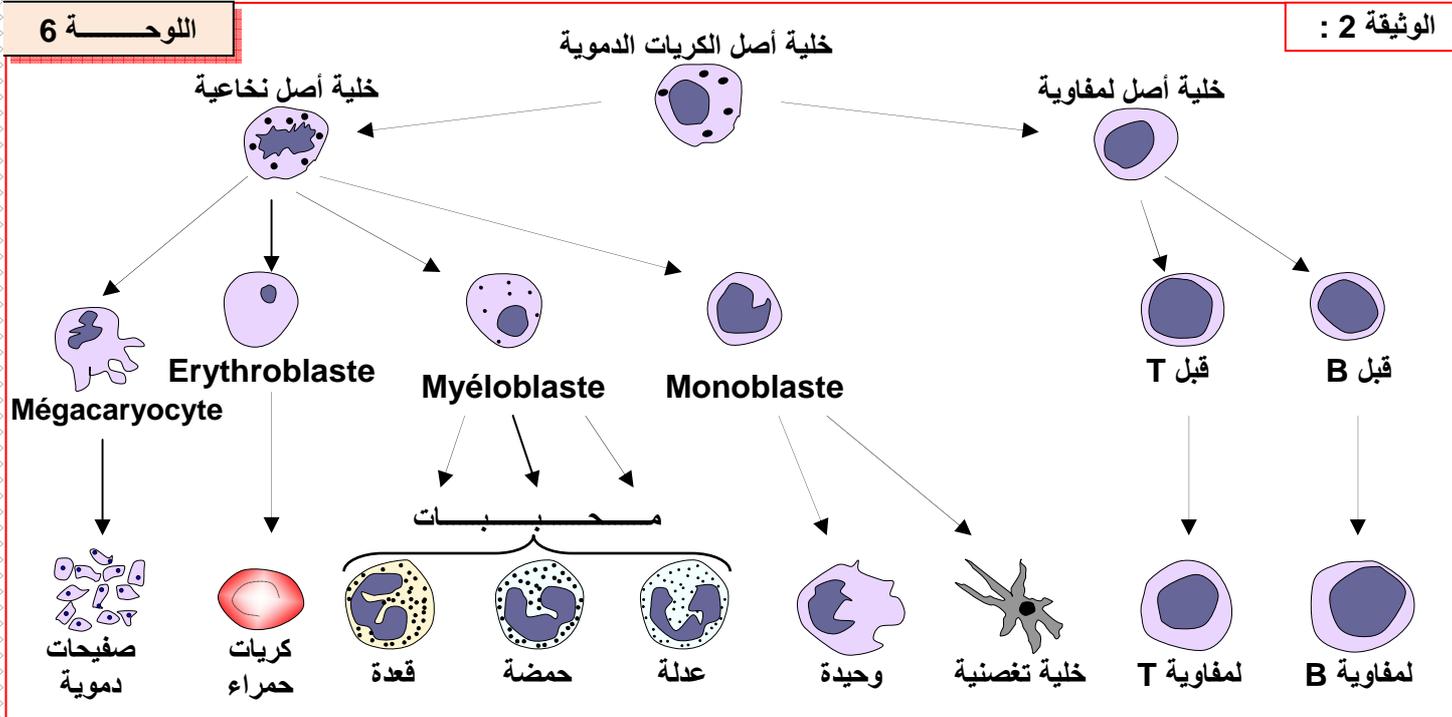
يعد النخاع العظمي الأحمر أصل الخلايا الدموية بما فيها الكريات اللمفاوية المتدخلة في الاستجابات المناعية. ونميز نوعان من الكريات اللمفاوية حسب المستقبلات البروتينية الموجودة على غشائها البلازمي

❖ **الكريات اللمفاوية B:** يتم إنتاجها ونضجها داخل النخاع العظمي (Bone)، وتنتقل بعد ذلك لتستقر في العقد اللمفاوية Ganglions lymphatiques والطحال Rate. وتملك مستقبلات نوعية، تسمى المستقبلات B أو ( B Cell Receptor ) BCR.

❖ **الكريات اللمفاوية T:** يتم إنتاجها داخل النخاع العظمي و تنتقل بعد ذلك إلى الغدة السعترية (thymus)، حيث تنضج وتتحول إلى كريات لمفاوية T ناضجة، تملك مستقبلات تتعرف على أجزاء بروتينية من مولد المضاد (محددات مستضادية)، وتسمى المستقبلات T أو TCR. بعد ذلك تنتقل لتستقر في العقد اللمفاوية والطحال حيث يتم تخزينها.

## ب - أصناف الخلايا المناعية:

تصنف الخلايا المناعية حسب بنيتها وتفاعلها مع بعض الملونات. أنظر الوثيقة 2، 3، لوحة 6.



الوثيقة 3 : تصنف الكريات البيضاء حسب بنيتها وحسب تفاعلها مع بعض الملونات. يعطي الجدول أسفل أنواع الكريات البيضاء .

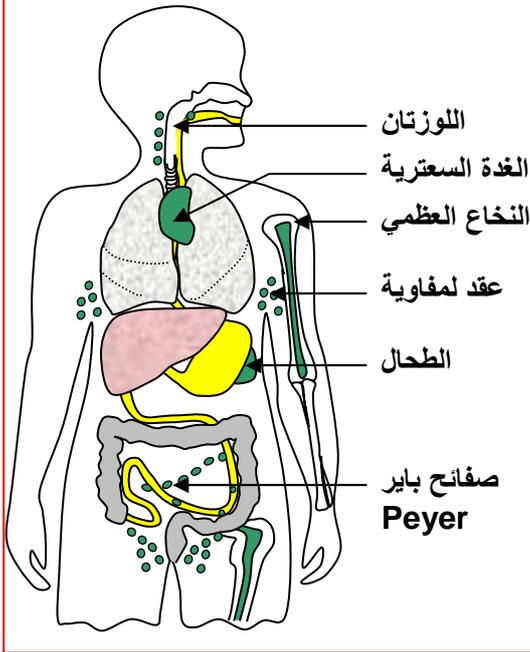
Mononucléaires كريات بيضاء وحيدة النواة		Polynucléaires كريات بيضاء متعددة النوى			نوع الخلايا
Lymphocytes كريات لمفاوية	Monocytes الوحيدات	Basophiles قعدات	Eosinophiles حمضات	Neutrophiles عدلات	
7 - 8	14 - 20	9 - 10	10 - 12	10 - 12	قدها ب $\mu\text{m}^3$
4000 - 1400 حوالي 20% إلى 45%	700 - 100 حوالي 3% إلى 7%	50 - 10 حوالي 0% إلى 0.5%	300 - 50 حوالي 1% إلى 3%	7000 - 2000 حوالي 45% إلى 70%	عدد الخلايا في $\text{mm}^3$ من الدم
العدد الكلي هو حوالي 4000 عند ♂ و 10000 عند ♀					
النخاع العظمي أو كبد الحميل					
الدم واللمف والأعضاء اللمفاوية المحيطة	الدم و اللمف وتتحول إلى بلعميات في الأنسجة	الدم و اللمف وتتحول إلى خلايا بدينة في الأنسجة	الدم و اللمف و الأنسجة	الدم و اللمف و الأنسجة	مكان توажدها
تتدخل في الاستجابات المناعية النوعية	تتحول إلى بلعميات تقوم ببلعمة العناصر الدخيلة	تنظيم الاستجابات الالتهابية	تدمير الطفيليات	بلعمة و تدمير البكتيريا الدخيلة	دورها

تسمى مخلف الأعضاء المتدخلة في الاستجابة المناعية بالأعضاء اللمفاوية، وهي التي ستشكل مع الكريات اللمفاوية وباقي الكريات البيضاء الجهاز المناعي. أنظر الوثيقة 1 لوحة 7.

اللوحة 7

الوثيقة 1

أعضاء الجهاز المناعي



ويمكن تقسيم الأعضاء اللمفاوية أو أعضاء الجهاز المناعي إلى:

- أعضاء لمفاوية مركزية:

هي النخاع العظمي والغدة السعترية.

- أعضاء لمفاوية محيطية:

هي الطحال و اللوزتان و الزائدة الدودية و صفائح Peyer على غشاء الأمعاء و العقد اللمفاوية و يتوفر جسم الإنسان على مئات منها موزعة على المسالك اللمفاوية وهي عروق يجري فيها اللمف عوض الدم وتربط مختلف الأعضاء اللمفاوية.

ج - اكتساب الكفاية المناعية: L'immunocompétence

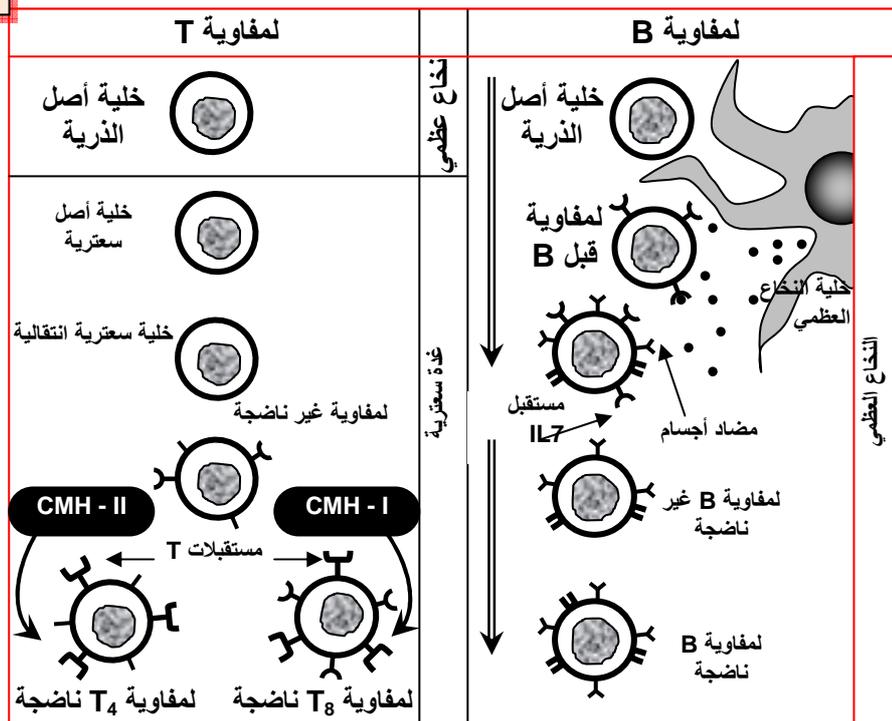
❖ سؤال :

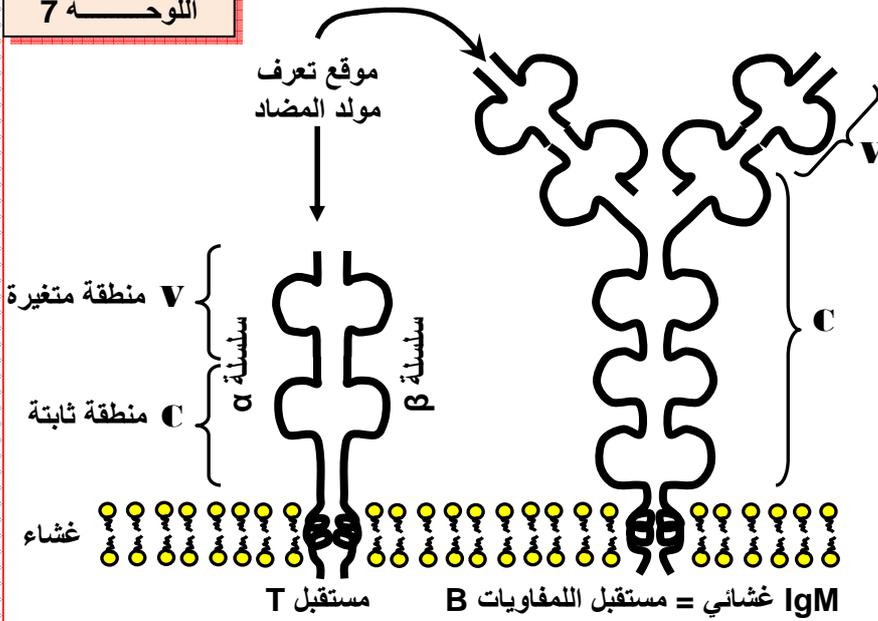
يتجلى نضج الكريات اللمفاوية B و T في تركيبها لمستقبلات نوعية تتموضع على سطحها. ويحدث هذا النضج في النخاع العظمي والغدة السعترية، ويخضع لمراقبة دقيقة بواسطة التماس مع عدة خلايا من محيطها المباشر. وباستقبالها لعدة إشارات جزيئية.

انطلاقاً من الوثيقة 2، 3، 4 لوحة 7 بين أين وكيف يتم اكتساب الكفاية المناعية من طرف اللمفاويات.

اللوحة 7

الوثيقة 2





يتكون المستقبل T النوعي من سلسلتين بيبتيديتين، تحتوي كل واحدة منهما على:

- ✓ جزء ثابت (منطقة C) مدمج داخل الغشاء السيتوبلازمي للخلية T.
- ✓ جزء متغير (منطقة V) متجه نحو الخارج ومسؤول عن التعرف الثنائي على بروتين CMH والمحدد المستضدي.

لقد مكنت تقنيات معقدة من تمييز مجموعتين من الكريات للمفاوية T، حسب وجود أو عدم وجود جزيئات معينة على غشائها. فنميز بذلك:

- ✓ الكريات للمفاوية T4: تحمل CD4 وقادرة على التعرف والارتباط بجزيئة CMH - II.
- ✓ الكريات للمفاوية T8: تحمل CD8 وقادرة على التعرف والارتباط بجزيئة CMH - I.

### ❖ جواب :

تكتسب الكريات للمفاوية B كفايتها المناعية في النخاع العظمي، حيث تتركب مستقبلات غشائية تدعى مضادات الأجسام الغشائية ( الوثيقة 4 لوحة 7)، والتي تتكون من سلسلتين بيبتيديتين ثقيلتين وسلسلتين خفيفتين، كل سلسلة تضم منطقة ثابتة ( C ) تتشابه عند جميع مضادات الأجسام و منطقة متغيرة ( V ) تتغير حسب مولدات المضاد.

بعد تركيب المستقبلات الغشائية، تخضع الكريات للمفاوية B لانتقاء يتمثل في حذف للمفاويات التي تظهر ارتباطا متينا بمولدات المضاد الذاتية المحمولة من طرف خلايا النخاع العظمي.

تكتسب الكريات للمفاوية T كفايتها المناعية في الغدة السعترية، حيث تتركب مستقبلات غشائية تدعى المستقبلات T والتي تتكون من سلسلتين بيبتيديتين تضم كل واحدة: جزء ثابت (منطقة C) مدمج داخل الغشاء السيتوبلازمي للخلية T. وجزء متغير (منطقة V) متجه نحو الخارج ومسؤول عن التعرف الثنائي على البروتينات المعروضة في شكل بيبتيديات مرتبطة بجزيئة CMH، على سطح خلية جسمية أو خلية عارضة لمولد المضاد ( CPA ).

بعد تركيب المستقبلات T، تخضع للمفاويات T لأول عملية انتقاء والتي تتم على مستوى المنطقة القشرية للغدة السعترية، حيث يتم تقديم جزيئات CMH المميزة للذاتي للكريات للمفاوية، فنجد أن:

★ الكريات للمفاوية التي تتفاعل وترتبط ب CMH - II لن تنتج بعد ذلك إلا جزيئة CD<sub>4</sub> و TCR وتسمى بذلك كريات لمفاوية T<sub>4</sub>.

★ الكريات للمفاوية التي تتفاعل وترتبط ب CMH - I لن تنتج بعد ذلك إلا جزيئة CD<sub>8</sub> و TCR وتسمى بذلك كريات لمفاوية T<sub>8</sub>.

★ الكريات للمفاوية التي لم تتعرف على CMH تحذف وتموت.

يسمى هذا الانتقاء بالانتقاء الايجابي لأن الذي يتفاعل مع الذاتي يحتفظ به، والذي لا يتفاعل مع الذاتي يموت.

بعد الانتقاء الأول تخضع الكريات اللمفاوية لانتقاء ثاني على مستوى المنطقة النخاعية للغدة السعترية، حيث يتم تقديم بيبتيديات الذاتي معروضة على جزيئة CMH إلى الكريات اللمفاوية، فنجد أن:

★ الكريات اللمفاوية التي سوف تتعرف بواسطة مستقبلاتها T على بيبتيديات الذاتي وترتبط بها، تحذف وتموت.

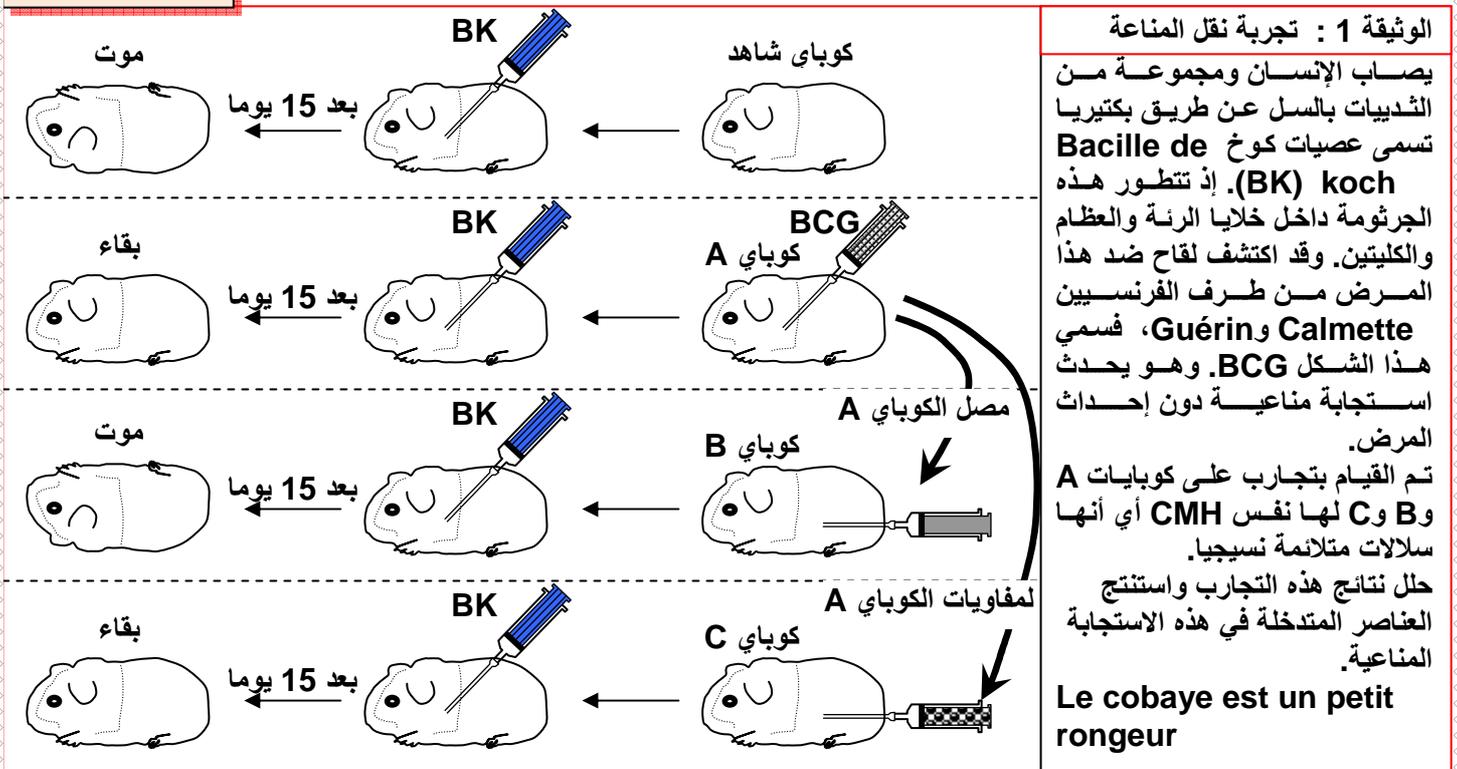
★ الكريات اللمفاوية التي لن تتعرف بواسطة مستقبلاتها T على بيبتيديات الذاتي، وبالمقابل سوف تتعرف على بيبتيديات غير الذاتي، فإنها تعيش وتصبح كرية لمفاوية ناضجة.

ويسمى هذا الانتقاء بالانتقاء السلبي، لأن الذي يتفاعل مع الذاتي يموت والذي لا يتفاعل مع الذاتي يحتفظ به.

### ③ الاستجابة المناعية ذات مسلك خلوي. Médiation cellulaire

أ - تجربة نقل المناعة: أنظر الوثيقة 1 لوحة 8.

اللوحة 8



★ يموت الكوباي الشاهد بعد حقنه ببكتيريا BK، وذلك لإصابته بالسل، إذن هي بكتيريا حادة، وتعتبر عنصرا غير ذاتي (مولد المضاد).

★ بعد حقن BCG يبقى الكوباي A سليما عند حقنه ب BK، مما يدل على أن BCG أحدثت عند الكوباي A تمنيعا ضد بكتيريا BK.

★ يموت الكوباي B بعد حقنه ب BK، رغم أنه حصل على مصّل الكوباي A الممنع ضد BK، مما يدل على أن المادة الممنعة ضد BK لا توجد في المصل.

★ بعد حقنه بلمفاويات الكوباي A، يبقى الكوباي C سليما عند حقنه ب BK، مما يدل على أن الكريات اللمفاوية هي المسؤولة عن حماية الكوباي ضد BK.

عند حقن الحيوان ب BCG تكتسب الكريات اللمفاوية خاصية التعرف على مولد المضاد BK، لتقوم بتدميره وتسمى هذه الاستجابة باستجابة مناعية نوعية عن طريق وسيط خلوي، لأن العامل الممنع هنا هي الكريات اللمفاوية.

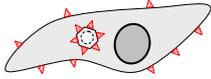
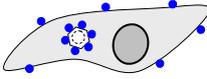
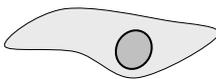
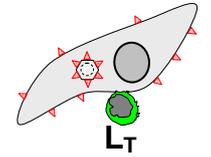
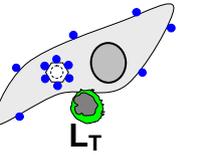
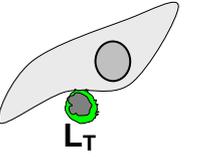
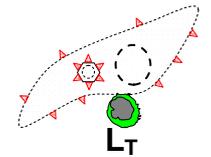
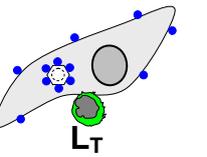
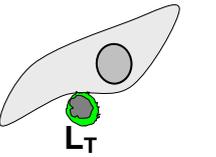
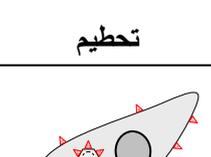
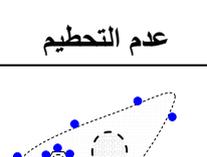
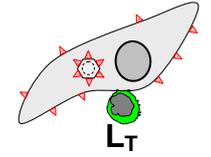
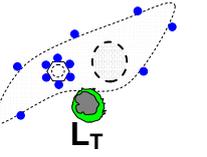
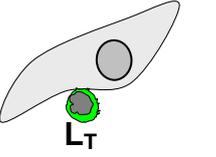
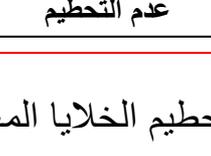
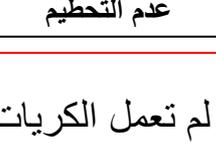
## ب - الكشف عن شروط تدخل اللمفاويات T: أنظر الوثيقة 2 لوحة 8.

### اللوحة 8

#### الوثيقة 2 : الكشف عن شروط تدخل اللمفاويات T القاتلة. Les lymphocytes T cytotoxiques

لتحديد ظروف إقصاء خلايا معفنة بحمة، نحضر في أنابيب اختبار ثلاثة أوساط زرع لخلايا مأخوذة من جلد الفئران ( تحمل مركب التلاؤم النسيجي H2k ).

الوسط الأول : خلايا معفنة بحمة A، الوسط الثاني : خلايا معفنة بحمة B، الوسط الثالث خلايا غير معفنة. تضاف للخلايا الجلدية في الأوساط الثلاثة كريات لمفاوية T مأخوذة من فئران من نفس أصل الذرية، سليمة أو سبق حقنها إما بالحمة A أو بالحمة B. ويبين الجدول أسفله النتائج المحصل عليها.

أوساط الزرع (خلية عائلية)	مولد مضاد الحمة A	مولد مضاد الحمة B	خلية غير معفنة	عند إعادة نفس التجارب باستعمال خلايا جلدية مأخوذة من فئران تحمل مركب التلاؤم النسيجي H2d، لا تحطم الخلايا بواسطة لمفاويات T مأخوذة من فئران من السلالة H2k
مصدر اللمفاويات T				
أخذ كريات لمفاوية T				حلل المعطيات التجريبية واستخرج شروط هدم الخلايا المعفنة من طرف اللمفاويات T.
حقن الحمة A				
أخذ اللمفاويات T بعد أسبوع من الحقن				<p>الحمة A </p> <p>محددات مستضادية للحمة A </p>
حقن الحمة B				
أخذ اللمفاويات T بعد أسبوع من الحقن				<p>الحمة B </p> <p>محددات مستضادية للحمة B </p>

★ خلال التجربة الأولى لم تعمل الكريات اللمفاوية LT على تحطيم الخلايا المعفنة، لأنها لم يسبق لها التعرف على هذه الحمات.

★ خلال التجربة الثانية تعمل الكريات اللمفاوية LT على تحطيم الخلايا المعفنة بالحمة A فقط، والتي سبق التعرف عليها.

★ خلال التجربة الثالثة تعمل الكريات اللمفاوية LT على تحطيم الخلايا المعفنة بالحمة B فقط، والتي سبق التعرف عليها.

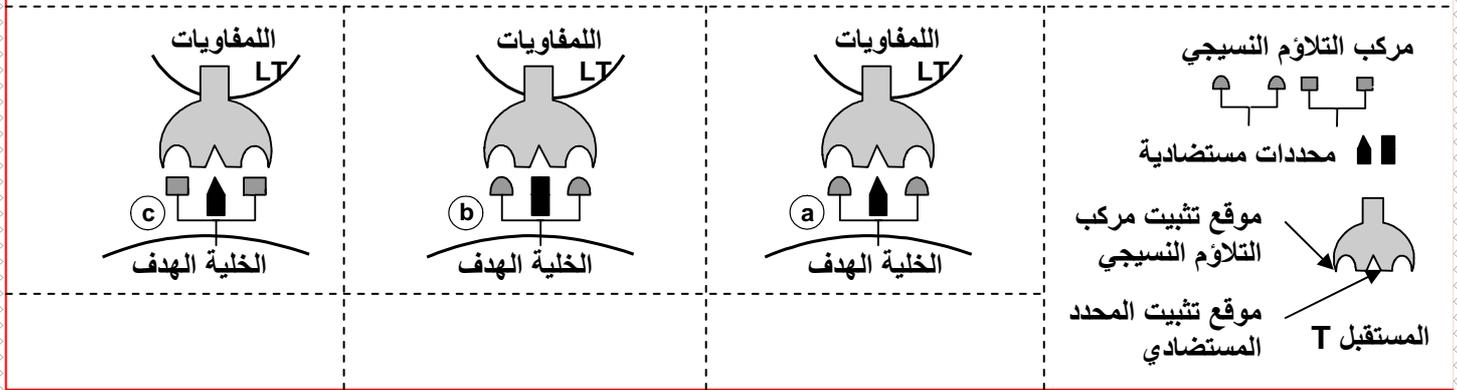
★ عند استعمال خلايا لا تحمل نفس مركب التلاؤم النسيجي H2k، لا يتم تدمير أي خلية من طرف اللمفاويات LT.

يتبين من هذه التجارب أن الكريات اللمفاوية T تتعرف وتهدم الخلايا المعفنة، وذلك بتعرفها على المحددات المستضادية غير الذاتية المعروضة على سطح الخلية المعفنة بواسطة بروتينات مركب التلاؤم النسيجي. إذن هو تعرف مزدوج : اتجاه الخلية الهدف الحاملة لمولد المضاد واتجاه مولد المضاد نفسه.

تتوفر الكريات اللمفاوية T على مستقبلات غشائية تتميز بموقعين للثبيث: أنظر الوثيقة 1 لوحة 9.

### اللوحة 9

الوثيقة 1 : تمثل الأشكال التالية تفسيراً لنتائج تجارب الوثيقة 2 لوحة 8 ، حدد الحالة أو الحالات التي يحدث فيها تحطيم الخلية الهدف.



★ موقع لثبيث المحدد المستضادي.

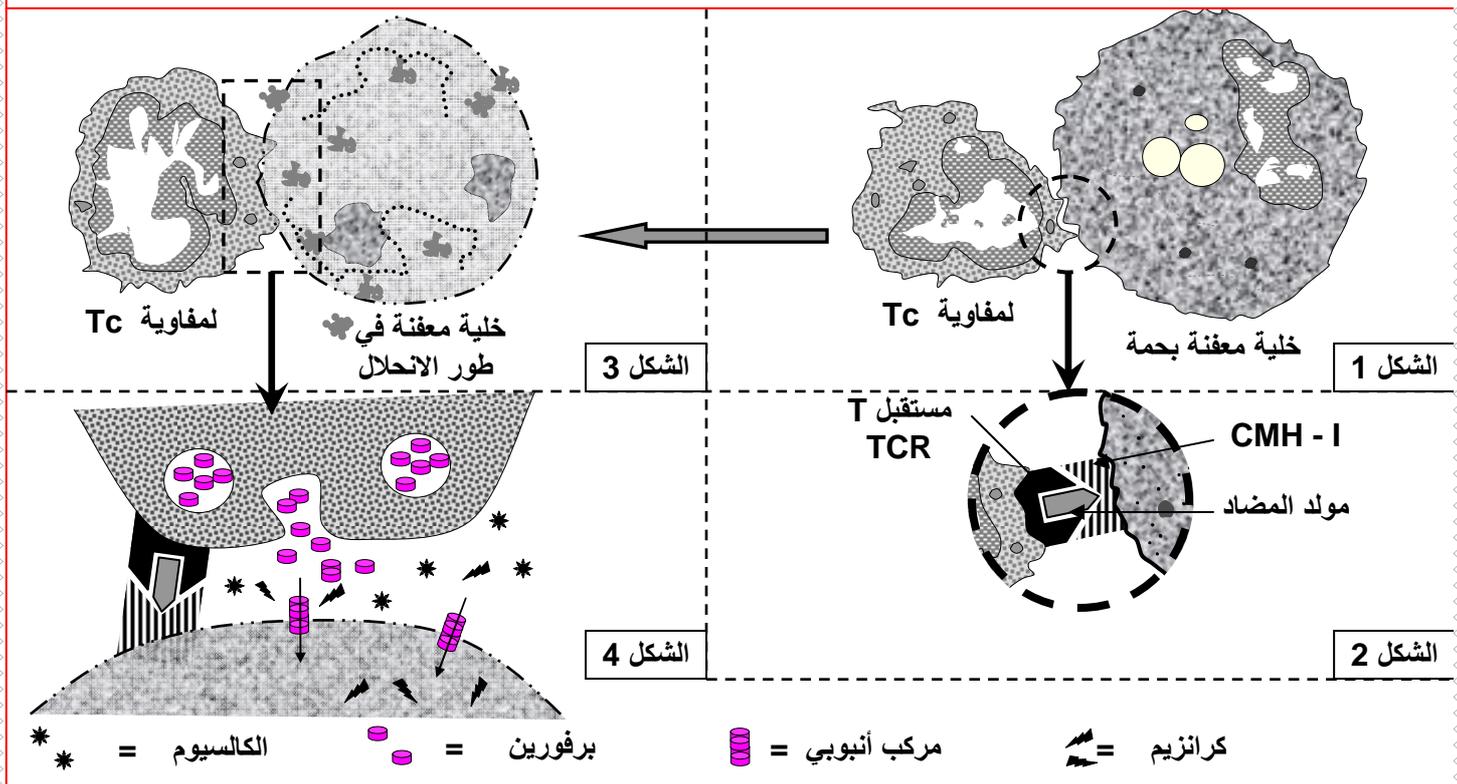
★ موقع لثبيث مركب التلاؤم النسيجي الخاص بالخلية العارضة للمحدد المستضادي.

إذا حصل هذا الثبيث المزدوج بين الكرية اللمفاوية T والخلية الهدف والذي لا يحصل إلا إذا كان هناك تكامل بنيوي بين مواقع الثبيث والعنصر المثبت، تكون الكرية اللمفاوية قد تعرفت على الخلية الهدف فتبدأ عملية تنفيذ الهجوم.

### اللوحة 9

انطلاقاً من معطيات هذه الوثيقة أبرز كيف تتعرف اللمفاويات Tc على الخلايا الهدف، ثم فسر آلية هدم الخلايا الهدف من طرف اللمفاويات Tc.

الوثيقة 2 : تعرف آليات الاستجابة المهلكة للخلايا.



## a - طور الحث: Phase d induction

بعد دخول مولد المضاد ( حمة مثلا ) إلى الوسط الداخلي، تتم بلعمته من طرف الخلايا العارضة لمولد المضاد CPA ( البلعميات الكبيرة و خلايا Langerhans للجلد ) التي ستعرض المحددات المستضادية لمولد المضاد الدخيل على جزيئة CMH ، فتنقل إلى العقد اللمفاوية حيث يتم الانتقاء اللمي للكريات اللمفاوية T النوعية للمحددات المستضادية المعروضة بواسطة خلايا CPA:

- اللمفاويات T<sub>8</sub> تتعرف على المحدد المستضادي المعروض من طرف CMH-I .
- اللمفاويات T<sub>4</sub> تتعرف على المحدد المستضادي المعروض من طرف CMH-II .

يؤدي هذا الارتباط إلى تنشيط خلايا CPA التي تفرز وسيطا مناعيا Médiateur immunitaire يسمى الأنترلوكين 1 والذي يؤدي إلى تنشيط الكريات اللمفاوية T<sub>4</sub> و T<sub>8</sub> النوعية للمحدد المستضادي.

★ يؤدي تنشيط الكريات اللمفاوية T<sub>4</sub> إلى تكاثرها و إفرازها لوسيط مناعي هو الأنترلوكين 2 (IL<sub>2</sub>) و IFN $\gamma$  ( Interféron ).

★ يؤدي تنشيط الكريات اللمفاوية T<sub>8</sub> إلى تركيبها لمستقبلات غشائية خاصة بالأنترلوكين 2، ثم تموضع هذه المستقبلات فوق الغشاء السيتوبلازمي.

## b - طور التضخيم: Phase d'Amplification

ينقسم إلى مرحلتين:

★ **مرحلة التكاثر:** Période de multiplication

خلال هذه المرحلة يتم تنشيط الكريات اللمفاوية T<sub>8</sub> المتوفرة على المستقبلات الخاصة بالأنترلوكين 2 بواسطة IL<sub>2</sub>. فتنكأثر هذه الكريات اللمفاوية مكونة لمات Des Clones، كل لمة تكون ناتجة عن كرية لمفاوية واحدة فنتكلم بذلك عن مرحلة التوسع اللمي Expansion clonale.

★ **مرحلة التفريق:** Période de différenciation

خلال هذه المرحلة تتحول الكريات اللمفاوية T<sub>8</sub> إلى كريات لمفاوية مهلكة الخلايا Tc ( LTc ) تحتوي على حويصلات غولجية غنية بجزيئات بروتينية تسمى البرفورين La perforine .

## c - طور التنفيذ: Phase effectrice

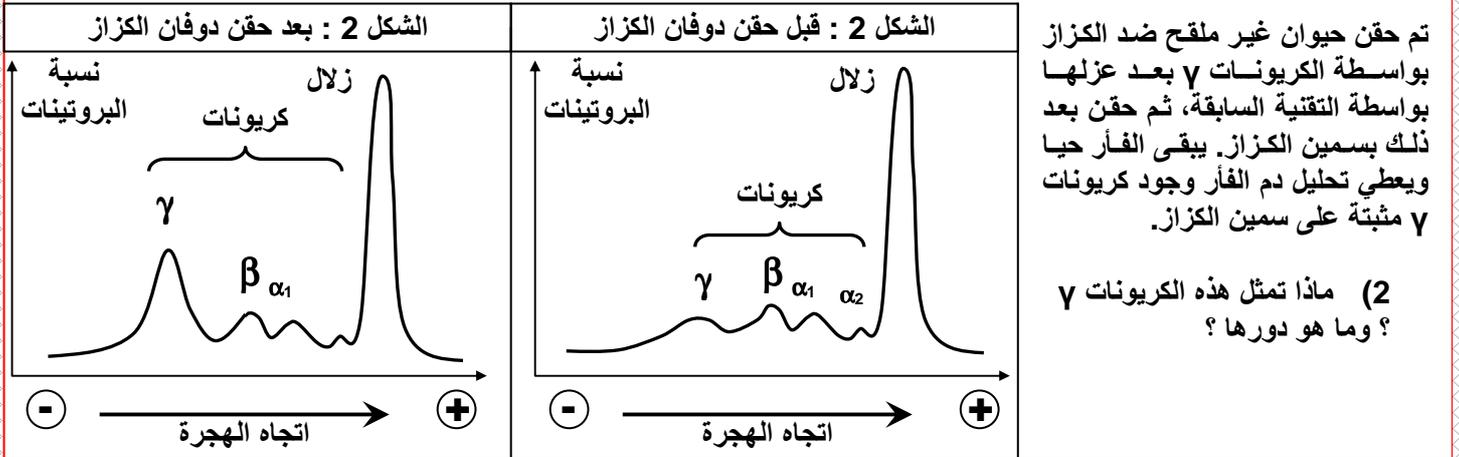
خلال هذا الطور تغادر الكريات اللمفاوية T<sub>8</sub> مهلكة الخلايا ( LTc ) العقد اللمفاوية وتنتشر في الجسم بحثا عن خلايا الجسم العارضة للمحددات المستضادية لمولد المضاد الدخيل بواسطة CMH-I . تتعرف الكريات اللمفاوية TC بواسطة مستقبلاتها T ( TCR )، على المحدد المستضادي المعروض بواسطة CMH-I، ويسمى هذا التعرف بالتحرف الثنائي. ( تساهم في هذا التعرف الواسمات CD<sub>8</sub> ).

تحرر LTC البرفورين وأنزيمات الكرانزيم. بوجود الكالسيوم Ca<sup>++</sup> تندمج جزيئات البرفورين مع غشاء الخلية الهدف محدثة ثقوبا. يتسرب الكرانزيم إلى الخلية الهدف عبر الثقوب مما ينشط أنزيمات تؤدي إلى هدم ADN الخلية الهدف وموتها.

## ④ الاستجابة المناعية ذات مسلك خلطي. Médiation humorale

### أ - الكشف التجريبي عن الاستجابة المناعية الخلطية: أنظر الوثيقة 3 لوحة 9 اللوحة 9

الوثيقة 3 : نقيس نسبة بعض بروتينات المصل الدموي ( كرياتون ) بواسطة الهجرة الكهربائية، وذلك قبل وبعد حقن حيوان بدوفان الكزاز. يمثل الشكلان 1 و 2 النتائج المحصل عليها، وذلك قبل وبعد 15 يوما من حقن فأر سليم بالسمين الكزازي الموهن. (1) ماذا يمكنك استنتاجه من مقارنة الشكلين 1 و 2 ؟



(1) نلاحظ أن حقن الفأر بسمين الكزاز موهن يؤدي إلى ارتفاع نسبة بعض بروتينات المصل الدموي وبالضبط ارتفاع نسبة الكرياتونات  $\gamma$ . ربما أن المادة الممنعة في هذه الحالة هي عبارة عن كرياتون  $\gamma$ .

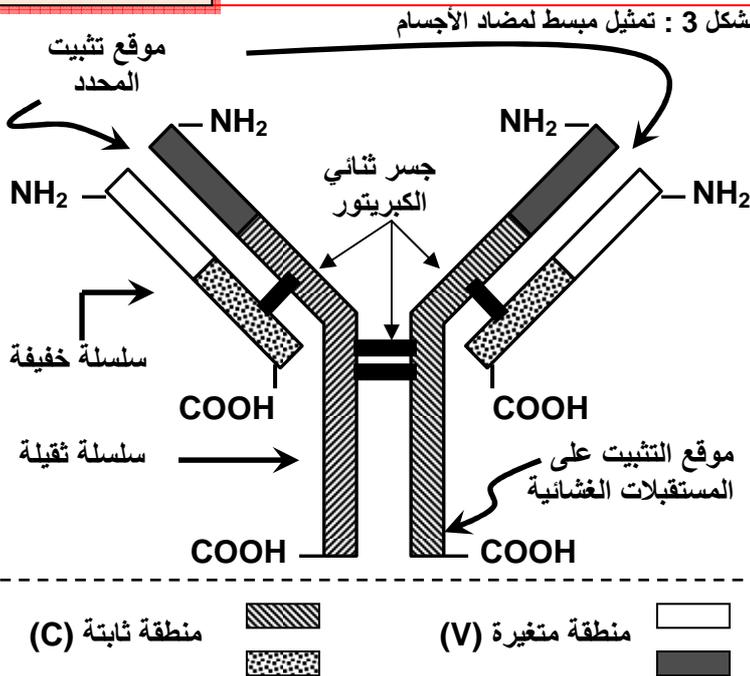
(2) تقوم الكرياتونات  $\gamma$  بحماية الفأر من سمين الكزاز، وهذا يدل على أن هذه الكرياتونات  $\gamma$  هي المادة الممنعة في هذه الحالة، وهي مادة توجد في مصل الحيوان الممنع (الوسط الداخلي) لدى نتكلم عن استجابة مناعية عن طريق وسيط خلطي.

تشكل ادن الكرياتونات  $\gamma$  مضادات أجسام  $\text{Les anticorps}$ . ويتجلى دورها في ارتباطها بمولدات المضاد (السمين) مما يبطل فعاليته ويسمى المركب "مضاد أجسام - مولد المضاد" بالمركب المنيع  $\text{Complexe immun}$ .

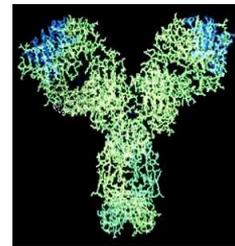
### ب - بنية وأصناف مضادات الأجسام:

#### a - بنية مضادات الأجسام: أنظر الوثيقة 1 لوحة 10

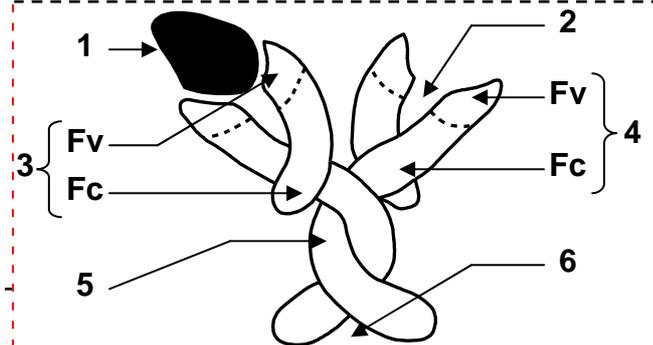
اللوحة 10



الوثيقة 1 :



الشكل 1: التمثيل الفضائي لمضاد الأجسام Anticorps



الشكل 2: رسم تخطيطي تفسيري لجزيئة مضاد الأجسام

تنتهي مضادات الأجسام لمجموعة الكريونات لذا تسمى الكريونات المناعية Les immunoglobulines Ig وتملك جزيئة مضاد الأجسام بنية أساسية مكونة من :

★ سلسلتين متماثلتين خفيفتين مكونة من حوالي 220 حمض أميني تسمى كل سلسلة بالسلسلة L.

★ سلسلتين متماثلتين ثقيلتين مكونة من حوالي 440 حمض أميني تسمى كل سلسلة بالسلسلة H.

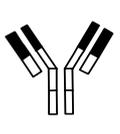
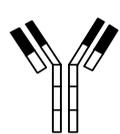
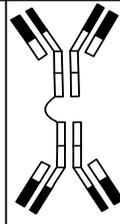
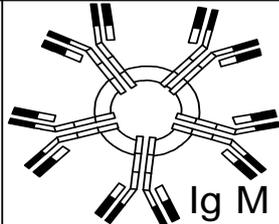
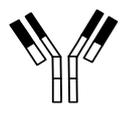
وترتبط هذه السلاسل الأربعة بواسطة قناطر ثنائية الكبريتور وتكون ملتوية فيما بينها على شكل حرف y. وقد بين التحليل الكيميائي أن كل سلسلة من هذه السلاسل تحتوي على منطقتين :

◀ منطقة ثابتة ( C ) Constante متشابهة لدى جميع مضادات الأجسام المنتمية لنفس الصنف.

◀ منطقة متغيرة ( V ) Variable مختلفة من مضاد أجسام لآخر. وتشكل هذه المنطقة موقع تثبيت مولد المضاد، وهي التي تحدد إذن نوعية المستضادية أي نوعيته لمولد مضاد معين.

### b - أصناف مضادات الأجسام: أنظر الوثيقة 2 لوحة 10

#### اللوحة 10

الوثيقة : 2					أصناف مضادات الأجسام
					
Ig D	Ig E	Ig A	Ig M	Ig G	
آثار	آثار	[15- 20]	10	[70- 75]	% بالنسبة لمجموع Ig
وافرة على سطح LB المتقلبة	* تثبت على الخلايا البدينة والمحببات * دور في الأرجية	* تتواجد أساسا في الإفرازات * تمنيع محلي	* لا تخترق المشيمة * ظهور مبكر	* تخترق المشيمة * تكون حرة * تثبت وتنشيط عامل التكملة * تنشيط البلعميات الكبيرة	أهم الخصائص

إن المنطقة المتغيرة في جزيئة مضاد الأجسام هي التي تحدد نوعيته المستضادية، في حين تحدد المناطق الثابتة الصنف الذي ينتمي له. ونميز عدة أصناف من مضادات الأجسام تختلف حسب معدل تركيزها في المصل، وأماكن فعلها وكذلك خصائصها.

★ IgG : بنية أحادية، يوجد في المصل وخارج الخلايا، ويتميز بتثبيت عامل التكملة وتسهيل البلعمة وإبطال مفعول السمينات ومفعول الحمات.

★ IgA : بنية أحادية في المصل أو ثنائية في الإفرازات ( الدموع ، اللعاب ، العصارة الهضمية ). يهاجم الطفيليات ويبطل مفعول السمينات والحمات.

★ IgM : بنية أحادية (مستقبلات غشائية للمفاويات B) أو خماسية في الدم. ويتدخل ضد عوامل التعفن.

★ IgD : بنية أحادية، يوجد على سطح الكريات للمفاوية B.

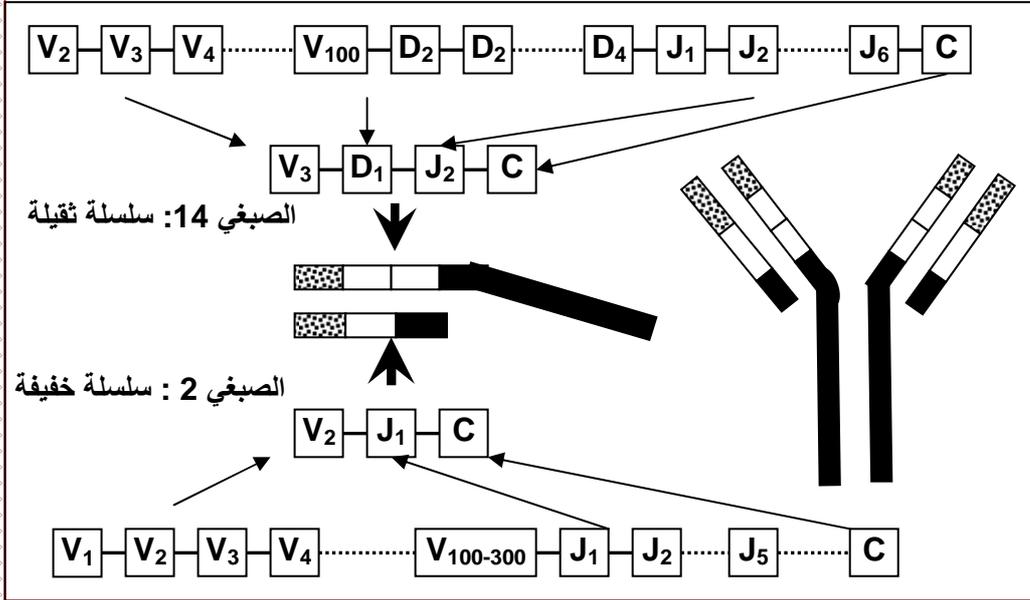
★ IgE : بنية أحادية، يوجد بتركيز ضعيف في المصل، ويتدخل عند الحساسية المفرطة الفورية.

## C - أصل تنوع مضادات الأجسام: أنظر الوثيقة 3 لوحة 10

اللوحة 10

الوثيقة 3 : الأصل الوراثي لتنوع مضادات الأجسام.

إن تركيب الكريوتين المناعي هو تحت رئاسة مورثتين، واحدة بالنسبة للسلسلة الثقيلة والأخرى بالنسبة للسلسلة الخفيفة. ويتم ذلك خلال مرحلة نضج الكريات اللمفاوية B وقبل أي تماس مع مولدات المضاد. إن هذه المورثات تكون عند الكريات اللمفاوية غير الناضجة على شكل أجزاء مشتتة على طول الصبغي. حيث يتم تجميعها قبل الاستنساخ حسب برنامج دقيق لكنه خاضع للصدفة.



- ★ تتألف المورثة المسؤولة عن تركيب السلسلة الثقيلة من أربعة أجزاء يشار إليها بالحروف C, J, D, V متموضعة على الصبغي 14
- ★ تتألف المورثة المسؤولة عن تركيب السلسلة الخفيفة من ثلاثة أجزاء يشار إليها بالحروف C, J, V متموضعة على الصبغي 2.
- ★ هناك عدة نسخ من الأجزاء V و D و J. وهذه المورثات هي المسؤولة عن تركيب المنطقة المتغيرة.
- ★ هناك نسخة واحدة من الجزء C، وهذه المورثة هي المسؤولة عن تركيب المنطقة الثابتة.

كل نمط من مضادات الأجسام يكون نوعياً لمولد مضاد معين، وينتج التنوع الهائل لمضادات الأجسام عن آلية تسمى إعادة التركيب الوراثي Réarrangement génétique حيث بينت تطبيقات الهندسة الوراثية أن:

- ★ السلاسل الثقيلة H يتم تركيبها انطلاقاً من أربعة أجزاء جينية Minigènes يشار إليها بالحروف: V (variabilité) و D (Diversité) و J (jonction) محمولة على الصبغي 14.
- ★ السلاسل الخفيفة L يتم تركيبها انطلاقاً من ثلاث أجزاء جينية هي: C و V و J. محمولة على الصبغي 2.

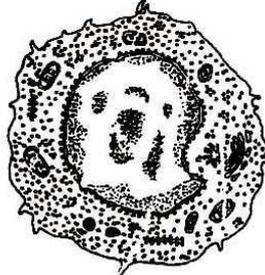
## d - إنتاج مضادات الأجسام: أنظر الوثيقة 1 لوحة 11

اللوحة 11

الوثيقة 1 : إنتاج مضادات الأجسام.



بلمزية



كربية لمفاوية B

- داخل وسط زرع لمفاويات فأر، نعمل على إدخال بقايا خلية بكتيرية، فتم تسجيل الملاحظات التالية:
  - ★ ارتفاع تركيز ARN و ADN داخل الخلية.
  - ★ انقسام بعض اللمفاويات.
  - ★ إفراز مضادات الأجسام.
  - ★ يتغير شكل اللمفاويات كما هو مبين على الأشكال أمامه.
- سؤال : ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج التجريبية ؟

يزداد حجم الكريات اللمفاوية وتعتني ببعض البنيات مثل الشبكة السيتوبلازمية الداخلية المحببة وجهاز غولجي، وبذلك تتفرق إلى بلزميات قادرة على إنتاج مضادات الأجسام. يتبين إذن أن تركيب مضادات الأجسام يحتم توفر شبكة سيتوبلازمية داخلية محببة، جهاز غولجي وحويصلات الإفرازية. هذا يعني أن تركيب مضادات الأجسام يتم بنفس المراحل التي تتركب فيها كل البروتينات: الاستنساخ والترجمة.

## ج - آليات الاستجابة المناعية الخلطية:

### a - طور الحث: Phase d induction

بعد دخول مولد المضاد إلى الوسط الداخلي ترتبط محدداته المستضادية بطريقة متكاملة مع المستقبلات B النوعية الموجودة على غشاء الكريات اللمفاوية B النوعية لمولد المضاد. وفي نفس الوقت تقوم خلايا CPA (خصوصا البلعميات الكبيرة) بعرض المحددات المستضادية لمولد المضاد. وعند ارتباط المستقبلات T للكريات اللمفاوية T<sub>4</sub> النوعية لمولد المضاد بالمحددات المستضادية المعروضة، تفرز الكريات اللمفاوية T<sub>4</sub> عامل منشط للبلعميات الكبيرة. فتفرز هذه الأخيرة الأنترلوكين 1 (IL<sub>1</sub>) الذي ينشط الكريات اللمفاوية T<sub>4</sub> النوعية لمولد المضاد، فتفرز عندئذ الأنترلوكين 2 (IL<sub>2</sub>) الذي ينشط الكريات اللمفاوية B المحسنة ( التي يوجد ارتباط بين مستقبلاتها B و مولد المضاد ).

### b - طور التضخيم: Phase d'Amplification

خلال هذه المرحلة تتكاثر اللمفاويات B وتخضع لعملية تفريق لتتحول إلى بلزميات مفرزة لمضادات الأجسام، تحت تأثير الأنترلوكينات 4,5,6 ( IL<sub>4</sub> , IL<sub>5</sub> , IL<sub>6</sub> ) المفرزة من طرف الكريات اللمفاوية.

### c - طور التنفيذ: Phase effectrice

خلال هذا الطور تقوم البلزميات بإفراز مضادات الأجسام نوعية للمحدد المستضادي المستهدف، فتتقل هذه الكريونات المناعية بواسطة الدم واللمف من الأعضاء اللمفاوية المحيطة حيث تم إنتاجها إلى مكان تأثيرها حيث ترتبط بمولدات المضاد الدخيلة والمسؤولة عن تسبب هذه الاستجابة المناعية، مكونة مركبات منيعة.

## د - آليات تدخل مضادات الأجسام:

### a - تعرف مضاد الأجسام على مولد المضاد:

ترتبط مولدات المضاد بمضادات الأجسام النوعية لها، وهذا الارتباط ليس تفاعلا كيميائيا بقدر ما هو ارتباط بسيط نتيجة قوى تجاذبيه بيجزيئية تحدث بين موقع تعرف مولد المضاد والمحدد المستضادي، وهو تكامل بنيوي يتكون من خلاله المركب المنيع.

### b - دور مضادات الأجسام في القضاء على مولد المضاد: أنظر الوثيقة 2 لوحة 11.

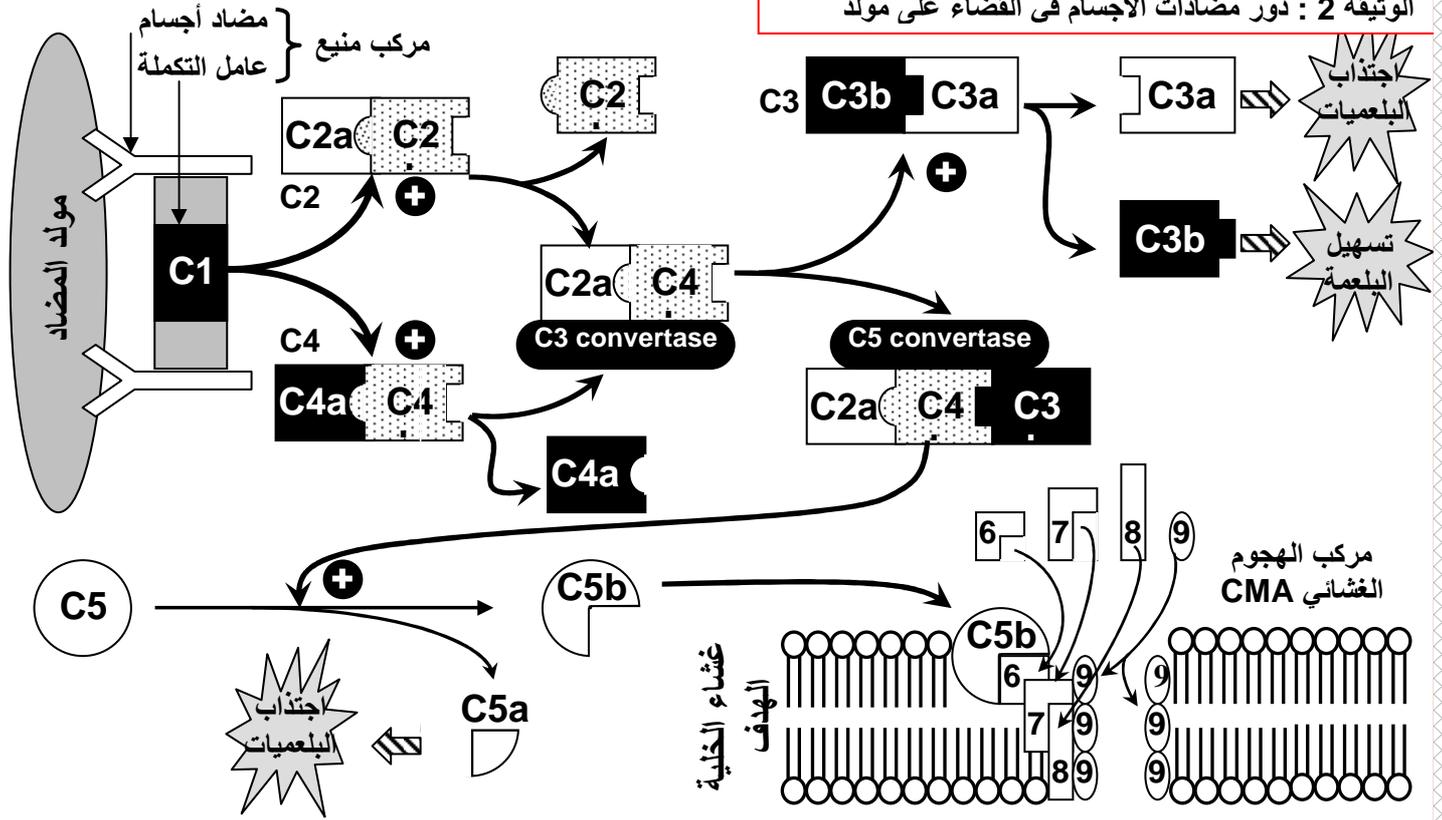
عند ارتباط مضادات الأجسام بمولدات المضاد، يتشكل المركب المنيع الذي ينشط عامل التكملة، فينتج عن هذا التنشيط المتسلسل لأجزاء عامل التكملة تشكل مركب الهجوم الغشائي ( C.A.M ) الذي يتسبب في انحلال الخلية الهدف بصدمة أسموزية.

### c - دور مضادات الأجسام في تسهيل البلعمة: أنظر الوثيقة 3 لوحة 11

بعد تكون المركب المنيع، وتنشيط عامل التكملة، ترتبط الأجزاء C<sub>3</sub>b بمولد المضاد فتسهل بلعمته من طرف البلعميات.

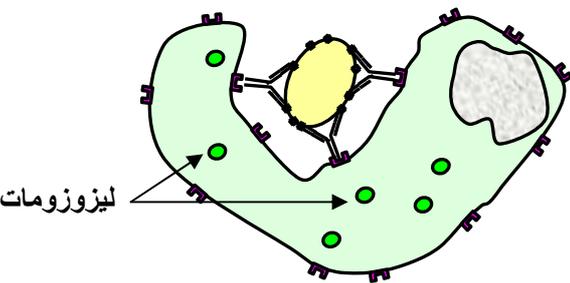
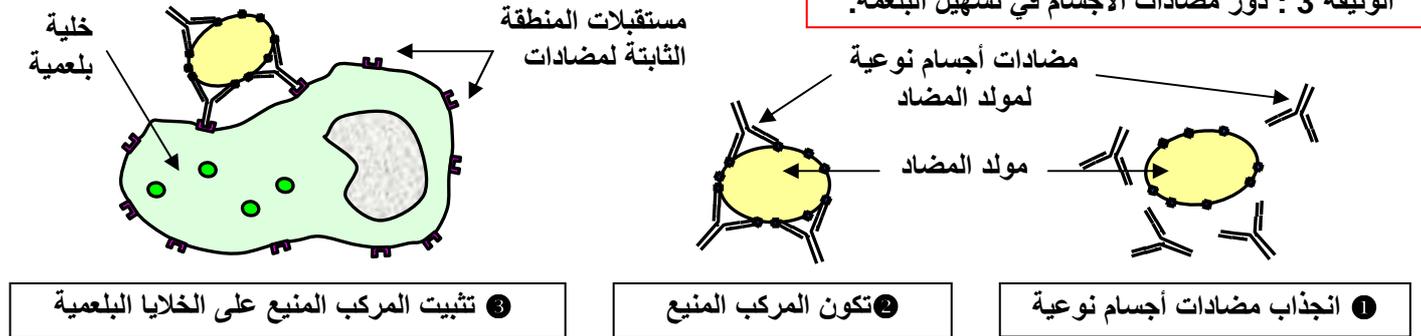
اللوحة 11

الوثيقة 2 : دور مضادات الأجسام في القضاء على مولد

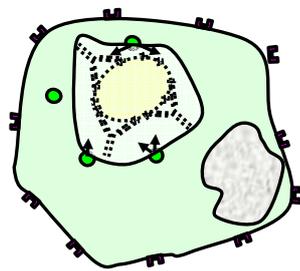


اللوحة 11

الوثيقة 3 : دور مضادات الأجسام في تسهيل البلعمة.



4 ابتلاع المركب المنيع



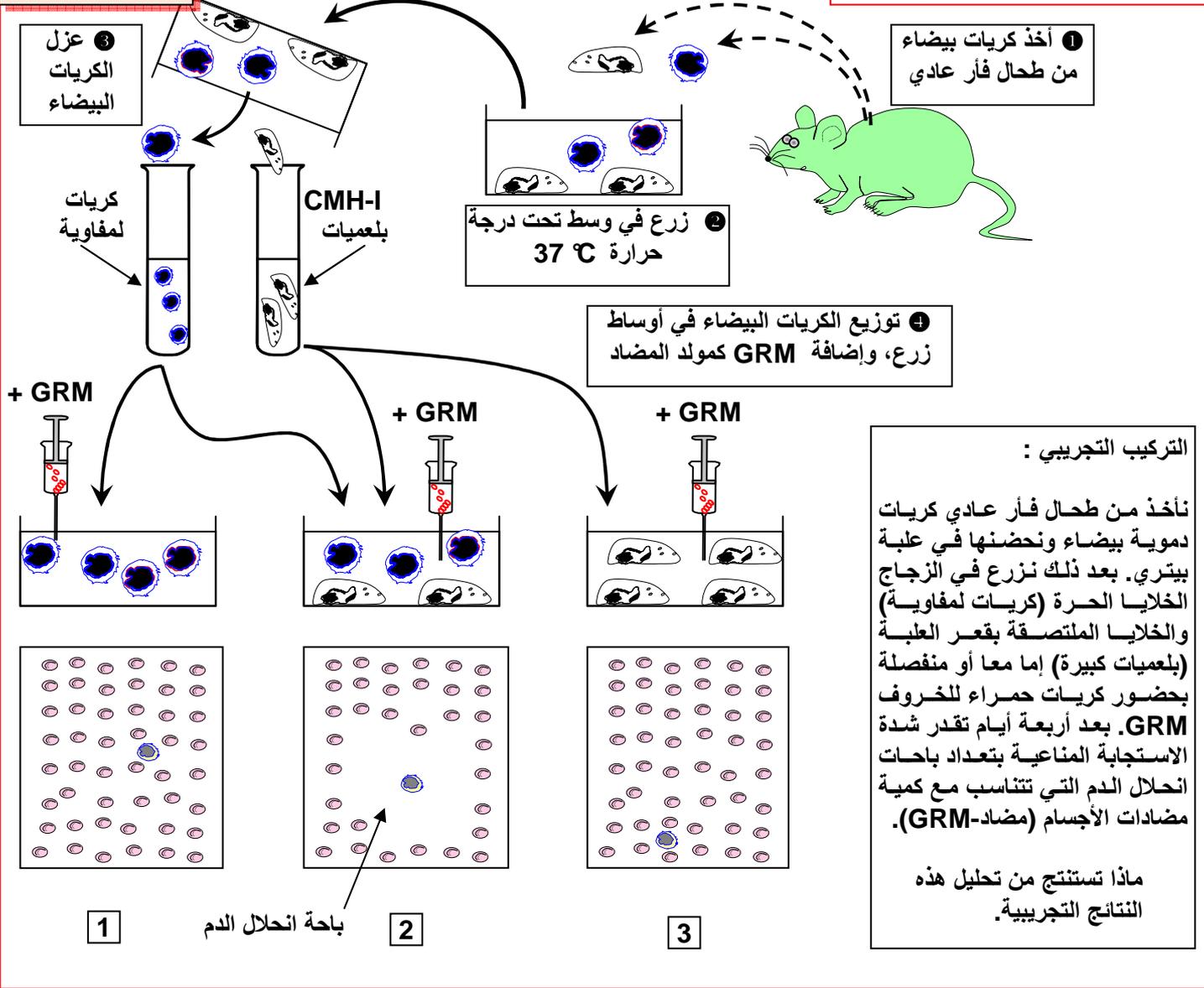
5 عزل أو تحطيم المركب المنيع

III - التعاون الخلوي بين الخلايا المناعية:

① الكشف التجريبي عن وجود تعاون بين الخلايا المناعية:

أ - تجربة Mosier ( 1967 ) : أنظر الوثيقة 1 لوحة 12.

نلاحظ أن باحة الانحلال تظهر فقط في الحالة الثانية، عند وجود كل من الكريات اللمفاوية والبلعميات. يدل هذا على أن هناك تعاون بين البلعميات الكبيرة واللمفاويات لإنتاج مضادات الأجسام.



ب - تجربة Claman ( 1967 ) : أنظر الوثيقة 2 لوحة 12.

**الوثيقة 2 :** تجربة Claman الكشف عن التعاون الخلوي بين اللمفاويات. تهبأ الفئران لهذه التجربة باستئصال الغدة السعترية، ثم إخضاع الفئران للتشعيع لقتل اللمفاويات، فتحقق اللمفاويات B و T إما متفرقة أو مجتمعة. ( أنظر الجدول أسفله ) استنتج أنماط الخلايا المناعية المعنية بالتعاون والتي تكشف عنها هذه التجربة.

استئصال الغدة السعترية ثم التشعيع			تهين الحيوانات
حقن اللمفاويات B و T	حقن اللمفاويات B	حقن اللمفاويات T	بدون معالجة ( شاهد )
1	3	2	1
تتلقى جميع الفئران حقنة من GRM ( كريات حمراء للخروف )			إعادة تكوين جزئي أو كلي للجهاز المناعي عن طريق حقن اللمفاويات
			تمنيع
مصل المجموعة 4 + GRM : ايجابي	مصل المجموعة 3 + GRM : سلبي	مصل المجموعة 2 + GRM : سلبي	نتائج اختبارات تلكد الكريات الحمراء (أسبوع بعد التمنييع)
مصل المجموعة 1 + GRM : ايجابي			

نلاحظ أن تلكد الكريات الحمراء ( استجابة مناعية ) لا يحدث إلا بوجود الكريات اللمفاوية B و t، نستنتج إذن أن الخلايا المناعية المعنية بالتعاون هي الكريات اللمفاوية B و T.

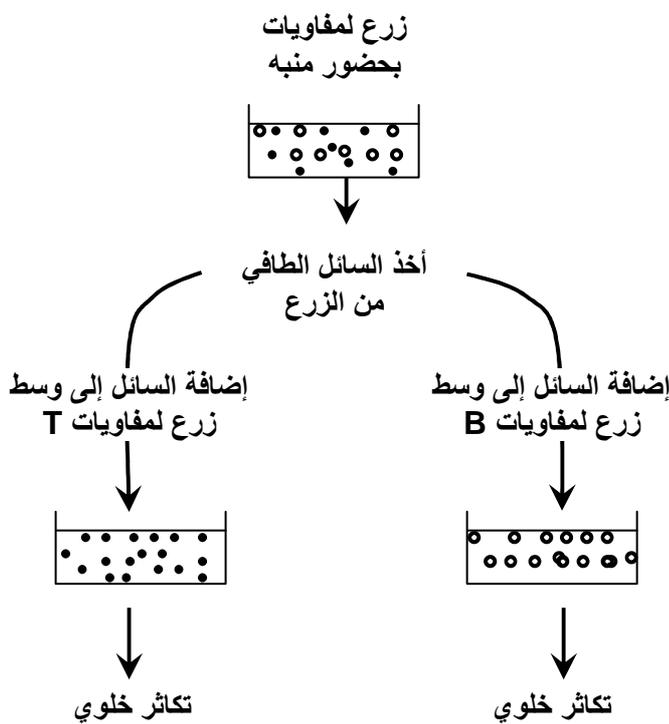
### ج - استنتاج:

توجد جل الكريات اللمفاوية B في حالة خمول، ولا تصبح نشيطة إلا بعد تعرفها على مولد المضاد النوعي. ويتطلب هذا التنشيط تعاوننا بين اللمفاويات B و T والخلايا العارضة لمولد المضاد CPA كالبعميات الكبيرة.

### ② موقع وآليات التعاون بين الخلايا المناعية:

أ - الكشف عن تدخل الوسائط المناعية: أنظر الوثيقة 1 لوحة 13.

#### اللوحة 13



الوثيقة 1: الكشف عن تدخل الوسائط الكيميائية في التعاون بين الخلايا المناعية.

نزرع لمفاويات T، مأخوذة من شخص سليم، بحضور مواد منبهة تلعب دور مولدات المضاد. نأخذ السائل الطافي للزرع، ثم نضيفه إلى وسط زرع، الأول به لمفاويات T، والثاني به لمفاويات B. بين التحليل الكيميائي للسائل الطافي، وجود مادة كيميائية (الأنترلوكين 2)، كما بين التحليل الخلوي للمفاويات، أن الكريات اللمفاوية التي تفرز الأنترلوكين 2 هي T<sub>4</sub>.

انطلاقاً من هذه المعطيات استنتج كيفية التعاون بين الخلايا المناعية المتدخلة.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

إن تكاثر اللمفاويات يرمز إلى تسبب استجابة مناعية، باستثمار هذا المعطى يمكنك القول أن تكاثر اللمفاويات سببه مواد كيميائية توجد في السائل الطافي من الزرع. هذه المواد تم إفرازها من طرف الخلايا المناعية بوجود العنصر المنبه، وهو مولد المضاد. هذه المواد المنشطة للمفاويات B تشكل الوسائط المناعية، وهي أساسية في التواصل بين مختلف الخلايا المتدخلة في الاستجابة المناعية.

نستنتج من هذا التحليل أن الاستجابة المناعية الخلوية تنتج عن عدة عمليات تساهم فيها كل من البلعميات الكبيرة ( مستقبلية للعنصر الغريب و عارضة لمحدداته المستضادية )، و LT<sub>4</sub> (مرسلة للوسائط المناعية) و LB (منفذة للاستجابة).

ب - آلية التعاون بين الخلايا المناعية: أنظر الوثيقة 1 لوحة 13.

تعتبر العقد اللمفاوية ملتقى المسلكين الدموي واللمفاوي، ومكان اتصال الخلايا اللمفاوية ( أنظر الوثيقة 2 لوحة 13 ). وهكذا تلتقي الكريات اللمفاوية والخلايا العارضة لمولد المضاد (CPA) في أقرب عقد

لمفاوية لمكان الخمج. لتتم عملية الانتقاء اللممي للكريات للمفاوية النوعية لمولد المضاد، (أنظر الوثيقة 3 لوحة 13)

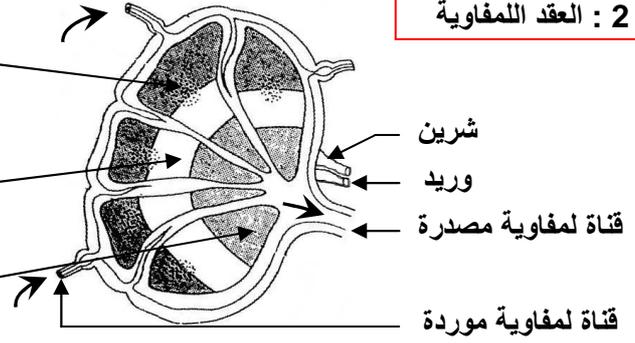
### اللوحة 13

الوثيقة 2 : العقد المفاوية

منطقة قشرية غنية بالمفاويات LB، وتضم جريبات أولية بها لمفاويات LB. بعد الاتصال بمولد المضاد تتحول هذه الجريبات إلى جريبات ثانوية حيث تتكاثر المفاويات LB.

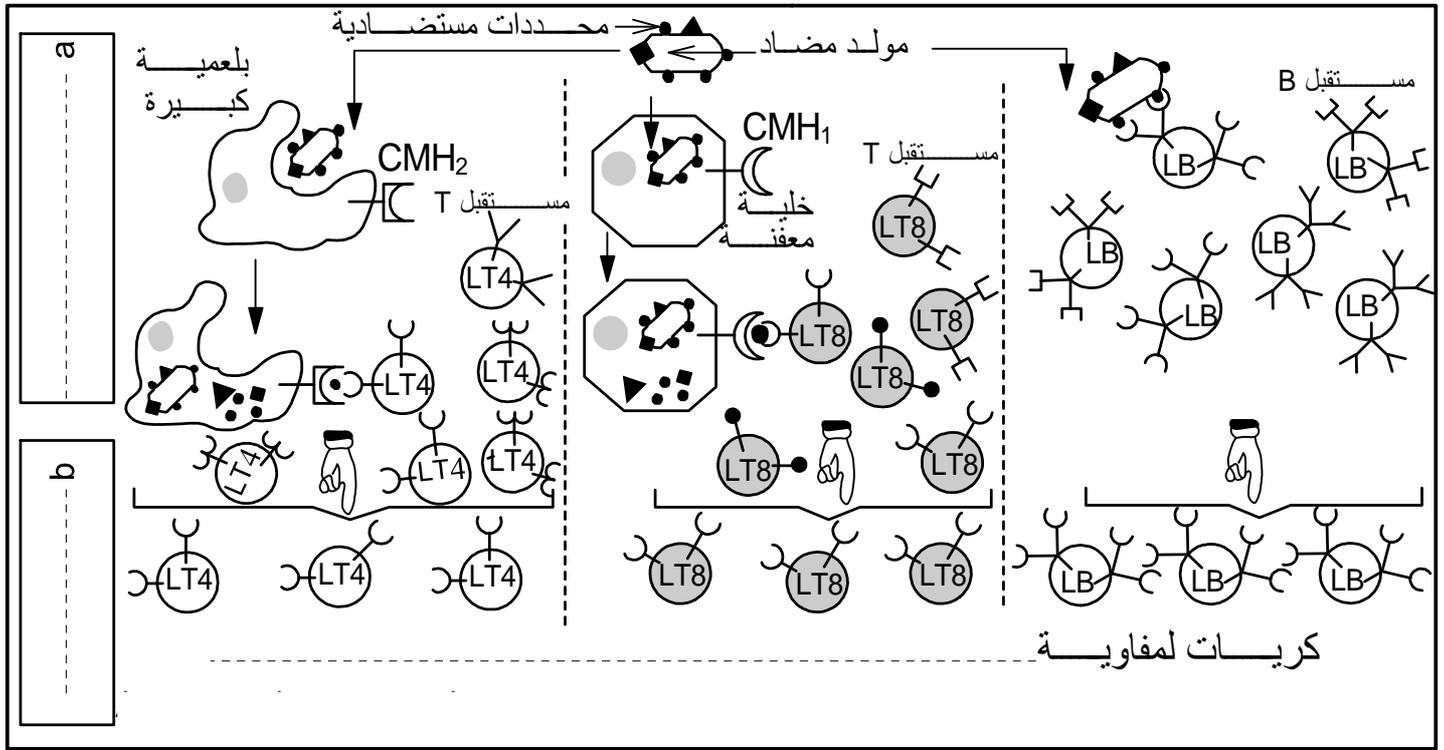
منطقة جار قشرية غنية بالمفاويات LT، والخلايا العارضة CPA

منطقة نخاعية تضم لمفاويات LB ولمفاويات LT وبلعميات كبيرة وبلزميات، كما تنطلق منها العروق للمفاوية المصدر.



### اللوحة 13

الوثيقة 3 : الانتقاء اللممي خلال الاستجابة المناعية النوعية

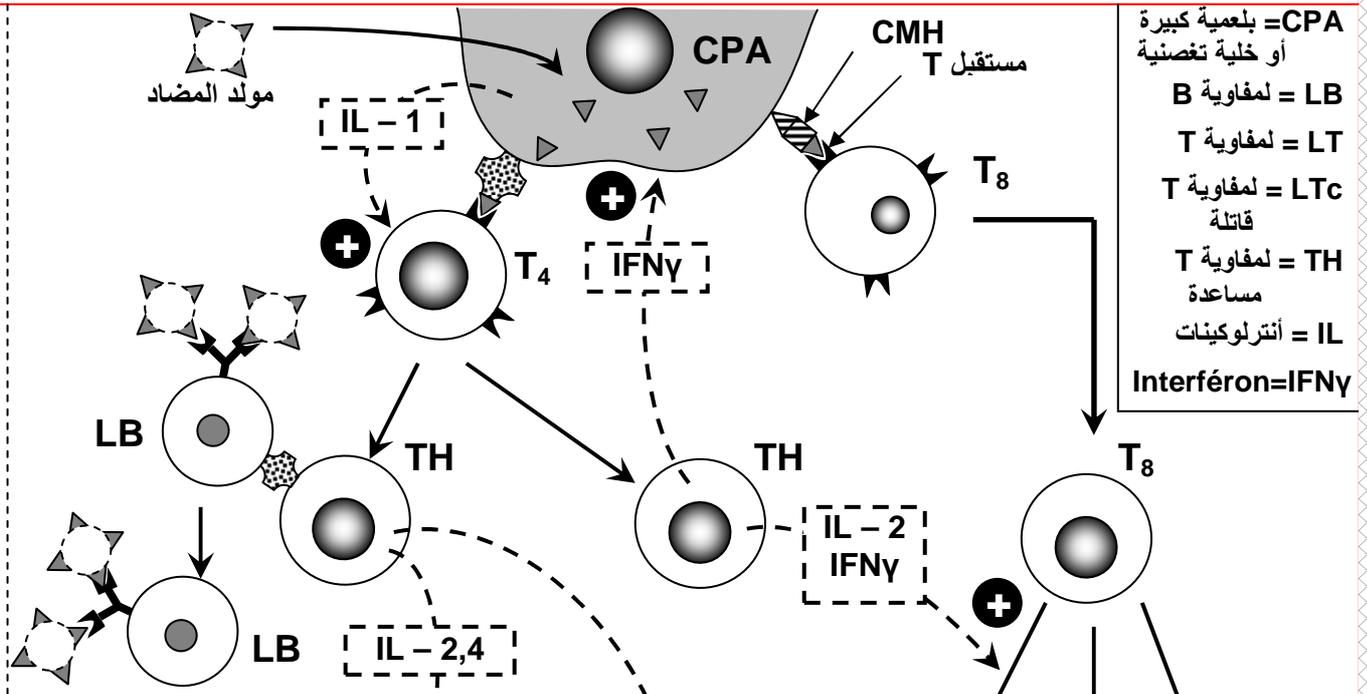


تتم بلعمة مولد المضاد بواسطة البلعميات الكبيرة التي تجزئه إلى ببتيدات. فتلتحم الببتيدات مع CMH-II ويعرض المركب ببتيد - CMH-II على سطح الخلايا العارضة (CPA). تتعرف LT<sub>4</sub> على هذا المركب عن طريق التماس المباشر (تعرف ثنائي). تفرز CPA الأنترلوكين IL-1 الذي يحث LT<sub>4</sub> على التفريق إلى لمفاويات مساعدة TH. تفرز هذه الأخيرة مجموعة من السيتوكينات تنشط CPA وLB النوعية وLT<sub>8</sub> النوعية.

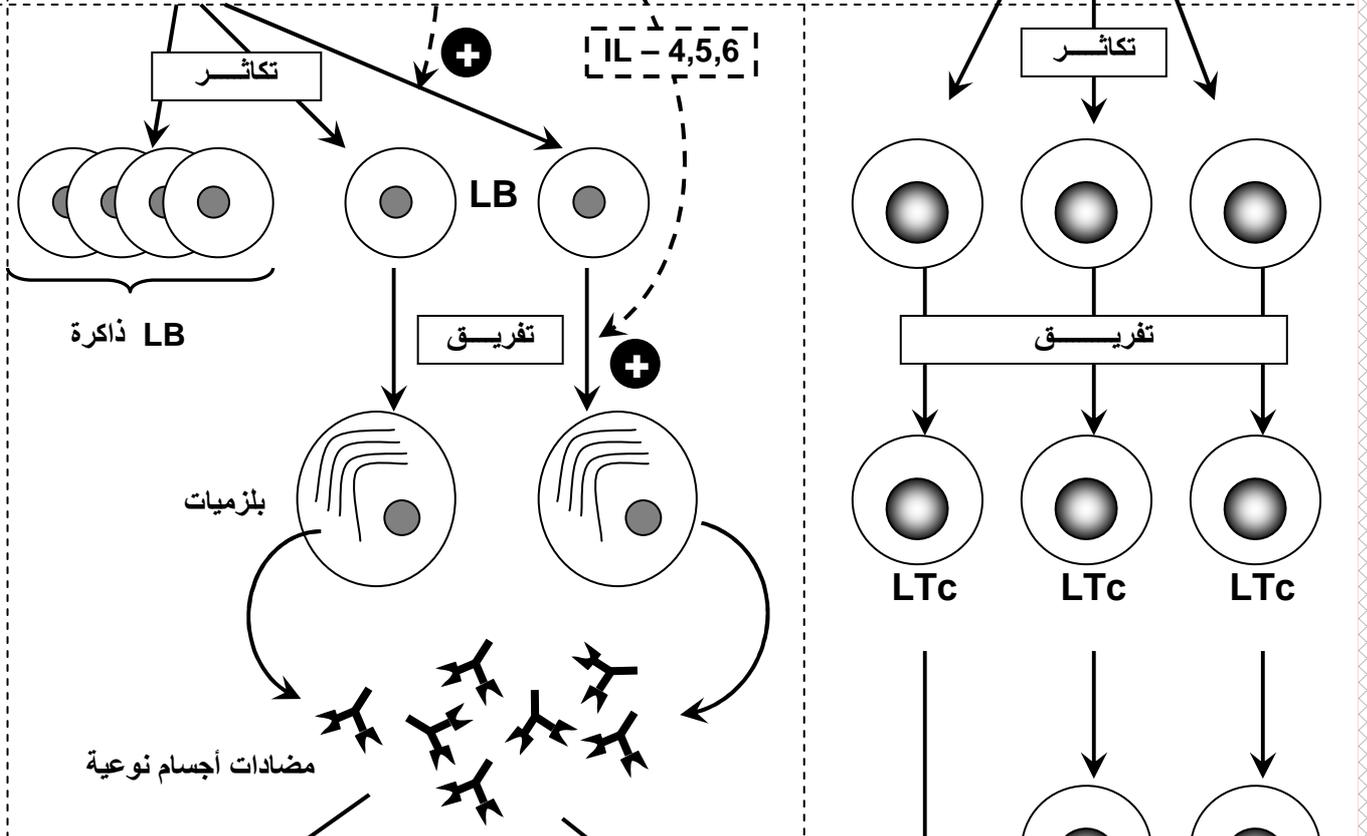
### IV - حصيلة تركيبية لمراحل الاستجابة المناعية:

✘ أول معطيات الوثيقة 1 لوحة 14 إلى نص يلخص مختلف مراحل الاستجابة المناعية

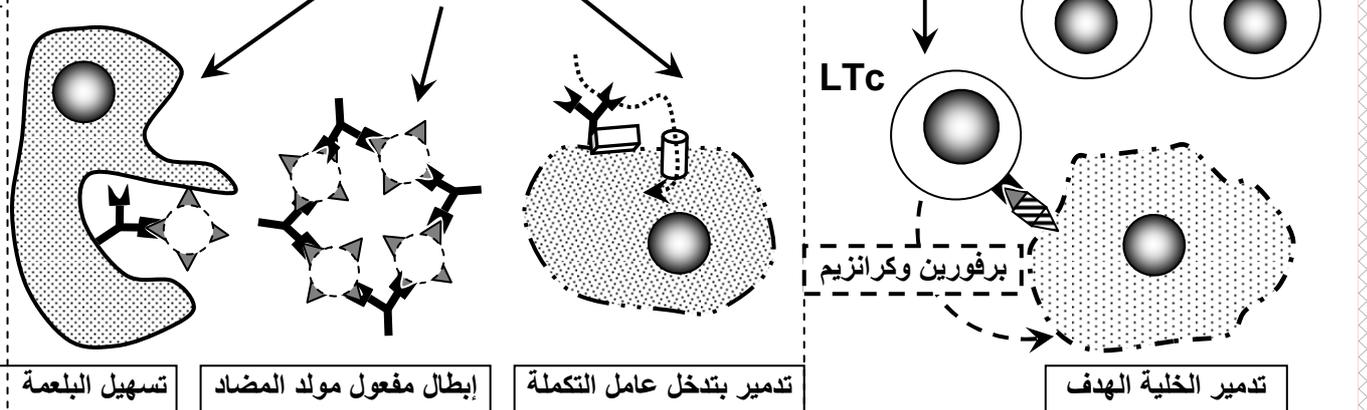
1 طور التحريض أو الحث  
تعرف مولد المضاد والانتقاء اللممي



2 طور التضخيم  
التوسع اللممي وتفريق اللمفاويات



3 طور التنفيذ



تسهيل البلعمة

إبطال مفعول مولد المضاد

تدمير بتدخل عامل التكملة

تدمير الخلية الهدف

☑ تتدخل الاستجابة المناعية عبر آليات متنوعة ومتراصة ومتكاملة فيما بينها وتتم عبر مراحل هي:

### ★ الحث أو التحريض L'induction:

عند تسرب مولد مضاد إلى الجسم يصل إلى أقرب عقد لمفاوية، حيث تتعرف عليه لمفاويات نوعية LT و LB (انتقاء لمي)، كما تعرض أجزاؤها بواسطة جزيئات CMH-II للخلايا العارضة لمولد المضاد.

تتعرف اللمفاويات T4 النوعية على المركب ببيتيد - CMH، وبعد تنشيطها تتحول إلى لمفاويات TH مفرزة لسيتوكينات.

### ★ التضخيم Amplification:

تحت تأثير السيتوكينات المحررة من طرف TH المنتقاة، تتكاثر اللمفاويات T8 المنتقاة وتتفرق إلى LTc، كما تتكاثر اللمفاويات B المنتقاة وتتفرق إلى بلزميات مفرزة لمضادات أجسام نوعية.

### ★ التنفيذ Effectrice:

تهدم LTc القاتلة الخلايا الهدف (المعفنة) بتركيب وإفراز البيروفورين والكرانزيم المؤديان إلى الانتحار الخلوي Apoptose. أما مضادات الأجسام فتبطل مولدات المضاد وتسهل البلعمة، كما ينشط المركب المنيع عامل التكملة.

## الفصل الثالث

# اضطرابات الجهاز المناعي

**مقدمة:** قد يصاب الجهاز المناعي ببعض الاضطرابات، يمكن أن تظهر في شكل ردود فعل مفرطة تنتج عنها أمراض كالأرجيات، وقد يتمثل الخلل في قصور مناعتي وقد يضطرب الجهاز المناعي بشكل يجعله يدمر ما هو ذاتي.

فكيف تحصل هذه الاضطرابات ؟  
وكيف يمكن وقاية الجسم من بعضها ؟  
وهل توجد وسائل لعلاج بعضها ؟

## I - الاستجابة الأرجية: L'allergie

① مفهوم الاستجابة الأرجية :

أ - أمثلة للاستجابات الأرجية: أنظر الوثيقة 1 لوحة 1.

اللوحة 1

الوثيقة 1: بعض الاستجابات المصنفة ضمن الأرجيات

نوع الاستجابة الأرجية	المؤرج	موقع تأثيره	أعراض الاستجابة الأرجية
التهاب مخاطية الأنف Rhinites Zكام الحشائش = Rhume des foins	حبوب اللقاح ، غبرة المنازل ، زغب الحيوانات ، القراديات .	المخاطة الأنفية La muqueuse nasale	العطس الأرجي ، الاحتقان الأنفي، إفرازات مخاطية مفرطة ، عسر تنفسي.
الربو الأرجي L'asthme	حبوب اللقاح ، غبرة المنازل ، زغب الحيوانات ، القراديات	مخاطة القصبات الهوائية	عسر تنفسي ( زفير وشهيق صافرين )، تقلصات تشنجية للقصبات الهوائية الرئوية.
الأكزيمة الأرجية L'eczéma allergique	مواد كيميائية ، أغذية ، أدوية	الجلد أو الدم	صفائح حمراء منتفخة بعض الشيء ومقشرة.
الشري الأرجي L'urticaire allergique	مواد كيميائية ، أغذية ، أدوية	الجلد أو الدم	نتوءات وردية طافحة على سطح الجلد. انتفاخ مخاطة العين والمسالك الهوائية العليا.
الاستجابة اللاوقائية = الصدمة اللاوقائية Le choc anaphylactique	سموم بعض الحشرات ، أدوية	الدم	التهابات تصيب مناطق مختلفة من الجلد، هبوط مفاجئ في الضغط الدموي، التهاب الحبال الصوتية مما يؤدي إلى انسداد المسالك التنفسية. الموت المفاجئ 20 إلى 30 دقيقة بعد حقن المؤرج.

ما هي الأعراض العامة المشتركة بين كل هذه الاستجابات ؟ ماذا تمثل كل هذه الأعراض ؟

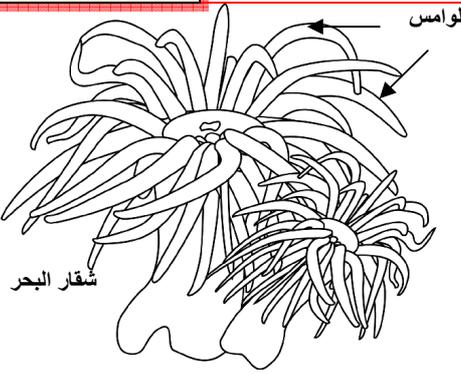
عندما يستنشق الأشخاص الأرجيون عناصر مؤرجة، تظهر عليهم فوراً أعراض مرضية نذكر منها: التدميع، العطس، السعال، السيلان الأنفي، تضيق المسالك الهوائية مما يسبب عسر تنفسي. ويمكن لنفس المؤرج أن يسبب استجابات أرجية مختلفة حسب موقع تأثيره ( الجهاز التنفسي، الهضمي، الدم . . الخ).

## ب - تعريف الاستجابة الأرجية:

الأرجيات أمراض شائعة تصيب أكثر من 10% من السكان، وتكون ناتجة عن دخول عناصر أجنبية غير ممرضة إلى الجسم، وتسمى هذه العناصر بالمؤرجات Les allergènes، وتحدث هذه المؤرجات استجابات مناعية مفرطة تسبب في ظهور الأرجيات. وتسمى الاستجابات المناعية بالاستجابة الأرجية.

## ② خصائص الاستجابة الأرجية : أنظر الوثيقة 2 لوحة 1.

### اللوحة 1



### الوثيقة 2 : الكشف عن الصدمة اللاوقائية

في سنة 1920 قام العالمان Richet و Portier بحقن كلب بكمية  $0.1\text{cm}^3$  من هريس لوامس شِقَار البحر، لم يلاحظ العالمان أي مضاعفات لدى الكلب، لكن بعد 22 يوما، أعيدت نفس التجربة، ومباشرة بعد حقنه بنفس المستخلص، انهارت قوى الكلب وهبط ضغطه الشرياني واختنق ومات بعد 25 دقيقة. كان العالمان ينتظران أن يكون الكلب قد منع ضد سم شِقَار البحر لكن العكس هو الذي وقع.

1 - ماذا تمثل الأعراض الملاحظة خلال هذه التجربة ؟  
2 - ما هي العناصر المحدثة لهذه الاستجابات؟ ماذا تسمى ؟  
3 - ماذا تستخلص من معطيات هذه التجربة ؟

(1) تمثل الأعراض الملاحظة خلال هذه التجربة استجابة مناعية مفرطة، تسمى استجابة أرجية.  
(2) العناصر المحدثة لهذه الأعراض هي هريس لوامس شِقَار البحر، وتسمى هذه العناصر بالمؤرجات.

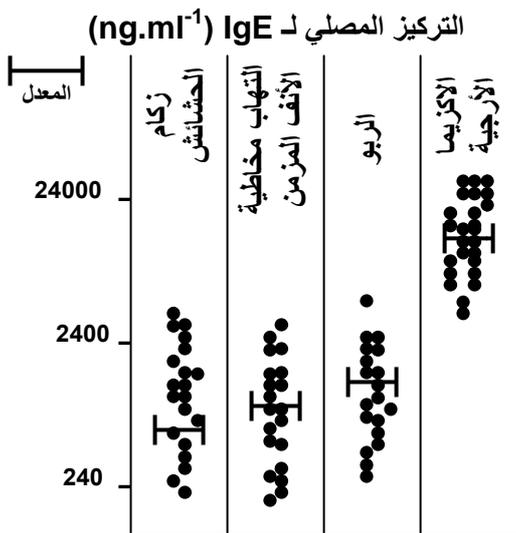
(3) نلاحظ أنه عند الحقن الأول للمؤرج لم تظهر أعراض الاستجابة الأرجية عند الكلب، لكن عند الحقن الثاني للمؤرج ظهرت أعراض الاستجابة اللاوقائية عند الكلب.

نستنتج أن الاستجابة الأرجية لا تظهر في أول اتصال بالمؤرج، بل تظهر في الاتصال الثاني بالمؤرج وما بعده. لذلك تسمى مرحلة الاتصال الأول بالمؤرج بالمرحلة التحسيسية sensibilisation يصبح بعدها الشخص محسسا، فإذا تعرض مرة ثانية لنفس المؤرج، تحدث الاستجابة الأرجية، فتسمى هذه المرحلة بمرحلة الحساسية المفرطة الفورية. Hypersensibilité retardée.

## ③ آلية الاستجابة الأرجية :

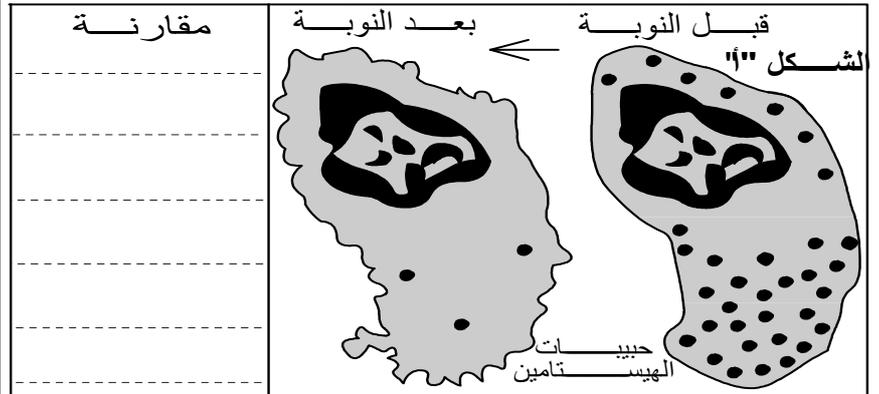
### أ - العناصر المتدخلة في الاستجابات الأرجية: أنظر الوثيقة 3 لوحة 1.

### اللوحة 1



### الوثيقة 3:

يمثل الشكل "أ" من الوثيقة صورة مجهرية لخلية بدينة قبل نوبة أرجية وبعدها ويعطي الشكل ب ، تركيز مضادات الأجسام من الصنف IgE في مصلى أشخاص بالغين مصابين ببعض الأرجيات. ماذا يمكنك استخلاصه من خلال هذه الوثائق إذا علمت أن التركيز العادي لـ IgE يبلغ حوالي  $100\text{ ng/ml}$  في مصلى شخص بالغ؟



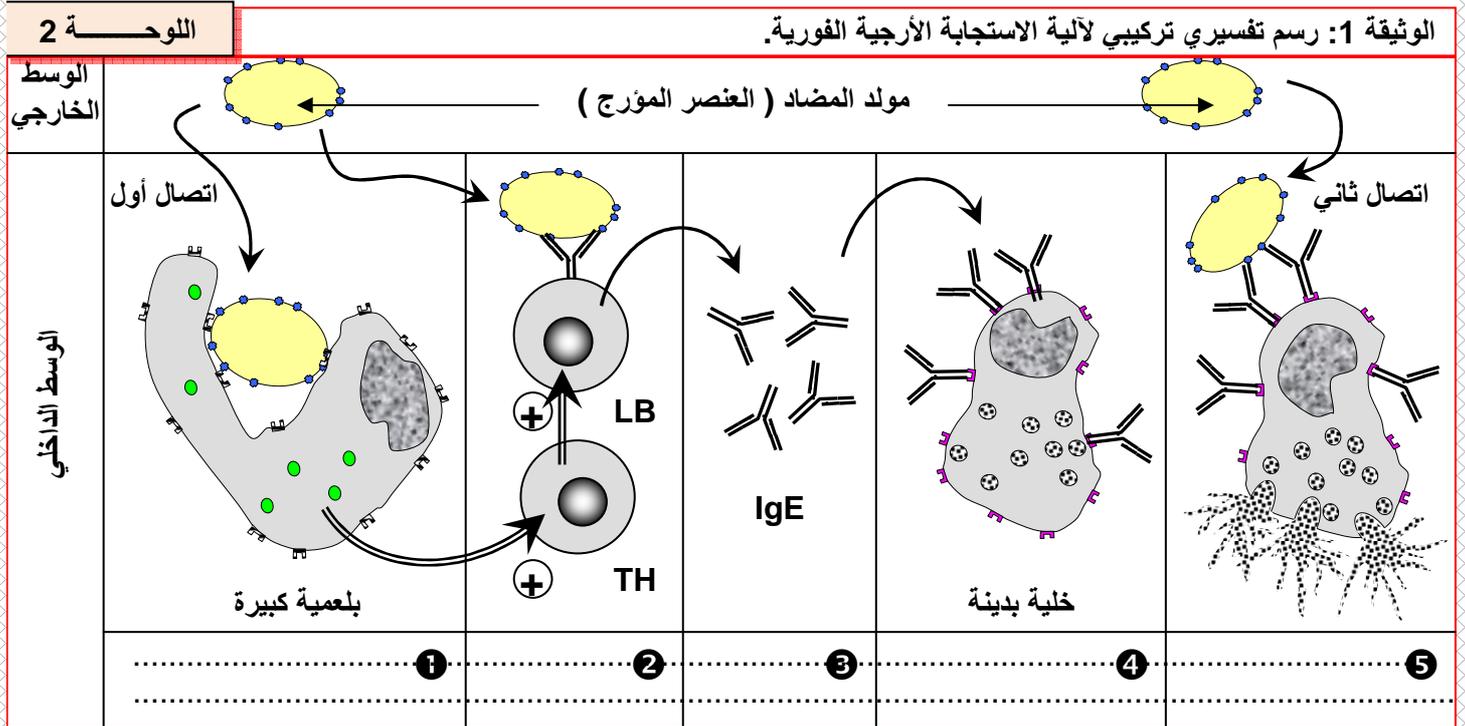
★ نلاحظ أنه عند الأشخاص الأرجيين، قبل النوبة الأرجية تكون الخلية البدينة غنية بالحبيبات الغولجية المحتوية على الهيستامينات. وبعد النوبة الأرجية نلاحظ اختفاء هذه الحبيبات الغولجية.

نستنتج إذن أن الخلية البدينة تتدخل في الاستجابة الأرجية، وذلك بإفرازها لمادة الهيستامين.

★ يلاحظ في مصّل الأشخاص المحسّسون لمؤرّج معيّن ارتفاعاً في نسبة IgE، حيث تصل عند بعض الأشخاص الأرجيين إلى 2400 ng/ml بينما لا تتعدى هذه النسبة 100ng/ml عند الأشخاص العاديين .

★ يتبين من هذه الملاحظات أن هناك علاقة بين الاستجابة الأرجية وإزالة تحبب الخلايا البدينة (العمادية) وإفراز الكريوتين المناعي IgE. وقد بينت دراسات أخرى أن مضاد الأجسام النوعي للمؤرّج يثبت على غشاء الخلايا البدينة فيجعلها تفرز الهيستامين المسؤول عن ظهور أعراض الأرجية.

## ب - مراحل الاستجابة الأرجية: أنظر الوثيقة 1 لوحة 2.



### أ - المرحلة التحسيسية :

عندما يتعرض الجسم لمؤرّج معيّن تستقبله البلعميات الكبيرة التي تقوم ببلعمته و تعرض محدداته المستضادية التي تتعرف عليها الكريات اللمفاوية T4 التي تقوم بتنشيط الكريات اللمفاوية B النوعية للمؤرّج فتتحول إلى بلزميات تفرز مضاد الأجسام IgE النوعي للمؤرّج. يهاجر IgE إلى مختلف الأنسجة التحلدية و التحمخاطية حيث يرتبط بالخلايا البدينة، كما يهاجر إلى الدم حيث يرتبط بالقعدات فيصبح الجسم محسّساً.

### ب - مرحلة الحساسية المفرطة الفورية:

عندما يتعرض الجسم مرة ثانية لنفس المؤرّج، يثبت هذا الأخير على IgE، مما يسبب في تفرغ حويصلات الخلايا البدينة للهيستامين، وذلك على مستوى الأنسجة المصابة فيقع التهاب الأنسجة المحلية و ظهور أعراض الاستجابة الأرجية. و عند وصول المؤرّج إلى الدم يثبت على IgE المرتبط بالقعدات فتفرز الوسائط الالتهابية في الجسم كله مما يسبب الصدمة اللاوقائية.

### ج - مرحلة الحساسية المفرطة المتأخرة :

تظهر الاستجابة الأرجية من جديد بعد 24 إلى 48 ساعة بعد الإصابة الأولى حيث يعمل الهيستامين المفرز من طرف الخلايا البدينة بجذب القعدات و الحمضات إلى مكان تواجد المؤرّج، فيرتبط المؤرّج

بـ IgE المثبت على سطح القعدات والحمضات فتفرز الهيستامين الذي يعمل على ظهور أعراض الاستجابة الأرجية من جديد، كما يعمل على جذب قعدات وحمضات جديدة مما يجعل أعراض النوبة الأرجية تستمر وتشتد.

## II - قصور الجهاز المناعي ( السيدا ) :

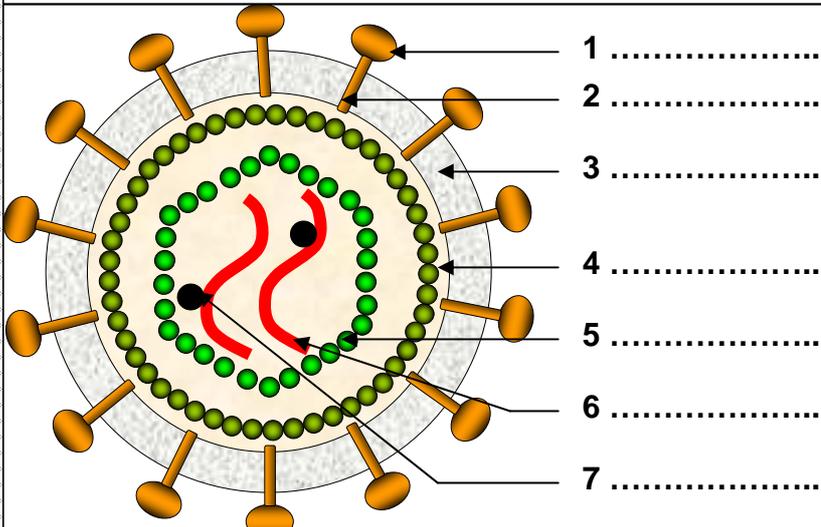
### ① تعريف المرض :

يعرف داء فقدان المناعة المكتسبة بالسيدا وهو اسم من أصل فرنسي SIDA مشتق من العبارة Syndrome d'ImmunoDéficiency Acquis وهو مرض ناتج عن قصور مناعي داء القصور وتسبب فيه حمة أطلق عليها اسم VIH مشتقة من العبارة **Virus d'Immunodéficience Humaine** وهي حمة تقضي على الخلايا المناعية فتضعف بذلك الجهاز المناعي، لتصبح بذلك أبسط الأمراض فتاكة بالجسم.

### ② بنية حمة VIH : أنظر الوثيقة 2 لوحة 2.

#### اللوحة 2

#### الوثيقة 2 : بنية حمة VIH



الشكل ب : رسم تخطيطي تفسيري لبنية حمة VIH

الشكل أ : تجسيد للبنية الجزيئية لحمة VIH

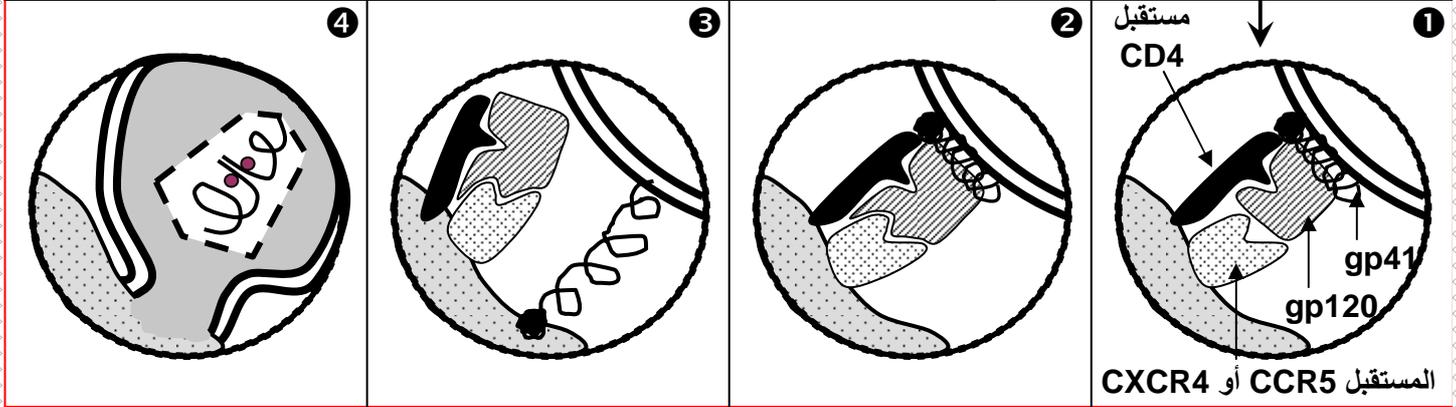
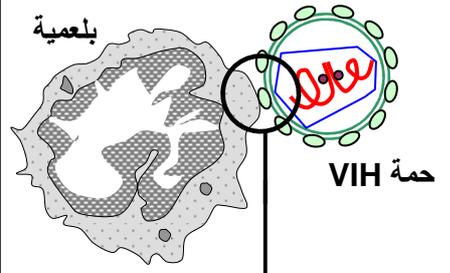
لقد بينت الملاحظة بالمجهر الالكتروني وملاحظات أخرى أن حمة VIH تتكون من العناصر التالية :

- ❖ غشاء خارجي كروي الشكل يشبه الغشاء السيتوبلازمي ( طبقتين من الفوسفوليبيدات )، تتخلله جزيئات بروتينية - سكرية (كليكو- بروتينات gp = Glycoprotéines). يسمى جزيئها الخارجي gp 120 ( = الكتلة المولية ) ويسمى الجزء الضمغشائي gp 41 . تتجمع gp 120 مع gp 41 لتكون شوكة ( Spicule ).
- ❖ قالب ( Matrice ) يكون تحت الغشاء وهو كروي الشكل، مكون من بروتين يرمز له بـ p17.
- ❖ نواة الحمة أو الكبسيدة ( Capside ) تكون على شكل مخروط مبتور القمة، مكون من بروتين p24. وبداخله خيطان من ARN، تلتف حولها جزيئات من أنزيم يسمى الناسخ العكسي ( Transcriptase inverse ).

### ③ آلية تعرف حمة VIH الخلية الهدف : أنظر الوثيقة 1 لوحة 3.

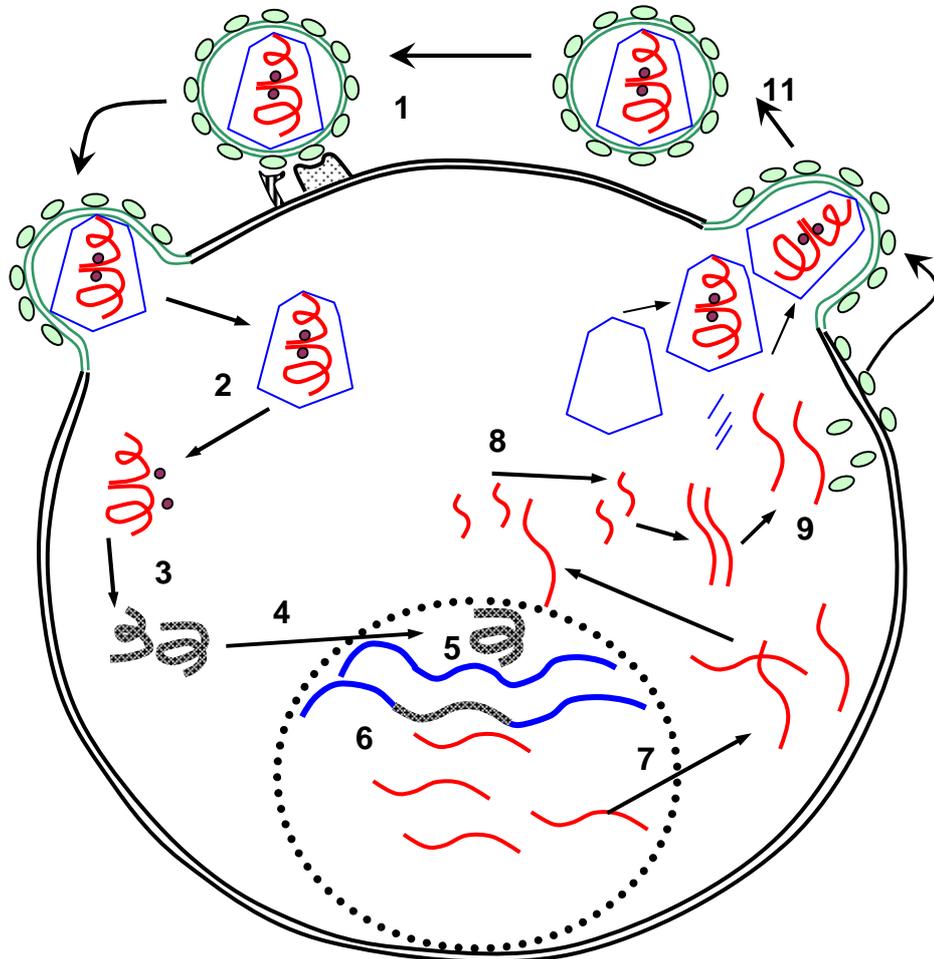
تعتبر جزيئة CD<sub>4</sub> المستقبل الأساسي لحمة VIH، حيث يوجد بينها وبين البروتين gp120 الحموي تكامل وتالف كبيران. توجد جزيئات CD<sub>4</sub> بكثافة كبيرة على سطح اللمفاويات T<sub>4</sub> الناضجة، وبكثافة أقل على سطح الوحيدات والبلعميات الكبيرة والخلايا التغصنية. وهكذا فكل الخلايا التي تحتوي على CD<sub>4</sub> تكون قابلة للتعفن بحمة VIH.

عندما تهاجم حمة VIH بلعمية كبيرة أو كرية لمفاوية T، فإنها تثبت أولا بواسطة بروتينات الغشاء gp120 على مستقبلين: المستقبل CD4 والمستقبل CCR5 أو CXCR4. يتعرف أحد موقعي البروتين gp120 الجزئية CD4 ويثبت عليها ①، يكشف هذا التفاعل عن الموقع الثاني الذي كان محجوبا، والذي يثبت على المستقبل CCR5 أو CXCR4 ②. يوفر هذا التفاعل الثنائي تماسا ضيقا بين الحمة والخلية، ثم ينتشر البروتين gp41 الذي كان محجوبا من طرف gp120 ③. يؤدي gp41 إلى تثبيت والتحام الأغشية ④، وبذلك يحقن محتوى الحمة داخل الخلية.



④ الدورة الاستنساخية لحمة VIH: أنظر الوثيقة 2 لوحة 3.

تبدأ عدوى فيروس السيدا عندما يرتبط الفيروس بالسطح الخارجي لخلية T4 وبالضبط المستقبل CD4. يتم حقن بروتينات لب الحمة مع ARN. يقوم الناسخ العكسي بتحويل ARN الحموي إلى ADN (لدى يسمى HIV فيروس قهقري Retrovirus). يتضاعف ADN ويرحل إلى النواة فيندمج مع ADN الخلية T4. وقد يستمر الفيروس كامنا دون أية بادرة تدل على وجوده. وبدلا من ذلك فإنه قد يجند الآليات الخلوية لتنسخ جيناته إلى ARN ثم لترجم إلى بروتينات حموية قصد تشكل حمات جديدة، تتبرعم من الخلية، فتمضي للتطفل على خلايا T4 جديدة.



- ..... = 1
- ..... = 2
- ..... = 3
- ..... = 4
- ..... = 5
- ..... = 6
- ..... = 7
- ..... = 8
- ..... = 9
- ..... = 10
- ..... = 11

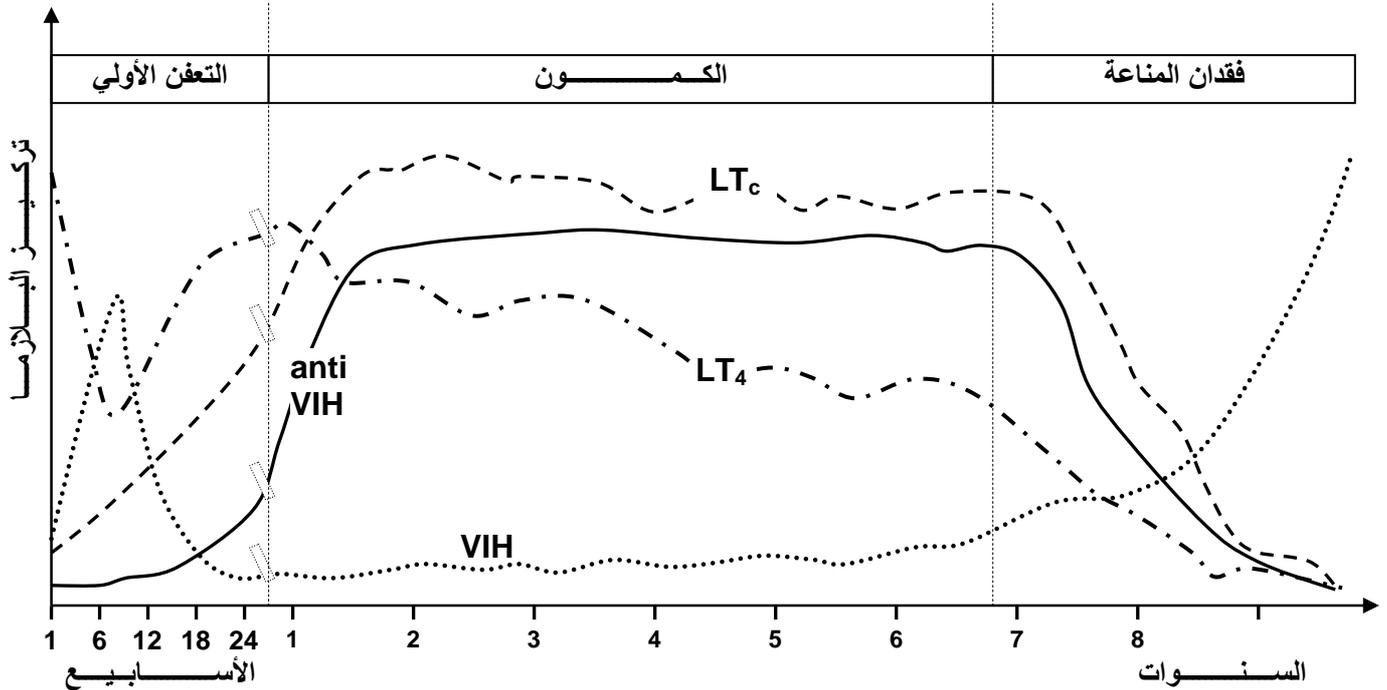
يتجلى تطفل حمة VIH على اللمفاويات T<sub>4</sub> في دخول ARN الحمة إلى الخلية الهدف وحثها على تركيب ADN الحموي بواسطة النسخ العكسي، ليندمج ضمن الذخيرة الوراثية للخلية ويعمل على نسخ ARNm الحموي الذي يتدخل في تركيب بروتينات الحمة، فتتشكل بذلك حمات جديدة تحرر خارج الخلية المعفنة بواسطة ظاهرة التبرعم.

**ملاحظة:** خلال النسخ العكسي، يرتكب الناسخ العكسي خطأ بعد إدراج كل 2000 نيكليوتيد مسببا ظهور طفرات على صعيد الجينوم الحموي، الشيء الذي يساعد هذا الأخير على الإفلات من المراقبة المناعية بالمضادات النوعية.

#### ⑤ مراحل مرض السيدا : أنظر الوثيقة 1 لوحة 4.

#### اللوحة 4

الوثيقة 1 : تطور تركيز كل من LT<sub>c</sub> و LT<sub>4</sub> و حمة VIH ومضادات الأجسام ( anti - VIH )، في جسم شخص إيجابي المصل بالنسبة لحمة السيدا. حل المبيان واستخرج تأثير الإصابة بحمة VIH في العناصر المتدخلة في الاستجابة المناعية.



#### أ - من السلبية المصلية إلى الايجابية المصلية:

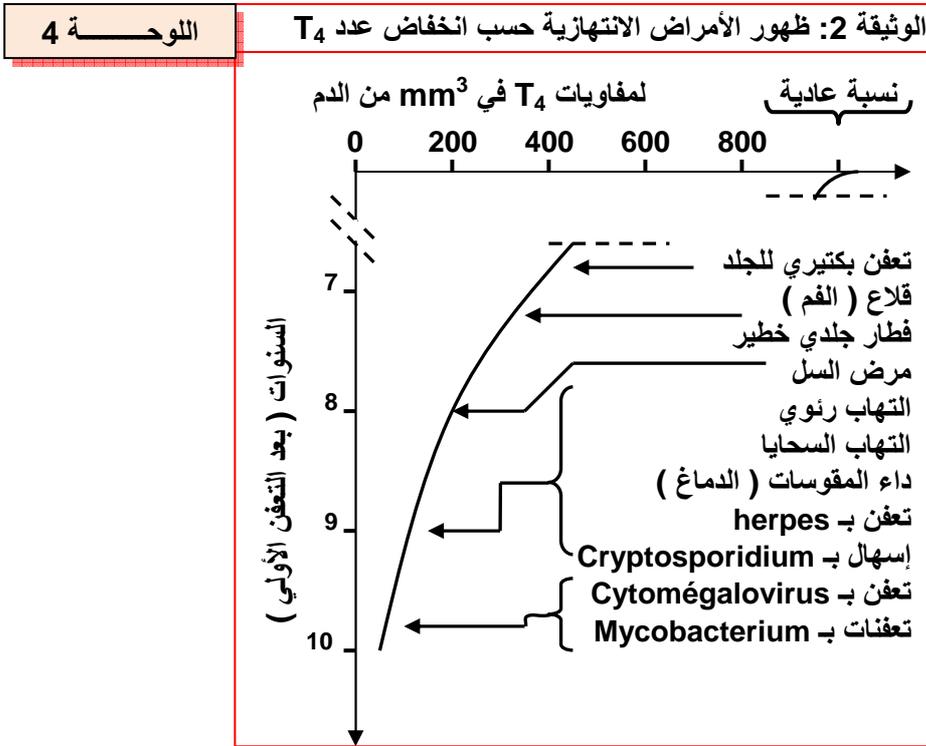
تدخل حمة VIH إلى الجسم إما عبر الدم أو المخاطات وخصوصا منها التناسلية. فتستقر أولا في الخلايا التغصنية للمخاطات، ومنها إلى الدم، فننتكلم عن مرحلة التعفن الأولي، التي تتميز بحمى وعباء وانتفاخ العقد اللمفاوية على مستوى العنق أو تحت الساعدين. تدوم هذه المرحلة بضعة أسابيع قبل أن تختفي بعد أن يكون الجسم قد بدأ في إنتاج مضادات أجسام نوعية لحمة VIH. فنقول عن الشخص أنه أصبح إيجابي المصل ( Séropositif ).

#### ب - مرحلة الكمون: Phase de latence

تدوم هذه المرحلة عدة سنوات، لا تظهر خلالها أي أعراض عند الشخص المصاب رغم كونه حاملا لحمة VIH. يفقد الجسم العديد من الكريات اللمفاوية T<sub>4</sub>، حيث يتضاءل عددها فتحذف بذلك وظيفتها التنشيطية، الشيء الذي يؤثر في وظيفة T<sub>8</sub> والبلمزيات ويعطي قصورا مناعيا.

## ج - مرحلة الأمراض الانتهازية: Maladies opportunistes

ينتج عن فقدان الكريات اللمفاوية  $T_4$  تدهور عام للجهاز المناعي. حيث يصبح الشخص عرضة لمختلف الأمراض الجرثومية التي تنتهز فرصة ضعف الجهاز المناعي للشخص المصاب، فتهاجمه، وبذلك نسميها أمراضا انتهازية. أنظر الوثيقة 2 لوحة 4.



## ⑥ آلية تدمير الكريات اللمفاوية $T_4$ : أنظر الوثيقة 3 لوحة 4.

اللوحة 4

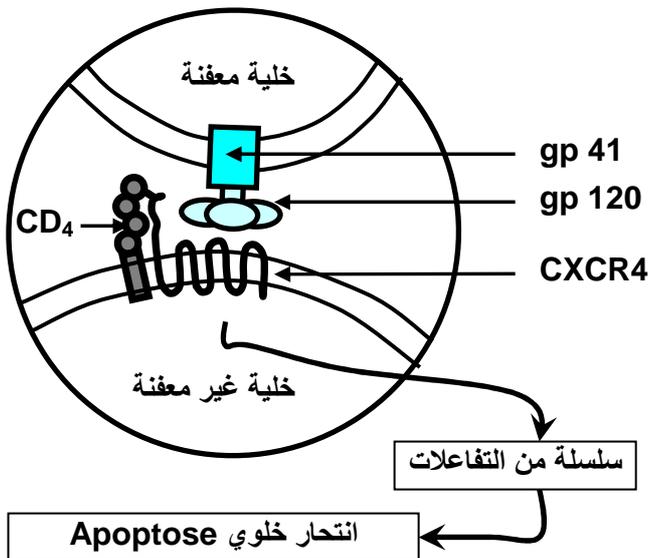
الشكل ب : التحريض على الانتحار الخلوي

الوثيقة 3 : آلية تدمير الكريات اللمفاوية:

يمثل تدمير الكريات اللمفاوية  $T_4$  السبب الرئيسي لفقدان المناعة المميز للحمج الجرثومي بواسطة VIH . يمكن تفسير هذا التدمير بتدخل مجموعة من الآليات نذكر منها أساسا:

- التطفل المباشر لحمة VIH على الخلايا  $T_4$ .
- الانتحار الخلوي (Apoptose) للخلايا المعفنة، (الشكل أ)
- تحريض اللمفاويات  $T_4$  غير المعفنة على الانتحار الخلوي (الشكل ب).

انطلاقا من هذه الوثيقة أبرز مختلف آليات القضاء على  $LT_4$ .



يتم تدمير اللمفاويات T<sub>4</sub> بعدة آليات:

- التطفل المباشر لحمى VIH على اللمفاويات T<sub>4</sub>، التي تقتل بتحطيم الغشاء الخلوي اثر تكاثر وتبرعم الحمات.
- موت اللمفاويات T<sub>4</sub> المعفنة بفعل الانتحار الخلوي، إذ تؤدي الجزيئات الحموية gp120 المثبتة على غشاء اللمفاوية T<sub>4</sub> إلى تحسيسها وتحريضها على التدمير الذاتي وذلك بتكثيف النواة وتجزئ ADN. ( ناتج عن استقبال الخلايا إشارات كيميائية خاصة أو تماس مع خلايا أخرى ).
- تتعرض اللمفاويات T<sub>4</sub> غير المعفنة بحمى VIH كذلك إلى نفس الظاهرة، وذلك بتماسها مع لمفاويات T<sub>4</sub> معفنة حاملة على سطحها الجزيئات gp120، التي ترتبط بالمستقبل CXCR4 أو CCR5 مما يحرض اللمفاويات T<sub>4</sub> غير المعفنة على الانتحار.

### ⑦ اختبارات الكشف عن السيدا :

بعد مرور 3 أسابيع إلى 3 أشهر عن دخول VIH إلى الجسم؛ ينتج هذا الأخير مضادات أجسام موجهة ضد بعض المحددات المستضادية لهذا الفيروس. تعتمد اختبارات الكشف عن داء السيدا على البحث عن مضادات VIH في دم الأشخاص المختبرين.

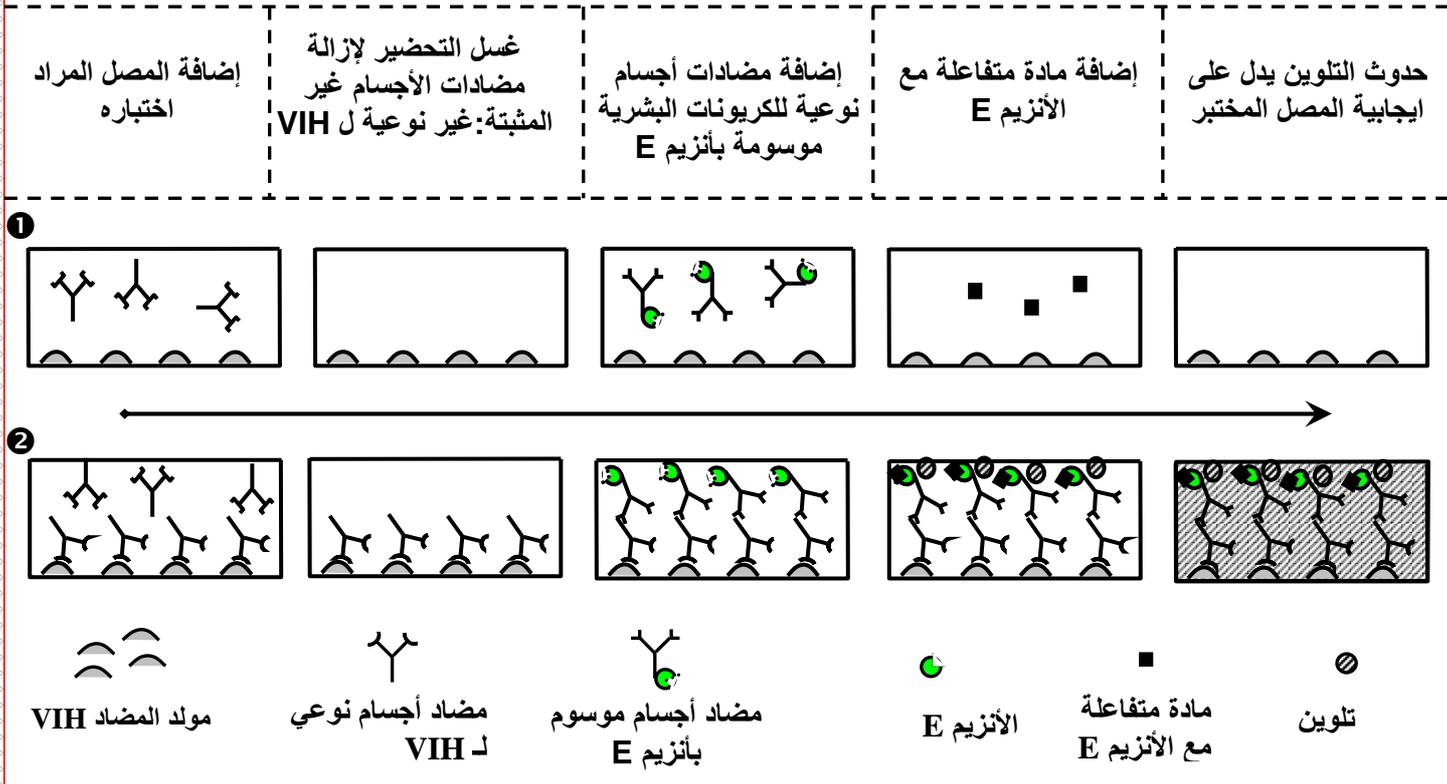
### اللوحة 5

### أ - اختبار Elisa. أنظر الوثيقة 1 لوحة 5

الوثيقة 1: الكشف عن مضادات الأجسام VIH - Anti بواسطة اختبار Elisa.

أصل العبارة ELISA هو Enzyme linked immunosorbent assay

على دعامة بلاستيكية يتم تثبيت مولد المضاد VIH، ثم توضع الدعامة داخل المصل المراد اختباره. فإن كان يتوفر على مضاد جسم نوعي ل VIH، فإن هذا الأخير يثبت على مولد المضاد، مكونا مركب منيع. بعد ذلك يتم غسل هذه الدعامة لإزالة ما لم يثبت من مضادات الأجسام. ثم تضاف مضادات أجسام نوعية للكربونات البشرية موسومة بواسطة أنزيم. بعد غسل الدعامة، تضاف مادة خاصة متفاعلة مع الأنزيم تعطي تفاعلا ملونا، بحيث يدل ظهور اللون على الايجابية المصلية. وعدم ظهوره على السلبية المصلية. اختبار ELISA اختبار سهل و غير مكلف لكن يبقى غير ناجح % 100 لأن مولدات المضاد VIH يمكنها الارتباط بمضادات أجسام لا علاقة لها بهذه الحمى، ولو أن احتمال الخطأ لا يتعدى % 2.



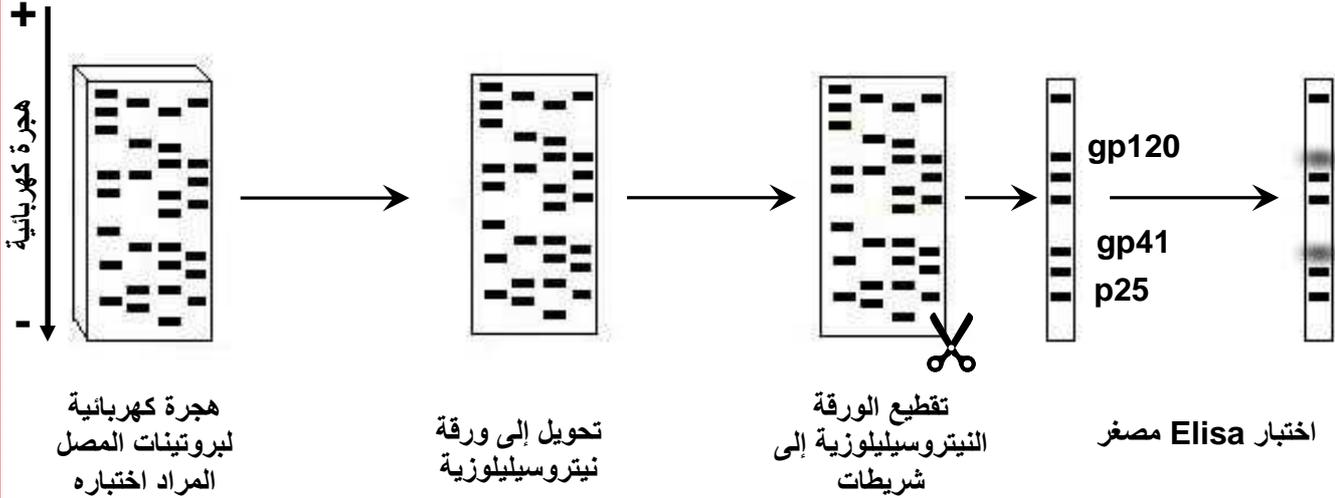
يعد اختبار ELISA سهلاً ورخيصاً لكن فيه احتمال للخطأ؛ حيث يمكن للمحددات المستضادية الفيروسية أن تلتقط مضادات أجسام غير موجهة أصلاً ضد VIH ولو أن احتمال الخطأ لا يتعدى 2% . ففي حالة اختبار إيجابي؛ يلزم تأكيده باختبار أكثر دقة مثل اختبار Western Blot.

## ب - اختبار Western-Blot. أنظر الوثيقة 2 لوحة 5

اللوحة 5

### الوثيقة 2: اختبار Western-Blot.

تنقى البروتينات الحموية وتعزل بشكل مرتب حسب كتلتها الجزيئية بواسطة طريقة الهجرة الكهربائية على الغراء. وبما أن الغراء الحامل للبروتينات الحموية جدهش، فإنه يحول على ورقة نيتروسيليلوزية متعششة للبروتينات. تقطع بعد ذلك هذه الورقة إلى شريطات حسب كل نوع بروتيني. فيجرى على كل شريط اختبار ELISA مصغر، ليتم الحصول على عدة أجوبة نوعية عوض الجواب الإجمالي. وغالبا ما يتم الاقتصار على الأشرطة الحاملة ل gp120 و gp41 و p25. يعتبر هذا الاختبار مكلفاً، لكن لا يلجأ إليه إلا في حالة الإيجابية المصلية باختبار Elisa.



## ⑧ بعض المحاولات العلاجية لداء السيدا : أ - إبطال فعالية VIH:

حيث تستعمل بعض الأدوية التي تعرقل بعض مراحل دورة الفيروس مثل:

- إعاقة دخول VIH إلى  $LT_4$  وذلك بحقن الشخص بمضادات أجسام نوعية لبروتينات gp120 الفيروسية مثلًا أو بحقن الشخص بجزئيات  $CD_4$  الحرة التي تعمل على شغل جزئيات gp120 الفيروسية.
- تخريب L'ARN الفيروسي وذلك بحقن المصاب بمادة l'interféron مثلًا وهو بروتين تفرزه الخلايا المعفنة بالحماة لتتذر الخلايا السليمة بهدف المقاومة ضد الفيروس المعني
- إيقاف الاستنساخ العكسي بواسطة عقار Azidothymine = AZT أو DDI اللذان يكبحان عمل أنزيم الناسخ العكسي، لكن لسوء الحظ يمكن لهذا الأنزيم أن يتغير بفعل طفرات الفيروس فتصبح هذه الأدوية غير فعالة، من جهة ثانية، لهذه الأدوية سمية اتجاه الجسم، لذلك لا توصف إلا لدوي السيدا الحقيقية أو إيجابي المصل الذين انخفضت كثافة  $LT_4$  لديهم إلى ما دون 200 كرية في كل  $mm^3$  من الدم.

## ب - محاولة دعم وترميم جهاز المناعة بشتى الوسائل.

### ج - معالجة الأمراض الانتهازية التي تظهر لدى المصاب: استمصال، مضادات حيوية ...

**ملحوظة:** هذه المحاولات العلاجية تخفف من آلام المصاب لكن لا تقضي على الفيروس المسبب للمرض.

## الفصل الرابع

# مساعدهات الجهاز المناعي

**مقدمة:** قد يصاب الجهاز المناعي ببعض الاضطرابات تكون عواقبها وخيمة على الجسم. وقد طور البحث الطبي طرائق ووسائل لمساعدة الجهاز المناعي، خلال الإصابة كعلاج، أو قبل الإصابة كوقاية. فما هي هذه المساعدات ؟

### 1 - التلقيح La vaccination

#### ① مراحل اكتشاف التلقيح :

أ - أعمال E.jenner: أنظر الوثيقة 1 لوحة 1.

#### اللوحة 1

الوثيقة 1: أعمال Edouard Jenner .

الجدري La variole مرض معدي يصيب الجلد. وهو ناتج عن حمة الجدري. لقد لاحظ العالم الإنجليزي Edouard Jenner أن الإصابة بالجدري قليلة جدا عند الأشخاص الذين يحلبون الأبقار، وأنهم يصابون بمرض يسمى جدري البقر La vaccine، والذي يظهر على شكل طفح جلدي فوق ثدي البقر، وبطفحاح مشابهة على أيديهم، تكون بسيطة وتختفي بسرعة.



1) ما هي الفرضية التي يمكنك صياغتها انطلاقا من ملاحظات E. Jenner ؟  
في سنة 1796 استطاع E. Jenner أن يمنع شخصا ضد مرض الجدري بعد حقنه بقيح نقاط بقرة مصابة بجدري البقر.  
2) ماذا تستخلص من هذه التجربة ؟

1) انطلاقا من ملاحظات E.jenner يمكن افتراض أن نقل جدري البقر La vaccine لأشخاص سليمين، يمكن من تمنيعهم ضد الجدري.

2) نستخلص من هذه التجربة أن الاحتكاك بالمرض يعطي الجسم حصانة ضد نفس المرض.

#### اللوحة 1

ب - أعمال Louis Pasteur: أنظر الوثيقة 2 لوحة 1.

الوثيقة 2: أعمال Louis Pasteur.

في سنة 1879 قام العالم الفرنسي L. Pasteur بدراسة مرض كوليرا الدجاج. وهو مرض قاتل تتسبب فيه بكتريا معينة.

في 9 فبراير من سنة 1880 بعث باستور بإرسالية إلى أكاديمية العلوم يقول فيها:  
" إن إعادة زرع الجرثوم المعدي ( المسبب لكوليرا الدجاج ) بنقله عبر أوساط زرع ( حساء دجاج ) متتالية، لا يؤثر على حدة هذا الكائن الحي المجهرى ولا على سرعة تكاثره داخل جسم الدجاج، بحيث أن التطعيم بجزء ضئيل من قطرة الزرع يؤدي إلى الموت بعد يومين أو ثلاثة، وغالبا بعد 24 ساعة.

هذه المقدمات إذن معروفة، أتى على الأحداث الأكثر بروزا في هذه الإرسالية: بتغيير كيفية زرع الجرثوم، يمكن أن نضعف من حدته (الوسط 2) تلك هي النقطة الحيوية لموضوعي هذا ...

لنأخذ 40 دجاجة ولنطعم عشرون منها بالفيروس الأكثر حدة، ستموت العشرون دجاجة (المجموعة 1).  
لنطعم العشرون دجاجة الأخرى بالفيروس الوهن، ستصبح كلها مريضة لكنها سوف لن تموت (المجموعة 2).  
لنتركها تشفى من مرضها ولنعود بعد ذلك لتطعيمها من جديد بالفيروس الحاد جدا. هذه المرة سوف لن تقتل (المجموعة 3).

الخلاصة واضحة المرض يقى نفسه. "

عن مجلة La recherche عدد 53 فبراير 1975 باستور

ماذا تستخلص من أعمال Louis.Pasteur ؟



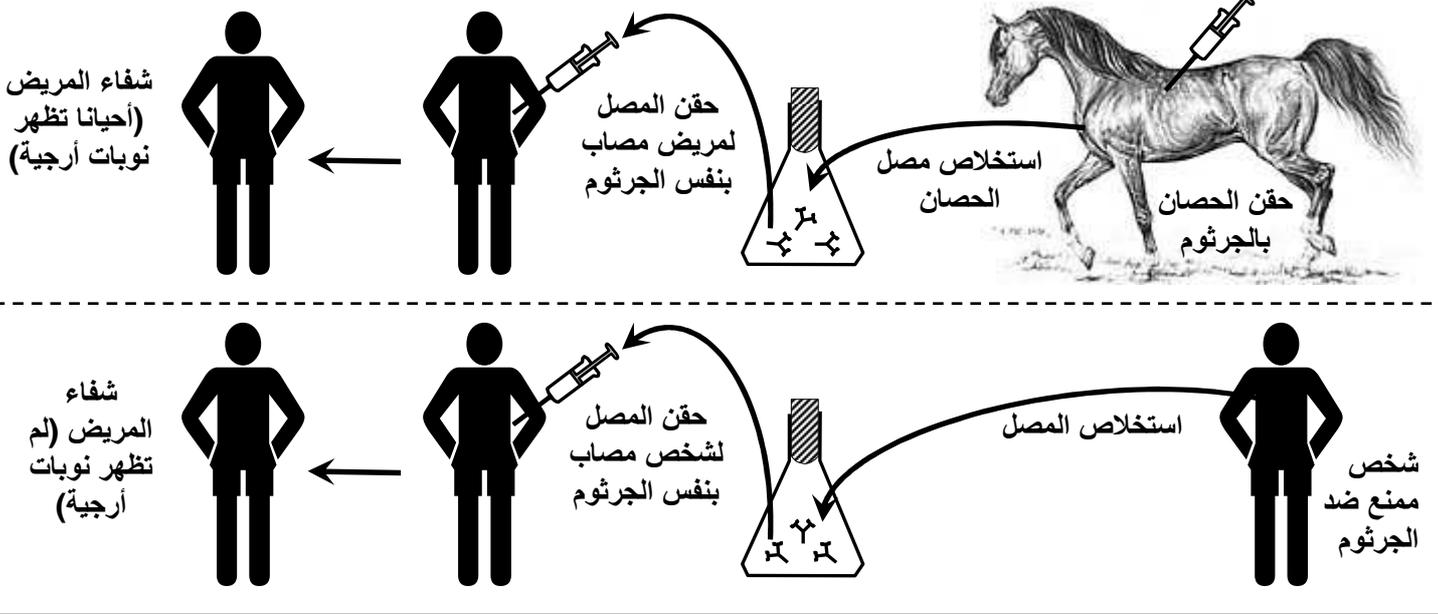
إذا تعرض الشخص الملحق للجراثيم الحاد أو السمين يكون عدد الكريات اللمفاوية النوعية لمولد المضاد هذا كبيرا مما يجعل الاستجابة المناعية الثانوية تكون فورية وقوية مما يؤدي إلى القضاء على مولد المضاد الدخيل ( جراثيم أو سمين ).

## II – الاستمصال La Sérothérapie

① مفهوم الاستمصال : أنظر الوثيقة 1 لوحة 2.

### اللوحة 2

الوثيقة 1 : مفهوم الاستمصال : تبين الوثيقة التالية طريقة تحضير الأمصال والغرض منها. انطلاقا من هذه الوثيقة عرف الاستمصال وبين كيف يتم تحضير الأمصال لفائدة الاستمصال.



عند حقن حصان بجرعات متزايدة السمية من سمين معين، فإن الحصان ينتج مقادير هائلة من مضادات نوعية لهذا السمين، الشيء الذي أوحى إلى الطبيب Roux سنة 1894 بفكرة نقل مصل هذا الحصان الممنوع إلى الإنسان. وهكذا فالاستمصال هو تحويل ممنوع شخص إلى شخص آخر غير ممنوع، وذلك بحقن هذا الأخير بمصل الشخص الممنوع ضد مرض معين، قصد علاجه من نفس المرض.

② مبدأ الاستمصال : أنظر الوثيقة 2 لوحة 2.

1) مباشرة بعد حقن مصل مضاد للكرزاز، ترتفع نسبة مضادات سمين الكزاز في البلازما لتغطي منطقة الحماية. لتتخف تدريجيا إلى أن تنعدم بعد عدة أسابيع. بعد التلقيح تبقى نسبة مضادات سمين الكزاز منخفضة خلال الأسابيع الأولى ولا تغطي منطقة الحماية إلا بعد الأسبوع الثاني من التلقيح. وترتفع نسبة المضادات مع التذكير لتبقى مرتفعة في جسم الشخص الملحق.

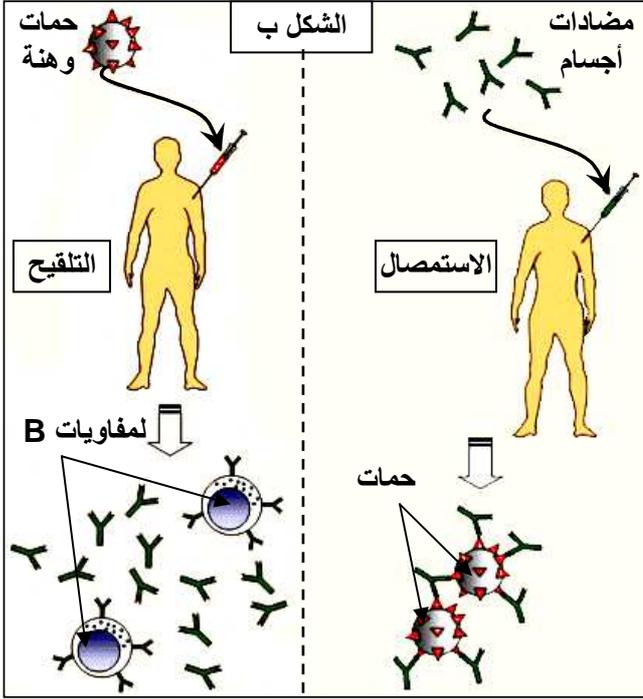
2) يتبين من هذه المعطيات أن التلقيح يوفر مناعة نشيطة ونوعية، وله دور وقائي يدوم وقتا طويلا. أما الاستمصال فله دور علاجي ويدوم فعله وقتا قصيرا.

3) الاستمصال هو تحويل مناعة شخص إلى شخص آخر غير ممنوع، وذلك بحقن مصل شخص ممنوع ضد مرض معين، لشخص مصاب بنفس المرض. يضم هذا المصل مضادات أجسام نوعية تتدخل مباشرة للقضاء على التعفن في جسم المتلقي.

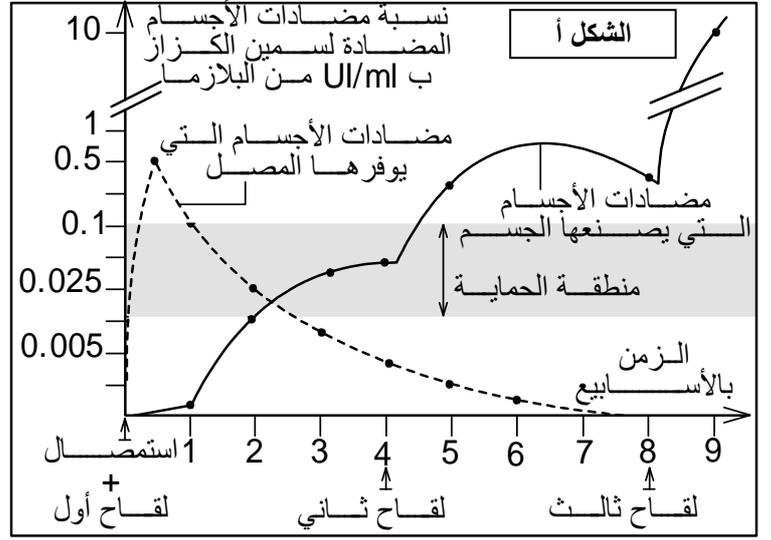
أما التلقيح فهو إحداث استجابة ينتج عنها تكون كريات لمفاوية ذات ذاكرة B أو T8 (حسب نوع الاستجابة المناعية)، تتدخل عند الحاجة.

## اللوحة 2

الوثيقة 2 : أصيب شخص بتعفن بعصية الكزاز فتم حقنه في آن واحد بدوفان الكزاز ( التلقيح ) ومصل مضاد للكزاز. يبين الشكل أ تغير تركيز مضادات الأجسام في دم هذا المريض .



- 1) حل المبيان
- 2) ما هي فائدة التلقيح والإستمصال في آن واحد؟
- 3) مستعينا بالشكل ب من الوثيقة، قارن بين مفعول التلقيح ومفعول الاستمصال.

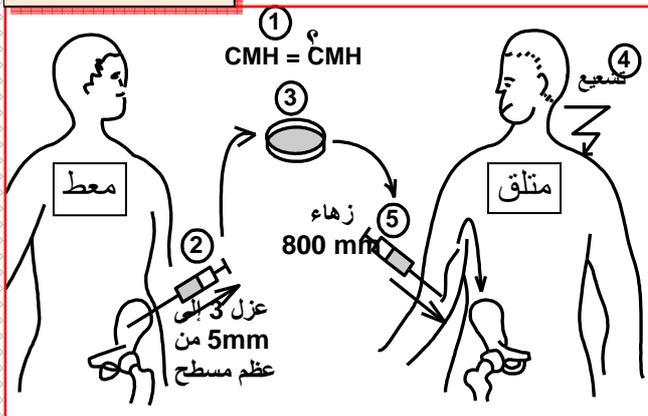


مقارنة الاستمصال بالتلقيح					
التلقيح	مفعول نوعي	اكتساب مناعة نشيطة	مناعة مكتسبة ببطء	مفعول دائم	يستعمل للوقاية
الاستمصال	مفعول نوعي	نقل مناعة (سلبية الجسم)	مناعة منقولة فورية	مفعول مؤقت	يستعمل للعلاج

## III - زرع النخاع العظمي

يولد بعض الأطفال مصابين بداء قصور المناعة الولادي. ومن أنجع الطرق العلاجية للمصابين بهذا الداء هو زرع النخاع العظمي الذي يعتبر أصل خلايا الجهاز المناعي. لكن نجاح هذا الزرع يكون رهينا بالتغلب على مجموعة من المشاكل التي يطرحها رد الفعل المناعي، وهي:  
أنظر الوثيقة 3 لوحة 2.

## اللوحة 2



الوثيقة 3 : شروط زرع النخاع العظمي الأحمر

بعد تحديد مراحل زرع النخاع العظمي الأحمر، حدد المشاكل المناعية التي يطرحها زرع النخاع العظمي وبرر الاحتياطات المتخذة أثناء عملية الزرع.

- ① .....
- ② .....
- ③ .....
- ④ .....
- ⑤ .....

### ① - اختيار المعطي:

يلزم العمل على اختيار معط يتوفر على CMH مماثل ل CMH المتلقي. وبما أن صيغ CMH ليست دقيقة بما فيه الكفاية، يلزم اختبار الاستجابة المناعية بين المعطي والمتلقي في الزجاج.

### ② - أخذ الطعم:

يجرى للمعطي تخدير عام، ثم تأخذ من بعض عظامه المسطحة كمية قليلة من النخاع العظمي (800ml).

### ③ - معالجة الطعم:

يتم قتل اللمفاويات B و T الناضجة الموجودة في الطعم بواسطة مضادات أجسام نوعية لها، حتى لا تستجيب ضد الخلايا الذاتية للأخذ. ويتم الاحتفاظ فقط بالخلايا الأصلية للنخاع العظمي. كما يتم عزل الكريات الحمراء الموجودة بالعينة لتفادي تلكد هذه الأخيرة في حالة اختلاف الفصائل الدموية بين المعطي والمتلقي.

### ④ - تجهيز الأخذ:

يمكن للخلايا المناعية النشيطة للمتلقي أن تهاجم خلايا الطعم، لتفادي هذا المشكل، يتم - قبل الزرع - تشعيع شامل للمتلقي بهدف قتل جزء من خلاياه المناعية التي هي سبب الرفض. بسبب هذا التشعيع، يبقى المتلقي عدة شهور بدون دفاع مناعي، ولكي لا يكون عرضة للخمج يوضع في غرفة معقمة ويخضع لتتبع استمصال صارم.

### ⑤ - تطعيم المتلقي:

يتم حقن العينة في دم الشخص الأخذ بحيث تنتقل عبر الجهاز الدوراني لتستقر في النخاع العظمي لعظام الشخص الأخذ.

# الوحدة السادسة

## الظواهر الجيولوجية المصاحبة لنشوء السلاسل الجبلية وعلاقتها

### بتكتونية الصفائح

ينتج عن حركة صفائح الغلاف الصخري، انفتاح المحيطات، والذي يعوضه تقارب الصفائح في مناطق أخرى حيث تتشكل السلاسل الجبلية.

فما هي ظروف تشكل السلاسل الجبلية؟ وما هي أنواعها؟  
وما هي الظواهر الجيولوجية المصاحبة لنشوء السلاسل الجبلية الحديثة؟  
وما علاقتها بتكتونية الصفائح؟

## السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح

**مقدمة:** السلاسل الجبلية الحديثة تضاريس بارزة على سطح الأرض، ارتبطت تشكلها بحركية الصفائح التكتونية خلال الأزمنة الجيولوجية القديمة.

ما علاقة السلاسل الجبلية الحديثة بتكتونية الصفائح ؟  
ما هي أنواع السلاسل الجبلية الحديثة ؟ وما هي مميزاتها ؟  
ما هي أبرز التشوهات التكتونية المميزة للسلاسل الجبلية الحديثة ؟

**1 - أنواع السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح.** أنظر الوثيقة 1 لوحة 1.

### اللوحة 1

### الوثيقة 1

الصفائح الصخرية هي قطع صلبة طافية على الأستينوسفير، تتكون من جزء من الرداء العلوي تعلوه قشرة قارية أو قشرة محيطية أو هما معا. يشكل مجموع الصفائح الغلاف الصخري للكرة الأرضية. تمثل الخريطة 1 أهم الصفائح التكتونية وعلاقتها ببعضها البعض. وتمثل الخريطة 2 التوزيع الجغرافي للبراكين وبؤر الزلازل على مستوى الكرة الأرضية.

(1) اعتمادا على الخريطة 1 و 2 وعلى مكتسباتك ذكر بمميزات حدود الصفائح ؟

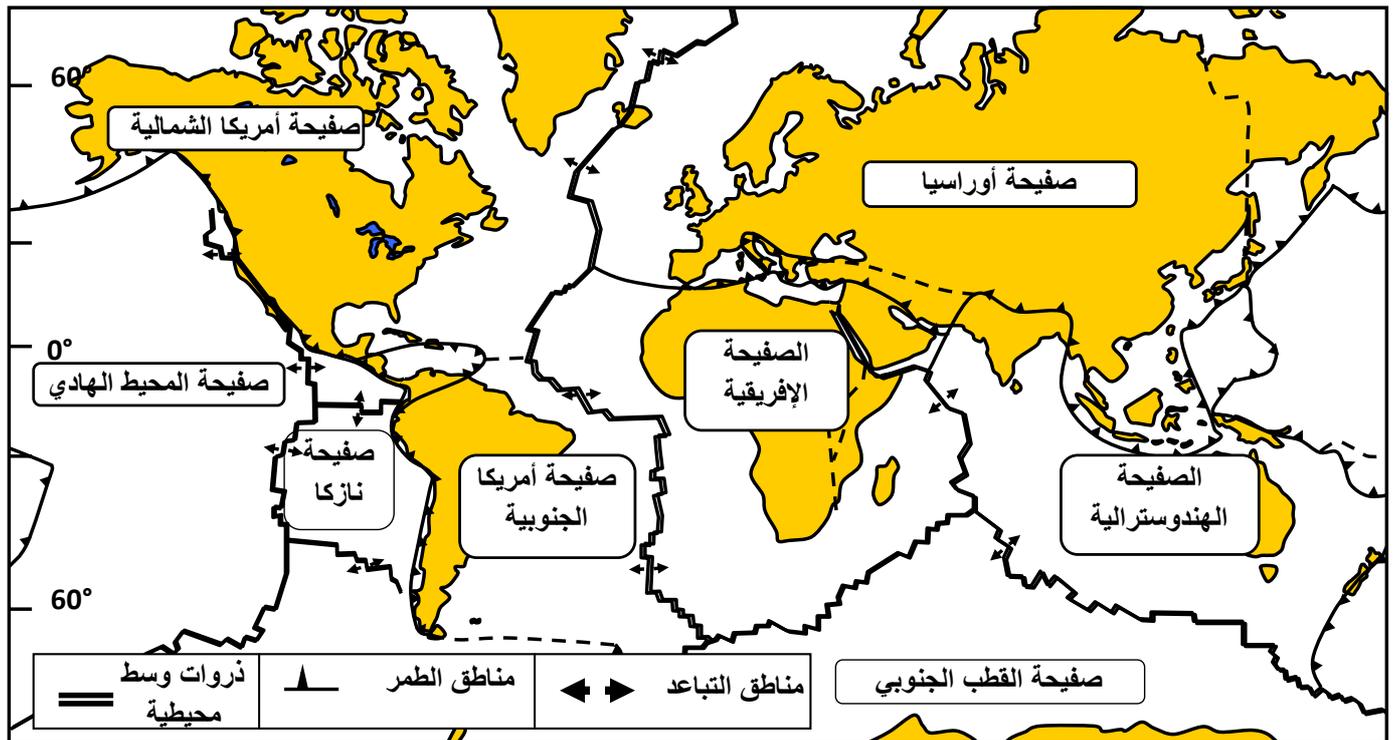
تمثل الخريطة 3 التوزيع الجغرافي للسلاسل الجبلية الحديثة على مستوى الكرة الأرضية.

(2) بالاعتماد على هذه الخريطة والخرائط السابقة، حدد تموضع السلاسل الجبلية الحديثة .

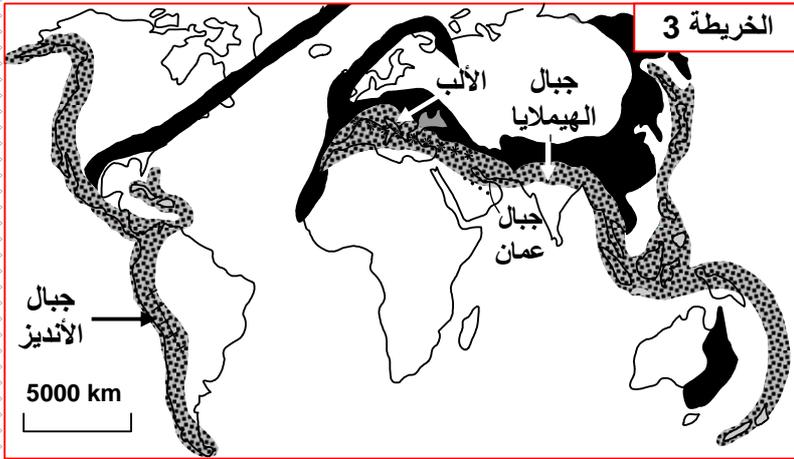
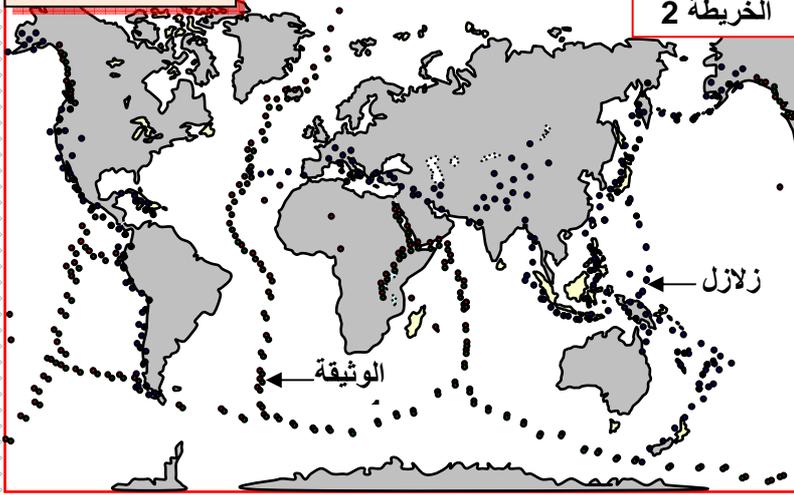
(3) صنف هذه السلاسل الجبلية حسب مواضع تواجدها.

### اللوحة 1

### الخريطة 1



## اللوحة 1



(1) الصفيحة التكتونية هي قطعة من الغلاف الصخري شاسعة وهادئة، تحدها مناطق ضيقة ذات نشاط بركاني وزلزالي كثيف. وتتميز حدود الصفائح بـ:

- مناطق التباعد: تتموضع وسط المحيط وتتمثل في الذروات الوسطى محيطية.
- مناطق التقارب أو التجابه وتتكون من:
  - مناطق الطمر Subduction حيث تنغرز صفيحة تحت أخرى.
  - مناطق الطفو Obduction حيث يزحف الغلاف الصخري المحيطي فوق الغلاف الصخري القاري.
  - مناطق الاصطدام Collision حيث تصطدم كتلة قارية مع أخرى.
- مناطق الاحتكاك: تحتك صفيحة بأخرى مع حركة أفقية للصفحتين.

(2) تتموضع السلاسل الجبلية الحديثة على مستوى مناطق التقارب بين الصفائح التكتونية، مما يدل على وجود علاقة بين حركة الصفائح وتشكل السلاسل الجبلية الحديثة.

(3) يمكن تصنيف السلاسل الجبلية الحديثة إلى ثلاثة أنواع هي:

- سلاسل الطمر: تتشكل في مناطق الطمر بين صفيحة محيطية وصفيحة أخرى.
- سلاسل الاصطدام: تتشكل اثر اصطدام كتلتين قاريتين تنتميان لصفحتين مختلفتين.
- سلاسل الطفو: تنتج عن طفو أو تراكم غلاف صخري محيطي فوق غلاف صخري قاري ينتميان لصفحتين مختلفتين.

## II - خصائص السلاسل الجبلية الحديثة.

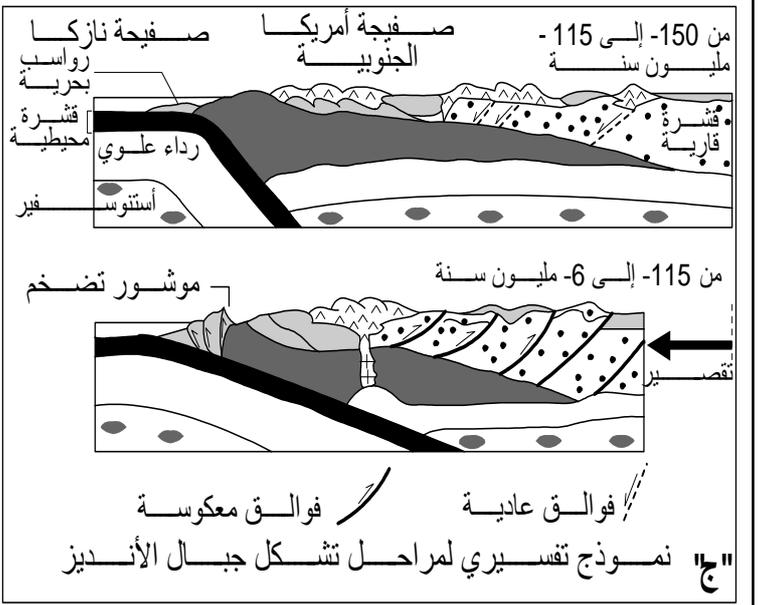
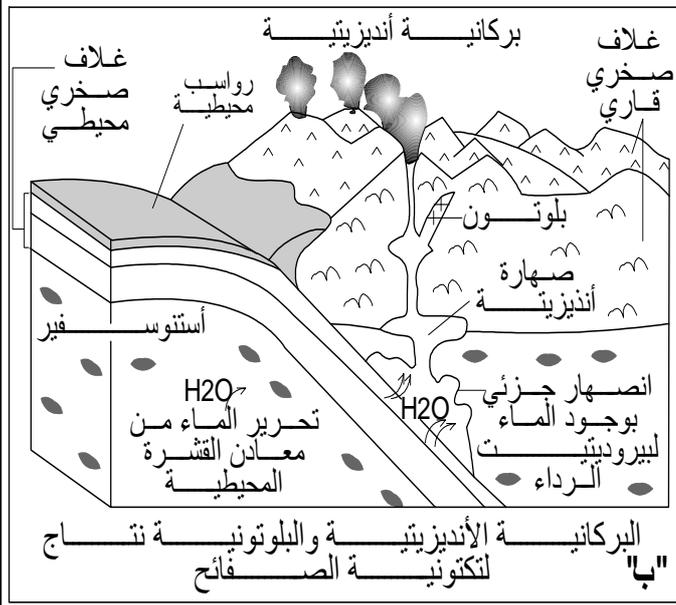
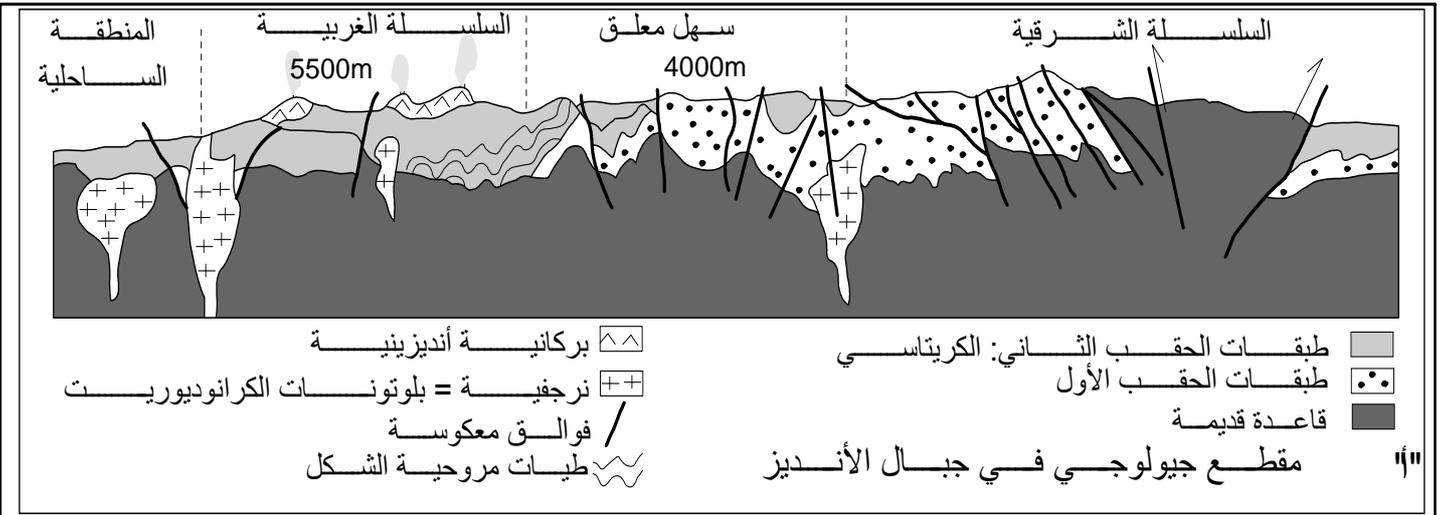
### ① سلاسل الطمر

أ - الخصائص البنيوية والجيوفيزيائية لمناطق الطمر: مثال جبال الأنديز وثيقة 1 لوحة 2

(1) تتموضع جبال الأنديز (سلاسل الطمر) في منطقة التجابه بين صفيحة المحيط الهادي وصفيحة أمريكا الجنوبية. ويتميز هذا الهامش النشط بطواهر جيولوجية خاصة أبرزها:

- وجود حفر محيطية عميقة.
- زلزالية شديدة تنتظم بؤرها على مستوى مائل يسمى مستوى Benioff.
- شدوذات حرارية، حيث أن خطوط ثوابت درجة الحرارة غير موازية لسطح الأرض، بل تنغرز نحو العمق حسب سطح مائل موافق لمستوى Bénioff. يفسر الجيوفيزيائيون هذه الشذوذات بانغراز صفيحة باردة بالأسستينوسفير الساخن.





- 1- ستخرج من خلال وثيقة الشكل "أ" المميزات التكتونية لجبال الأنديز.
- 2- من خلال قراءة وثيقة الشكل "ب"، بين كيف تتشكل البركانية الأنديزيتية وبلوتونات الكرانوديوريت واربط هذين الحدثين بتكتونية الصفائح.
- 3- حدد تسلسل الأحداث المؤدية إلى تشكل جبال الأنديز من خلال تحليل وثيقة الشكل "ج".

(1) انطلاقاً من الشكل أ من الوثيقة يمكن القول أن سلاسل الأنديز تتميز بـ:

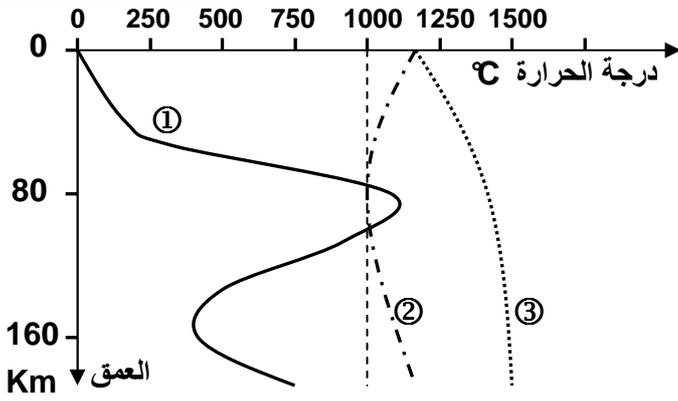
- بركانية أنديزيتية وبصخور بلوتونية (صخرة صهارية داخلية المنشأة أي تبردت في العمق).
- تشوهات تكتونية بسيطة: طيات على شكل مروحة وفوالق معكوسة.

(2) انطلاقاً من معطيات الوثيقة 2 لوحة 2، والشكل ب من الوثيقة 1 لوحة 3، نفس البنيات

التكتونية والصخرية لمناطق الطمر بما يلي:

يؤدي انغراز الغلاف الصخري المحيطي (أكثر كثافة) تحت الغلاف الصخري القاري (أقل كثافة) إلى خضوع الصخور عند وصولها إلى الأستنوسفير لارتفاع في درجة الحرارة والضغط، وينتج عن هذا تحرير الماء الذي ينتشر عبر الرداء فيصبح هذا الأخير تحت شروط الانصهار الجزئي. تصعد الصهارة الناتجة عن هذا الانصهار الجزئي نحو السطح مؤدية إلى بركانية أنديزيتية. كما يتبرد جزء من هذه الصهارة في الأعماق فيعطي بلوتونات الكرانوديوريت.

## اللوحة 2



الوثيقة 2: تطور درجة الحرارة حسب العمق تحت القوس الصحاري لمنطقة الطمر ① .

على نفس المبيان مثلت المنحنيات التجريبية لبداية انصهار البيريدوتيت المكونة للرداء تحت ظروف الضغط والحرارة:  
② = منحني تصلب البيريدوتيت المميهة.  
③ = منحني تصلب البيريدوتيت غير المميهة.

من خلال تحليل معطيات هذه الوثيقة، أربط العلاقة بين البلوتونية والبركانية الأنديزيتية وتكتونية الصفائح.

3) تكون الصفيحة المنغززة أثناء الطمر مكسوة بطبقات رسوبية، تعمل الصفيحة الراكبة على كشطها وفصلها عن القشرة المحيطية المركوبة، فتشكل هذه الرواسب مؤشر التضخم. بتوالي الضغوط التكتونية، تزداد أهمية الطي والقوق المعكوسة، فينتج عن هذا تقصير وارتفاع في الغلاف الصخري مشكلا تضاريس عالية تمثل سلاسل الطمر.

## ② سلاسل الطفو:

أ - الخصائص البنيوية لسلاسل الطفو: مثال جبال عمان وثيقة 2 لوحة 3.

## اللوحة 3

### مقطع مبسط للأفيوليت

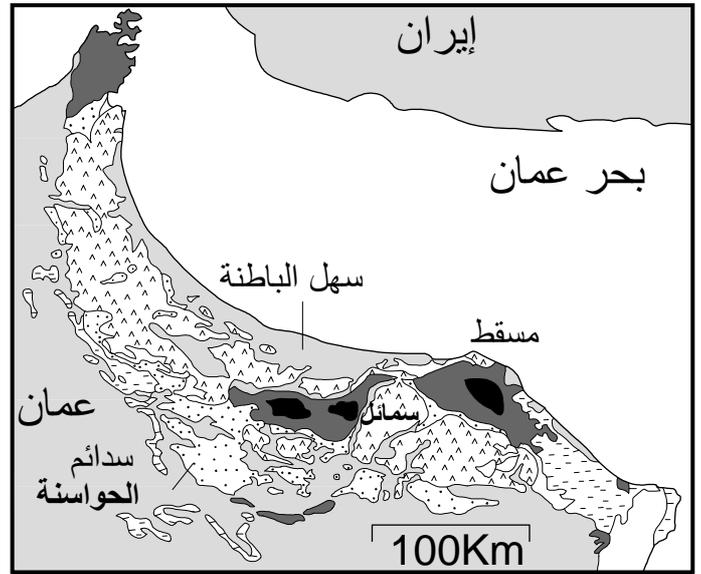


### المفتاح

رواسب من المايستريختي إلى الحقب الثالث	
أفيوليت سمائل	
سدائم الحواسنة المغترية	
من البرمي إلى الكريتاسي (الطبقات المركوبة)	
القاعدة قبل البرمية	

1) حدد من خلال هذه الوثيقة المميزات البنيوية لجبال عمان.  
2) ما المعلومات التي يفيد بها وجود الأفيوليت في جبال عمان؟

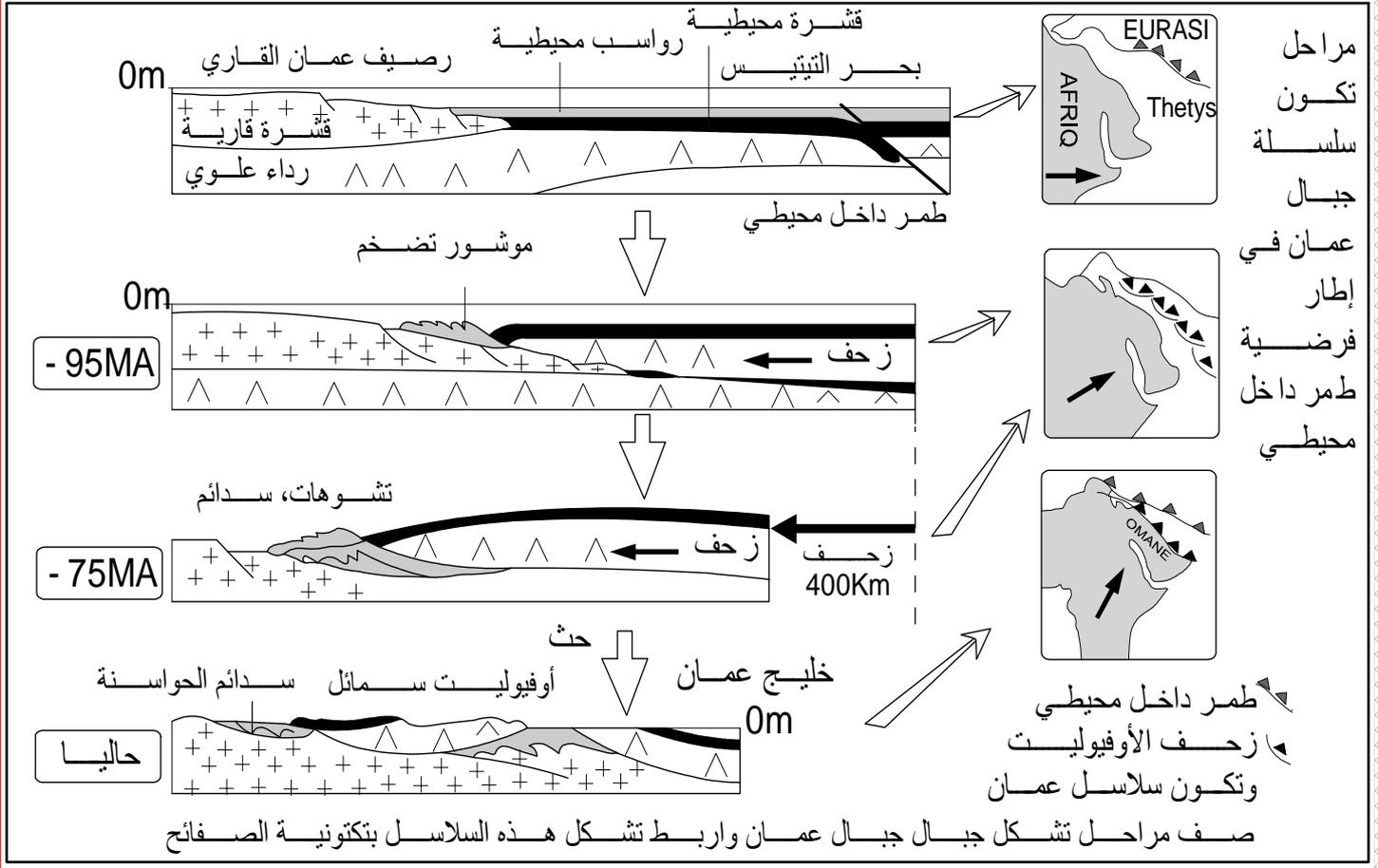
الوثيقة 2 : خريطة جيولوجية مبسطة لجبال الحجر شمال عمان.



1) تتميز سلسلة جبال عمان ب:

- وجود سدائم، وهي تشكيلات صخرية مغترية ذات امتداد كبير (مئات الكيلومترات)، زحفت من موقع نشأتها واستقرت في مكان آخر وغطت صخورا أخرى تسمى بالصخور المركوبة.
- وجود صخور المركب الأفيوليتي Ophiolite له نفس تركيب الغلاف الصخري المحيطي.

2) داخل المجال القاري لعمان، يعتبر وجود صخور المركب الأفيوليتي شاهدا عن انغلاق مجال محيطي وزحف لصفحة محيطية على صفيحة قارية، وهو ما يسمى بالطفو Obduction.



باعتبار الخصائص البنيوية والصخرية الحالية لجبال عمان، يمكن استعادة التاريخ الجيولوجي للمنطقة، والذي تتمثل أحداثه كالتالي:

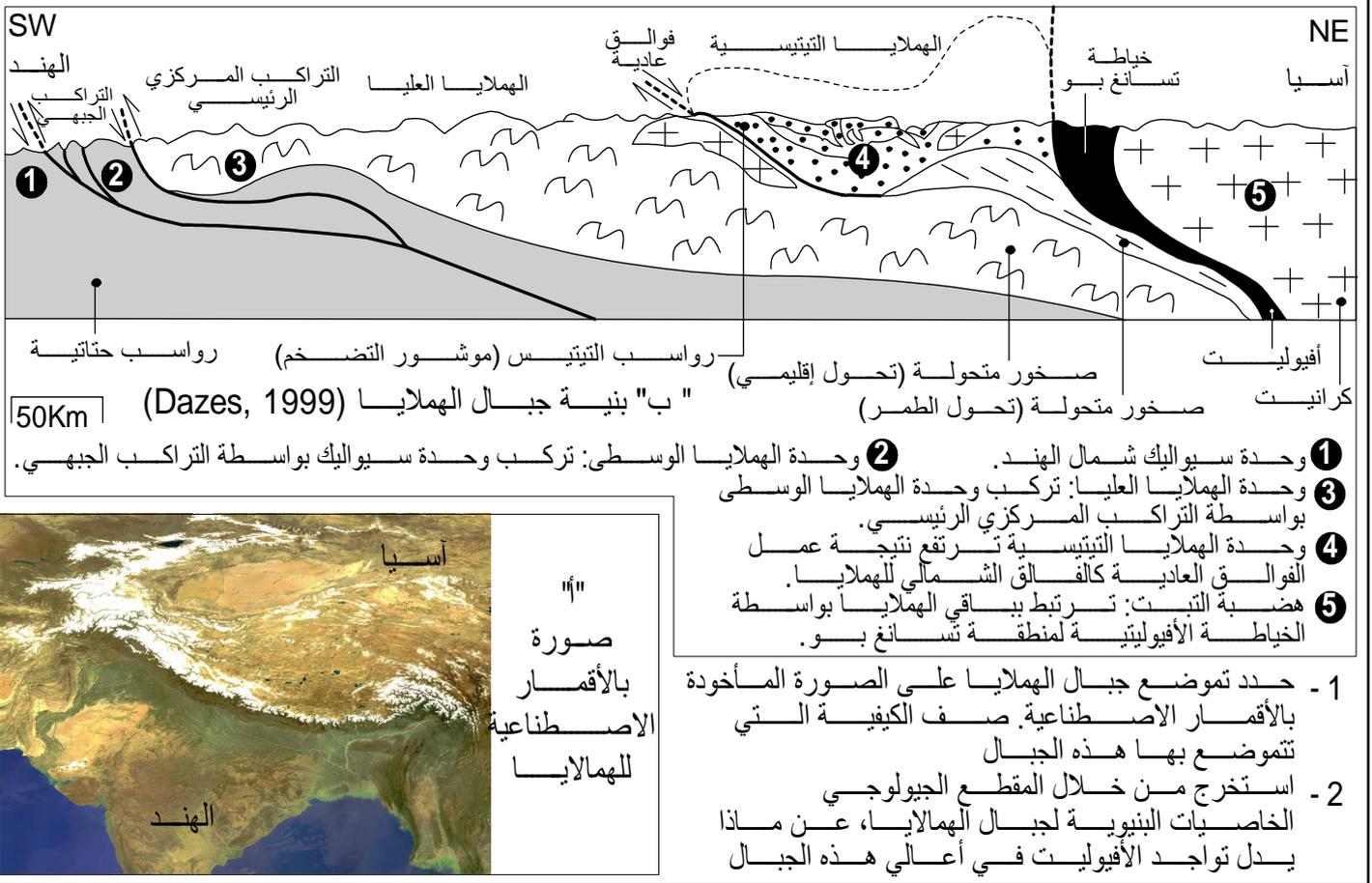
- بين الصفيحة الإفريقية والصفيحة الأوراسيوية كان هناك محيط قديم هو التيتيس Téthys (البحر الوحيد الذي كان يحيط باليابسة الوحيدة حسب نظرية زحزحة القارات)، حيث ظهرت منطقة طمر ضمحيطية تم فيها طمر الصفيحة الإفريقية تحت الصفيحة الأوراسيوية.
- عندما نفذت القشرة المحيطية المطمورة، ووصلت القارة (شبه الجزيرة العربية) إلى منطقة الطمر بدأ طمر الغلاف الصخري القاري، غير أن ضعف كثافة هذا الأخير تحول دون استمرار طمره، مما أدى إلى حجز الطمر.
- مع تواصل القوى الانضغاطية، يزحف الغلاف الصخري والرواسب المحيطيين فوق الغلاف الصخري القاري. نتكلم عن ظاهرة الطفو.
- تؤدي هذه التراكمات من الصخور إلى تضخم الغلاف الصخري، فينتج عن ذلك نشوء سلاسل جبلية تسمى بسلاسل الطفو.

### ③ سلاسل الاصطدام:

أ - الخصائص البنوية والبتروغرافية لسلاسل الاصطدام: مثال جبال الهملايا وثيقة 2 لوحة 4.

#### اللوحة 4

الوثيقة 2 : سلاسل الاصطدام ( سلسلة جبال الهملايا )



1) تنحصر جبال الهملايا بين كتلتين قاريتين متصادمتين: الهند وآسيا.

2) تتميز هذه السلاسل بـ :

- تراكبات Chevauchement وتشوهات ناتجة عن قوى انضغاطية عرفتها منطقة التجابه بين الكتلتين القاريتين.
- وجود صخور أنديزيتية وكرانيتية بالتبت، تدل على نشاط صهاري ناتج عن ظاهرة الطمر.
- وجود صخور الأفيوليت وصخور رسوبية تيتيسية (موشور التضخم) تدل على حدوث طفو.

ب - تشكل سلاسل الاصطدام: وثيقة 1 لوحة 5.

1) حسب الشكل أ، قبل 70 مليون سنة كانت القارة الهندية والأسيوية متباعدتان، ونتيجة لحركية الصفائح انتقلت القارة الهندية نحو الشمال، مع اختفاء المحيط الذي يفصلها عن القارة الأسيوية، إلى أن التصقت بالقارة الأسيوية وتشكلت بينهما سلاسل جبال الهملايا.

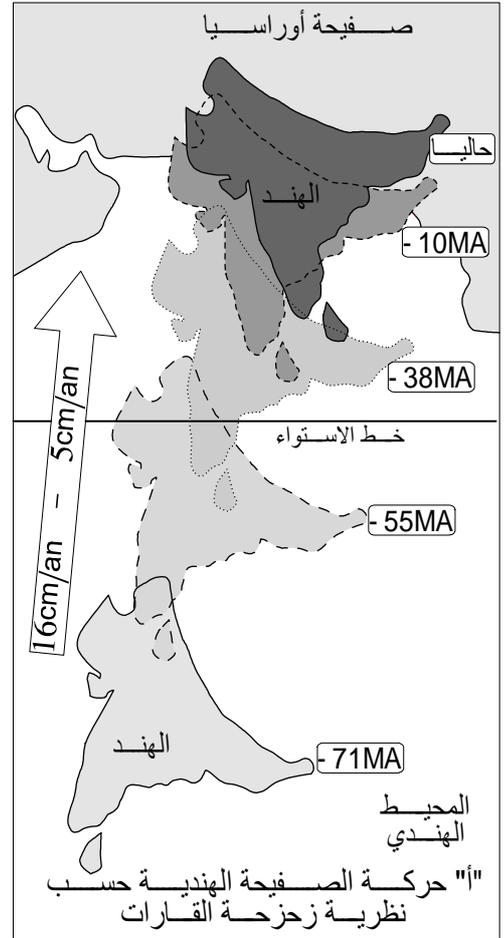
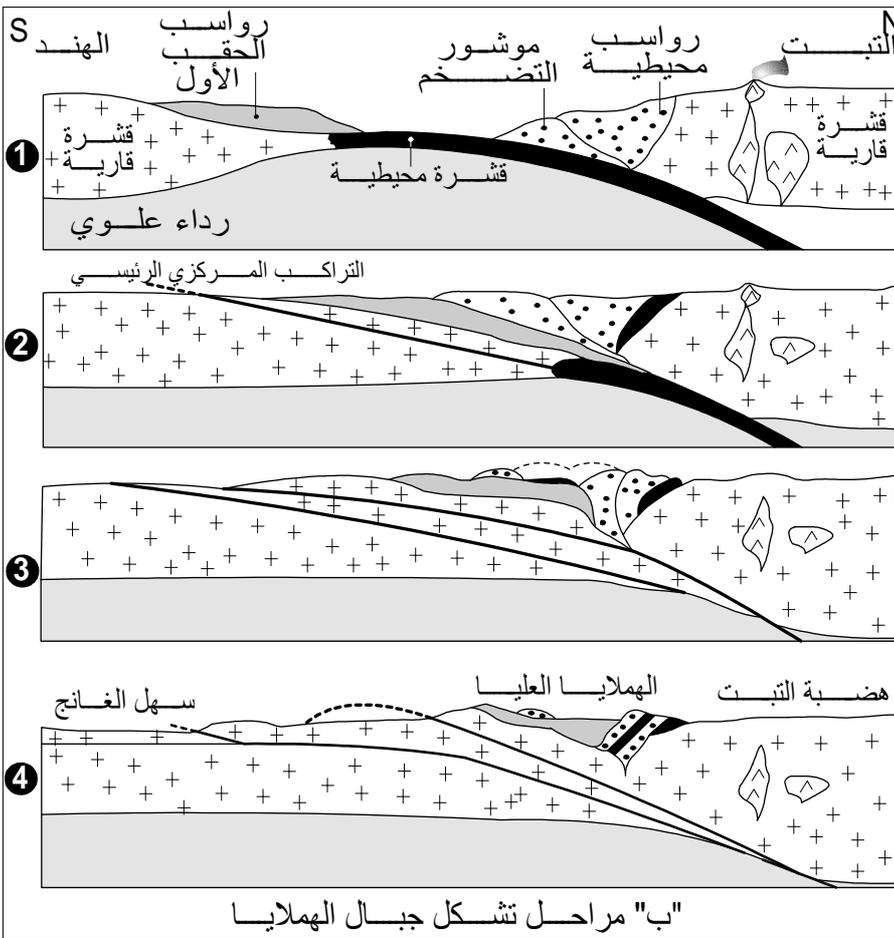
2) تشكلت السلاسل الجبلية للهملايا نتيجة حركية الصفائح عبر المراحل التالية:

- قبل 100 مليون سنة كانت هناك منطقة طمر ضمحيطية بين الصفيحة التي تحمل القارة الهندية والصفيحة الأوراسيوية.
- طمر الغلاف الصخري المحيطي تحت الصفيحة الأوراسيوية أدى إلى نشوء الصحارة الأنديزيتية والبلوتونية.

- بعد استنفاد الغلاف الصخري المحيطي للصفحة المطمورة يتم حجز الطمر، فينتج عن ذلك طفو جزء من الغلاف الصخري المحيطي للصفحة الراكبة فوق القشرة القارية للهند الشيء الذي أعطى مركب الأفيوليت.
- مع استمرار القوى الانضغاطية، اصطدم الهامشان القاريان للهند وآسيا، مع تكون موشور تضخم بينهما ونشوء تراكبات كبيرة في اتجاه الجنوب.
- بتزايد الضغوطات التكتونية، نشأت تشوهات معقدة دفعت بموشور التضخم باتجاه آسيا مع رفع الكتل الصخرية عاليا وهذا ما أعطى الهملايا العليا (حيث توجد أعلى قمة: Everest).

#### الوثيقة 1: تشكل سلاسل الاصطدام:

#### اللوحة 5



- 1 - انطلاقا من الشكل "أ"، صف تطور وضعية الهند عبر الزمن وارتبط ذلك بزحزحة القارات.
- 2 - انطلاقا من الشكل "ب"، أبرز تسلسل الأحداث المؤدية إلى تشكل الهملايا.

**ملحوظة:** إن اصطدام قارتين يمكن أن يكون مسبقا بـ:

- طمر دون طفو: غياب المركب الأفيوليتي.
- طمر مع طفو: تواجد المركب الأفيوليتي.

### III - التشوهات التكتونية المميزة لسلاسل الطمر والاصطدام.

① العوامل المتدخلة في تشوه الصخور. أنظر الوثيقة 1 لوحة 7.

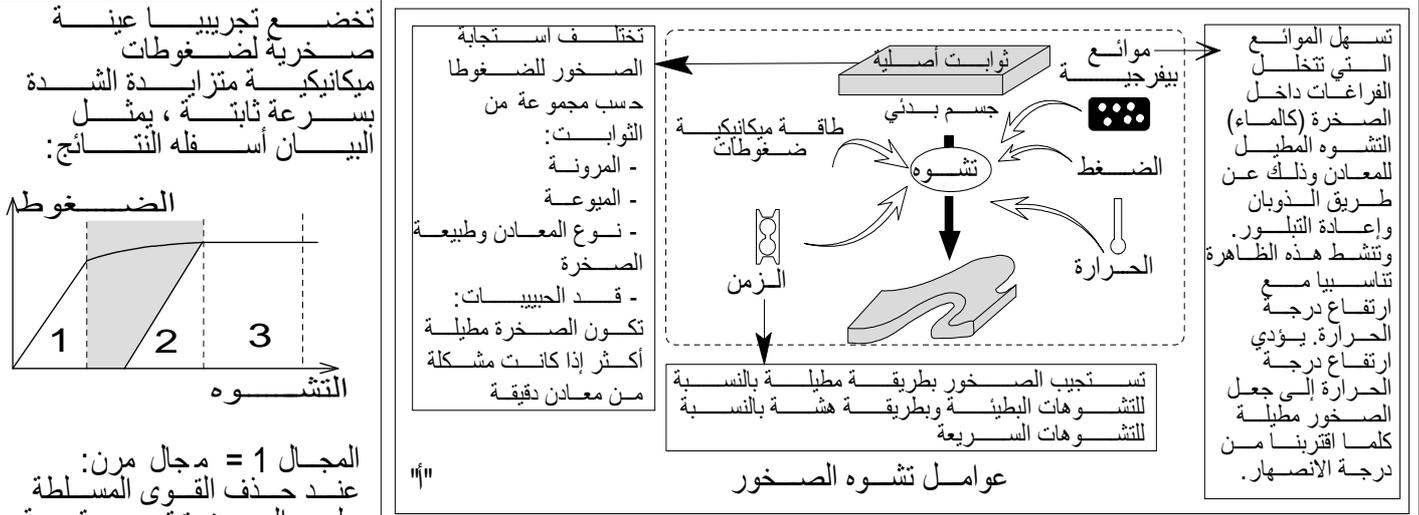
#### أ - ملاحظات:

- (1) يرتبط نمط التشوه التكتوني بمناطق التجابه بين الصفائح، بعوامل خارجية أهمها: العمق الذي يحدد تغيرات الضغط ودرجة الحرارة والزمن والحركات التكتونية. وعوامل داخلية أهمها: خاصيات المرونة والميوعة.
- (2) تختلف استجابة الصخور للضغوط التكتونية حسب العمق:

- على السطح تكون ظروف الضغط والحرارة منخفضة، فتكون الصخور هشة مما يجعل التشوهات التكتونية من النوع الكسور. وتتمثل أساسا في الفوالق المعكوسة والسدائم المرتبطة بها.
- في العمق يزداد الضغط والحرارة مما يجعل الصخور مرنة، فتصبح التشوهات التكتونية على شكل طيات متساوية السمك، ثم متغيرة السمك مع ازدياد العمق. وتتطور التشوهات حسب شدة الضغوط المسلطة عليها، وبذلك نحدد ثلاثة مجالات هي: المجال 1 = المجال المرن، المجال 2 = المجال اللدن، المجال 3 = مجال التدفق اللدن (Fluage).

## اللوحة 7

## الوثيقة 1: العوامل التكتونية المتدخلة في تشوه الصخور

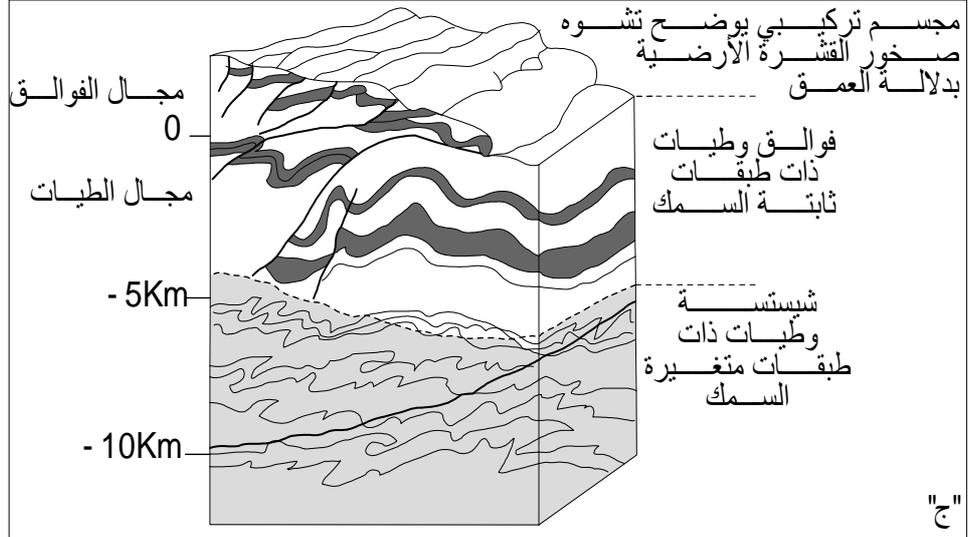


المجال 1 = مجال مرن: عند حذف القوى المسلطة على الصخرة ترجع قيمة الضغط والتشوه إلى قيمتها الأصلية

المجال 2 = مجال لدن: تحتفظ الصخرة بالتشوه رغم زوال القوى المطبقة عليها

المجال 3 = مجال التدفق اللدن: تؤدي التغيرات الطفيفة في الضغط إلى تغيرات مهمة في التشوه

في بعض الظروف يمكن أن يقع كسر. إذا وقع هذا الكسر في المجال 1 نقول أن هناك سلوكا هشا ويكون التشوه متواصل. أما إذا وقع الكسر في المجال 2 و 3 ستحصل تشوهات متصلة (طيات) مصحوبة بتشوهات غير متصلة (فوالق)



- 1- استخراج من خلال الشكل "أ" أهم العوامل المؤثرة في تشوه الصخور بالسلاسل الجبلية
- 2- اعتماد على الدراسة التجريبية المدرجة في الشكل "ب" فسر سلوك الصخور إزاء التشوهات بدلالة العمق (شكل ج).

## ② التشوهات التكتونية.

### أ - الطيات: أنظر الوثيقة 2 لوحة 5.

الطيات هي عبارة تشوهات تكتونية متواصلة (تبقى الطبقات الصخرية متصلة على طول مساحة الطي)، تنتج عن قوى انضغاطية، مما يترتب عنه تقصير في الطبقات الصخرية.

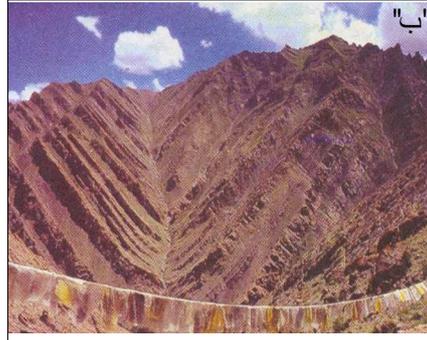
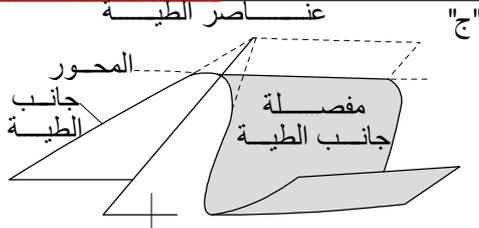
(1) تتميز سلاسل الطمر والاصطدام بتشوهات تكتونية تتجلى في طيات محدبة، وطيات مقعرة، وهي تشوهات تقاربية ناجمة عن ضغوط تكتونية بمناطق التجابه بين الصفائح.

(2) (أنظر الشكل ج) عناصر الطية هي: المفصلة، جانب الطية، المساحة المحورية، محور الطية.

(3) (أنظر الشكل ت) أصناف الطيات هي: طية مستقيمة، طية منحرفة، طية مائلة، طية راقدة.

### اللوحة 5

### الوثيقة 2: الطيات

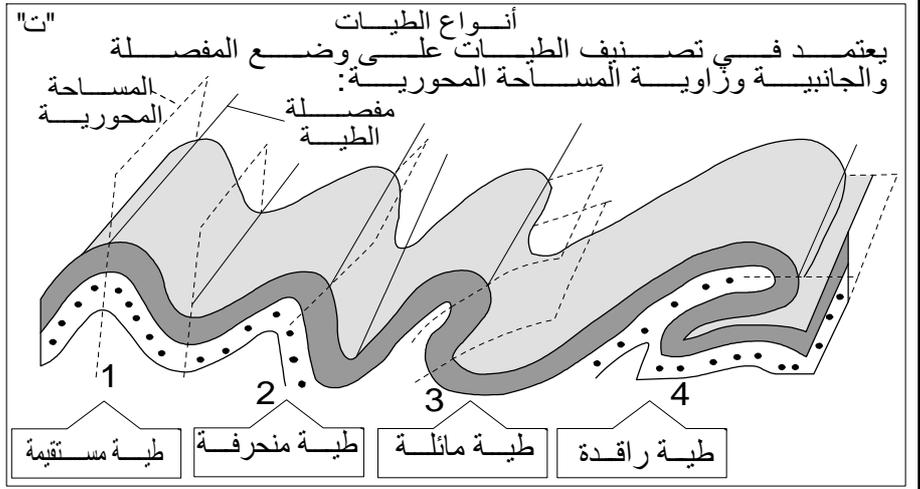


المساحة المحورية  
- المفصلة: الخط الذي يربط  
النقط ذات النقيوس الأقصى  
- جانب الطية: الجزء الموجود بين  
مفصلة الطية المحدبة والطيّة  
المقعرة.

- المساحة المحورية: المساحة الوهمية  
التي تربط مفصلات الطبقات  
المكونة لكل طية  
- محور الطية: خط التقاطع بين  
المساحة المحورية والمساحة  
الطبوغرافية

طية مقعرة بسلسلة الهملايا

طية محدبة بجبال الألب (سلسلة اصطدام)



- 1 - تعرف أنواع الطيات المميزة لمناطق  
الظمر والاصطدام (الشكل أ و ب).
- 2 - تعرف عناصر الطية (الشكل ج).
- 3 - ميز بين مختلف أصناف الطيات  
(الشكل ت).

### ب - الفوالق: أنظر الوثيقة 1 لوحة 6.

هي عبارة عن انكسارات للكتل الصخرية مصحوبة بتفاوت للكتلتين الناتجتين عن الكسر.

(1) تتميز سلاسل الظمر والاصطدام بفوالق معكوسة وعادية، وسدائم، وهي تشوهات تقاربية ناجمة عن ضغوط تكتونية بمناطق التجابه بين الصفائح.

(2) (أنظر الشكل ج) عناصر الفالق هي: سطح الفالق يكون مصحوبا بصقل إلي يسمى مرآة الفالق. طرح الفالق مركب من طرح أفقي مستعرض (r)، وطرح عمودي (R).

(3) (أنظر الشكل ت) أنماط الفوالق هي: فالق عادي، فالق معكوس، فالق عمودي، انقلاع. الفوالق المركبة هي مجموعة من الفوالق المعكوسة، في مناطق تسود فيها القوى الانضغاطية فتؤدي إلى تشكل مدرجات صاعدة ( الأنشاز ) Horst.

### ج - التشوهات الوسيطة: أنظر الوثيقة 2 لوحة 6.

أدت الضغوطات التقصيرية التي تعرضت لها القشرة الأرضية بمناطق الظمر والاصطدام إلى تعقيد التشوهات التكتونية لتتحول إلى تشوهات وسيطة: طيات-فوالق، تراكبات وسدائم.

### ا - الطيات - الفوالق pli-faille

نتيجة لتزايد الضغوط المسلطة على الطية من أحد جانبيها، يتمدد الجانب المقابل لمنحى الضغوط ثم يترقق، فيؤدي ذلك إلى حدوث فالق، لتتطور الطية إلى طية-فالق.

## b - التراكب Chevauchement

بعد تشكل الطية-الفالق، وإذا استمرت الضغوطات، يزحف الجزء الأعلى فوق الآخر مشكلا تراكبا.

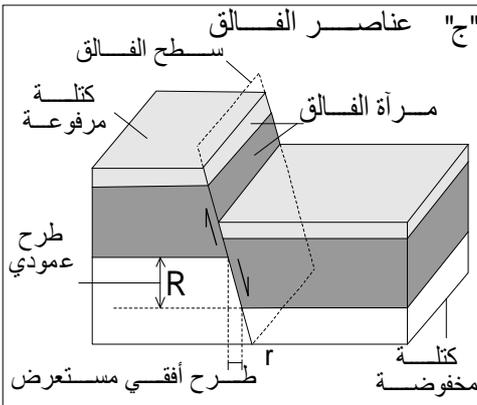
## c - السديمة Nappe de charriage

بعد تشكل التراكب، وإذا استمرت الضغوطات، تصبح مسافة زحف الجزء الأعلى كبيرة، فتتكون بذلك السديمة. يسمى الجزء المنتقل بالراكب، وتسمى القاعدة بالمركب.

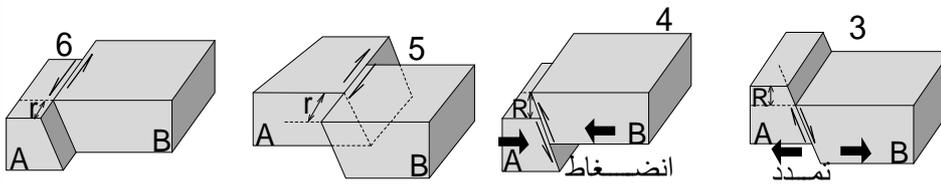
تتعرض الصخور الراكبة للحت فتتكون نافذة تسمح برؤية الطبقات المركوبة. ويمثل الكليب Klippe الصخور الراكبة التي لم تتعرض للحت، وتبقى شاهدة على التراكبات.

### اللوحة 6

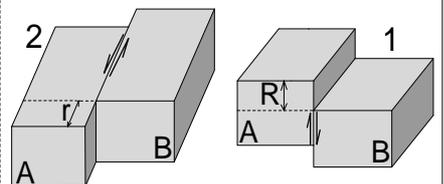
### الوثيقة 1 : الفوالق



### مساحة الفالق مائلة



### مساحة الفالق عمودية



انقلاع مياسر

انقلاع ميامن

فالق معكوس

فالق عادي

انقلاع

فالق عمودي

حركة في اتجاه معاكس لعقارب الساعة

حركة في اتجاه عقارب الساعة

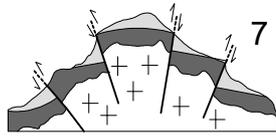
كتاتبا الفالق تتقاربان

كتاتبا الفالق تتباعدان

اتجاه التنقل أفقي

اتجاه التنقل عمودي

"ت" أنماط الفوالق



تجمع من الفوالق تؤدي إلى مرتفع مدرجات صاعدة

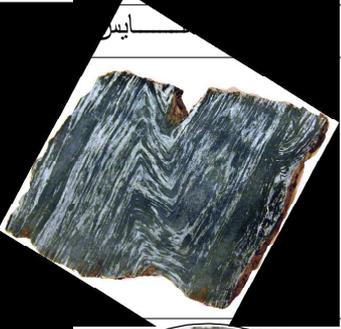
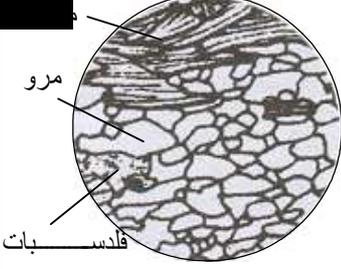
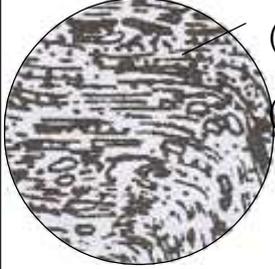
1 - تعرف أنواع الفوالق المميزة لمناطق الطمر والاصطدام (الشكل أ و ب).

2 - تعرف عناصر الفالق (الشكل ج).

3 - ميز بين مختلف أصناف الفوالق (الشكل ت).





الميكاشيست	الشيست الأخضر	ملاحظة الصخرة بالعين المجردة
		
		
مرو فلدسبات	مرو (لون منطفي) ميكا بيوتيت وموسكوفيت (ألوان زاهية)	سيريست (ألوان زاهية) + كلوريت (لون أخضر) المعادن موجهة على شكل صفائح
تعاقب أسرة فاتحة مكونة من المرور والفلدسبات مع أسرة داكنة مكونة من البيوتيت	أسرة من المرور وأسرة من البيوتيت والموسكوفيت	وصف حالة المعادن
توريق ( غير قابلة للانقسام )	توريق ( سهولة الانقسام )	شيسيتية
سيليكات مرو + بيوتيت فلدسبات بيجادي سليمانيت	سيليكات مرو بيوتيت بيجادي	معادن طينية (كلوريت) وسيريست سيليكات ألومين
68,7	60,9%	60,2%
16,2%	19,1%	20,9%
4,1%	4,1%	3,7%
3%	3,7%	4,1%
		SiO <sub>2</sub>
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		FeO
		K <sub>2</sub> O

\*\* قارن بين مميزات هذه الصخور  
\*\* تتشكل الصخور الطينية في قسمها الكبير من سيليكات الألومين. اقترح فرضية حول العلاقة بين هذه الصخور والصخور المتحولة.

★ نلاحظ أن العينات الصخرية تختلف من حيث البنية والتركيب العيداني:

- الشيست الأخضر: بنية شيسيتية ويتشكل من السيريست والكلوريت.
- الميكاشيست: بنية مورقة قابلة للانقسام، وتتشكل من البيوتيت والموسكوفيت والمرور.
- بنية مورقة غير قابلة للانقسام، وتتشكل من الميكا والمرور والفيلدسبات.

فعند الانتقال من الشيست إلى الميكاشيست إلى الغنايس:

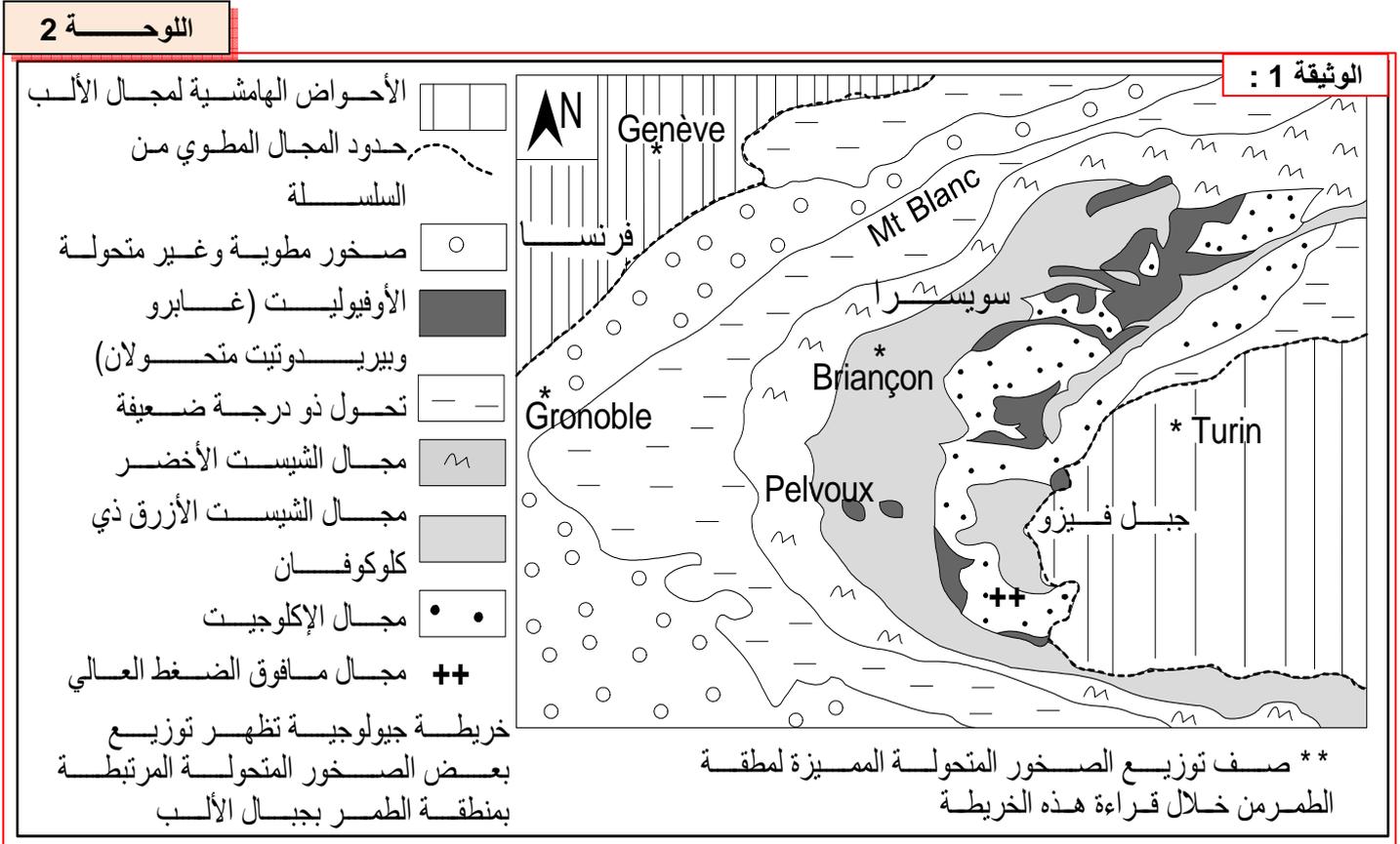
- تزداد بنية الصخور تعقيدا: من التنضد إلى الشيسيتية إلى التوريق.
- تختفي بعض المعادن وتظهر أخرى.
- تتشكل هذه الصخور من نفس العناصر الكيميائية لكن بنسب مختلفة.

★ تتميز هذه الصخور المتحولة (شيست، ميكاشيست، وغنايس) بوجود أو غياب بعض المعادن مع أن لها نفس التركيب الكيميائي العام.

إن أهم المعادن المكونة لهذه الصخور المتحولة هي عبارة عن سيليكات الألومين. إذا علمنا أن الصخور الطينية تتشكل أساسا من سيليكات الألومين، يمكن افتراض أن العينات المدروسة هي ناتجة عن تحول صخور طينية.

## II - الصخور المتحولة المنتشرة بسلاسل الطمر.

① استسطاح بعض الصخور المتحولة الشاهدة عن طمر قديم: وثيقة 1 لوحة 2.



تتميز مناطق الطمر الحالية بظروف ملائمة لتشكل الصخور المتحولة، إلا أنه يصعب ملاحظتها ودراستها لوجودها في الأعماق، لذلك يتم اللجوء إلى دراسة الصخور المستسطحة بمناطق الطمر القديمة.

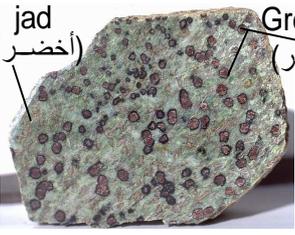
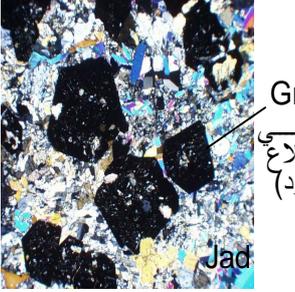
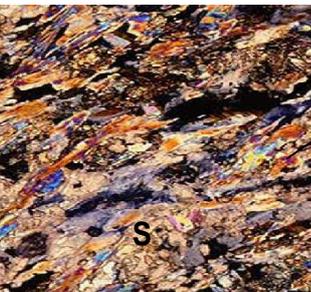
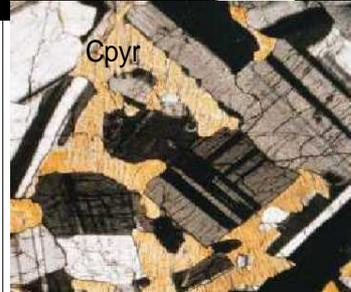
تبرز الخريطة لمنطقة توزيع الصخور المتحولة حيث تنتقل تدريجياً من مجال الشيست الأخضر نحو مجال الشيست الأزرق ثم إلى مجال الإكلوجيتات المتداخلة مع الأوفيوليت.

ان وجود الإكلوجيت المتميز بمعدي البجادي Grenat والجادييت Jadeite (كلينوبيريوكسين صودي)، والتي تتشكل في ظروف ضغط عالية، لشاهد على حدوث طمر سابق لسلاسل الاصطدام.

② خصائص الصخور المتحولة لمناطق الطمر: وثيقة 2 لوحة 2.

★ رغم اختلاف بنيتها وتركيبها العيداني، فان لهذه الصخور نفس التركيب الكيميائي العام. إذن الصخور الرسوبية والبلورية لمنطقة الألب الفرنسي الايطالي خضعت للتحويل، ودرجة هذا التحويل تختلف حسب المناطق.

★ تفيد هذه المعطيات بأن لهذه الصخور أصل مشترك حيث نتجت كلها عن تحول صخرة الكابرو. يتبين إذن أن تشكل السلسلة الألبية كان مسبقاً باختفاء المحيط الألبية نتيجة طمر صفيحة صخرية تحت أخرى، وانتهت القارتان المحمولتان على هاتين الصفيحتين بالاصطدام، وهي ظروف ملائمة لتكون صخور متحولة.

الإكلوجيت ذات بيجادي وجادييت	الشيست الأزرق ذي كلوكوفان وإبيدوت	الغابرو الأفيوليتي						
 jad (أخضر) Grenat (أحمر)	 Glau (أزرق) (داكن)	 Cpyr (داكن)	ملاحظة الصخرة بالعين المجردة					
 Grenat (بسداسي أضلاع أسود) Jad	 Glau Epi S	 Cpyr Plag Cpyr	ملاحظة الصفيحة الدقيقة بالمجهر المستقطب					
Grenat : بيجادي Jad : جادييت (=كلينوبيروكسين)	كلوكوفان : Glau إبيدوت : Epi سبينيل : Sp	كلينوبيروكسين : Cpyr بلاجيوكلاز : Plag	التركيب العياني					
K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	FeO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	لهذه الصخور نفس التركيب الكيميائي المبين في الجدول جانبه	التركيب الكيميائي
0,4%	2,2%	9,9%	11%	12,7%	14,2%	47,1%		

\*\* قارن بين مميزات هذه الصخور.  
\*\* ما المعلومات الإضافية التي يمكن استخلاصها من وجود الغابرو الأفيوليتي بهذه المنطقة وما علاقته بالصخور المتحولة المجاورة له؟

### III - عوامل التحول.

تنتج الصخور المتحولة عن تحول في الحالة الصلبة لصخور سابقة الوجود، تحت تأثير عاملي الضغط والحرارة.

#### ① تجارب الكشف عن ظروف التحول:

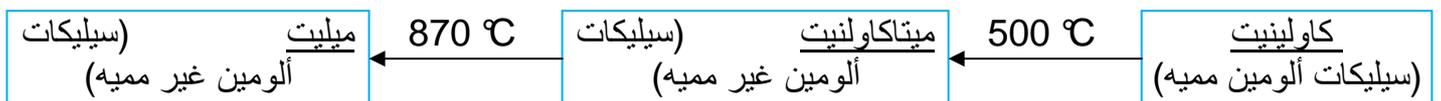
##### أ - تأثير الضغط: تجربة Daubrée أنظر الشكل أ وثيقة 1 لوحة 3.

يلاحظ ظهور شيسيتية على مستوى الطين المتدفق من ثقوب الاسطوانة، وتكون متعامدة مع اتجاه قوة الضغط. كما أن صفائح الميكا تصف في اتجاه الشيسيتية.

##### ب - تأثير الحرارة:

##### a - تجربة طهي الاجور:

بعد تسليط درجة حرارة مرتفعة على عجين الطين يتم الحصول على اجور يفقد خلاله الطين لدونته حتى لو أضفنا إليه الماء من جديد، و هذا يعني أن الحرارة المرتفعة أحدثت تغيرا نهائيا في خصائصه دون حدوث الانصهار، و تبين التفاعلات التالية بعض التحولات العيانية خلال هذه الظاهرة:



## b - تجربة Winkler: أنظر الشكل ب وثيقة 1 لوحة 3.

يتبين من خلال هذه التجارب أنه عند ارتفاع درجة الحرارة تخضع الصخرة الصلبة لتغيرات عيدانية حيث تظهر معادن و تختفي أخرى. إذن فالحرارة مسؤولة عن هذه التغيرات في الحالة الصلبة.

## ج - تأثير الحرارة والضغط: تجربة Richardson ومساعدوه أنظر الشكل ج وثيقة 1 لوحة 3.

يتبين من معطيات التجربة إن لكل معدن ظروف حرارة و ضغط يكون خلالها في حالة استقرار، حيث أن تغير هذه الظروف يؤدي إلى تحوله إلى معدن آخر. و ظروف استقرار كل معدن تشكل ما يسمى مجال استقرار المعدن.

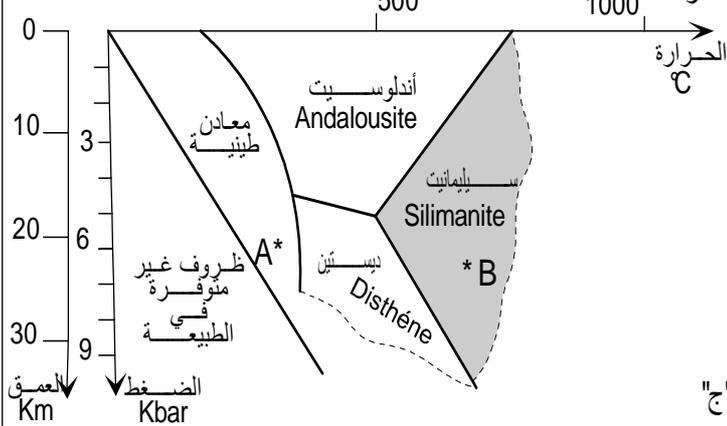
مثلا عند مرور صخرة من الظروف A إلى الظروف B، يظهر أولا معدن الديستين، ومع تزايد درجات الحرارة يختفي الديستين ويظهر السيلمانيت.

إن تواجد معدن معين من هذه المعادن في صخرة ما، يشهد على ظروف معينة للضغط والحرارة، خضعت لها الصخرة (تواجد الديستين مثلا ← ضغط مرتفع)، بذلك تنعت هذه المعادن بالمعادن المؤشرة.

### اللوحة 3

#### الوثيقة 1 : معطيات تجريبية

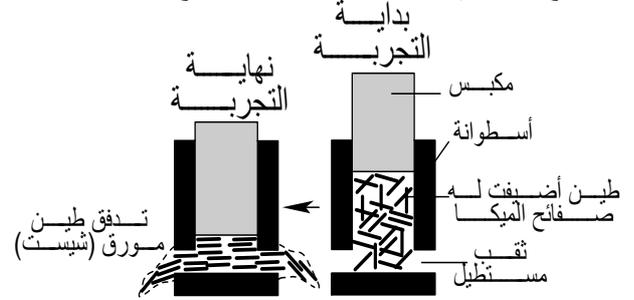
تأثير الضغط والحرارة: تجربة Richardson ومعاونوه  
أخضع هؤلاء الباحثون عينات من خليط سيلكات الألومين  
لدرجة حرارة و ضغط مرتفعين ومتغيرين فاستطاعوا  
تحديد مجال استقرار المعادن الثلاث: الأندلوسيت  
الديستين والسيلمانيت  
تمثل الخطوط المستقيمة حدود مجال استقرار كل معدن  
ويعبر الخط الفاصل بين مجالين عن الظروف اللازمة  
لكي يتم التفاعل العيداني وبالتالي تحول معدن إلى  
آخر



\*\* حلل نتائج تجارب الشكل "أ" و "ب" وحدد عوامل التحول  
\*\* اعط التفاعل العيداني الذي يمكن أن يحصل عند مرور  
صخرة من الظروف A إلى B مثلا(بيان الش كل ج).  
\*\* فيم يمكن أن يفيد تواجد معدن من معادن سيلكات  
الألومين في صخرة معينة؟ بم يمكن نعت هذه المعادن؟

#### أ" تأثير الضغط: تجربة Daubrée

أخضع الباحث Daubrée خليطا من الطين وصفائح بلورية من الميكال لضغط عال بواسطة مكبس داخل أسطوانة بقاعدتها ثقوب مستطيلة الشكل يوضح الرسم أسفله معطيات ونتائج هذه التجربة.



#### ب" تأثير الحرارة: تجربة Winkler

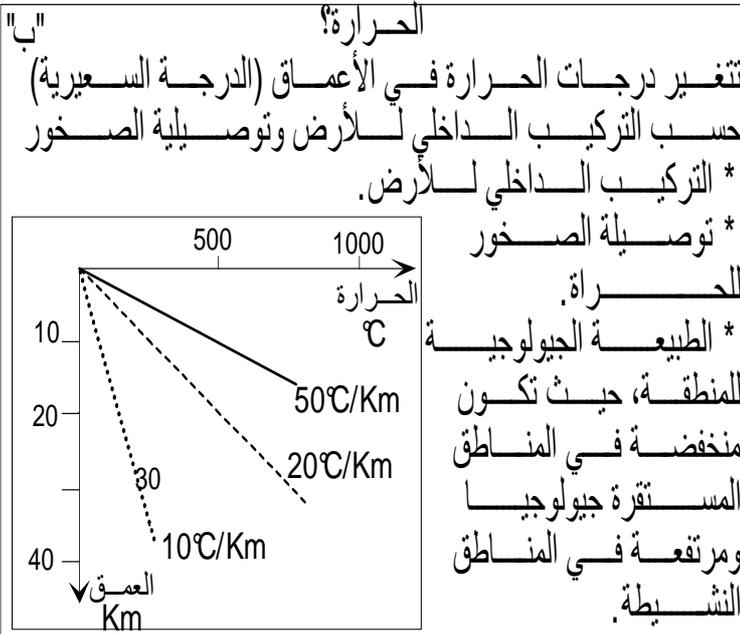
أخضع Winkler صخورا طينية لضغط ثابت: 2 كيلوبار مع ارتفاع تدريجي لدرجة الحرارة:  
- عند 570°C  
تظهر معادن جديدة مثل البيوتيت والأندلوسيت حسب التفاعل  
أندلوسيت + كاولينيت → 2Kbar  
570°C  
- عند 700°C  
يبدأ الانصهار الجزئي فيصبح الوسط مكونا من جزأين: جزء صلب يضم البيوتيت والسيلمانيت وجزء سائل.

## ② ظروف التحول في الطبيعة:

أ - الضغط: أنظر الشكل أ وثيقة 2 لوحة 3.

اللوحة 3

الوثيقة 2 : ظروف التحول في الطبيعة



الضغط؟

\*\* الضغط التكتوني: الناجم عن القوى التكتونية في المناطق الغير المستقرة

\*\* الضغط الصخري:  $P = \frac{\text{وزن العمود}}{\text{مساحة قاعدته}}$

وبذلك تخضع المواد في باطن الأرض لضغط تتناسب درجته مع العمق وكثافة الصخور

\*\* الضغط الجزيئي للموائع البيفرجية تضم الصخور بين بلوراتها بعض الموائع ( $H_2O$  و  $CO_2$ ) تتسبب في ضغط إضافي يسمى الضغط الجزيئي للموائع.

تخضع الصخور في الطبيعة لتغير الضغط حسب:

- الضغط التكتوني: ناتج عن الحركات التكتونية.
- الضغط الصخري: يزداد الضغط مع زيادة العمق، حيث أن الطبقات الصخرية في باطن الأرض تخضع لضغط مستمر يتناسب مع كثافة الصخور التي تعلوها. ويسمى هذا الضغط بضغط الغلاف الصخري.
- ضغط الموائع: يتمثل في الموائع البيفرجية المتواجدة في أعماق الأرض، كالماء وثنائي أكسيد الكربون، والتي تغير من ظروف التفاعلات.

أ - درجة الحرارة: أنظر الشكل ب وثيقة 2 لوحة 3.

تزداد درجة الحرارة مع العمق في باطن الأرض، وتكون هذه الزيادة ما يسمى الدرجة السعيرية، وتتغير حسب التركيب الداخلي والطبيعة الجيولوجية للمنطقة.

## IV - مفهوم المعدن المؤشر والسلسلة التحولية.

① مفهوم التحول والمعدن المؤشر: أنظر الشكل أ، ب، ج وثيقة 1 لوحة 4.

★ **التحول:** هو مجموعة من التغيرات البنيوية والعيديانية التي تطرأ على صخرة سابقة الوجود (رسوبية، صهارية أو متحولة)، في حالتها الصلبة، بفعل عاملي الضغط أو الحرارة أو هما معا.

★ **معدن مؤشر:** معدن يظهر في ظروف جد محددة لدرجة الضغط والحرارة، وبذلك فتواجهه في صخرة متحولة يمثل ذاكرة للظروف القصوى للضغط والحرارة التي وصلتها الصخرة، مثلا تواجد البيجادي في الصخور المتحولة لمناطق الطمر يعد شاهدا على تعرض هذه الأخيرة لضغط عال.

★ **متتالية تحولية:** مجموعة من الصخور المتحولة المنحدرة من نفس الصخرة الأصلية التي خضعت

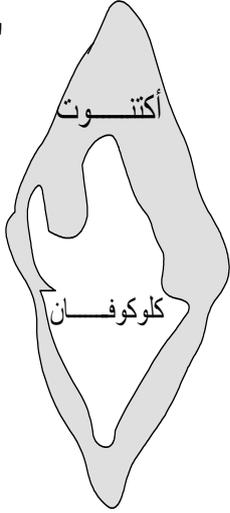
لدرجات تحول متصاعدة  
مثلا المتتالية الطينية تضم:  
الطين (الأصل) ← الشيست ← الميكاشيست ← الغنايس.

## ② مفهوم سحنة التحول والسلسلة التحويلية: أنظر الشكل د وثيقة 1 لوحة 4.

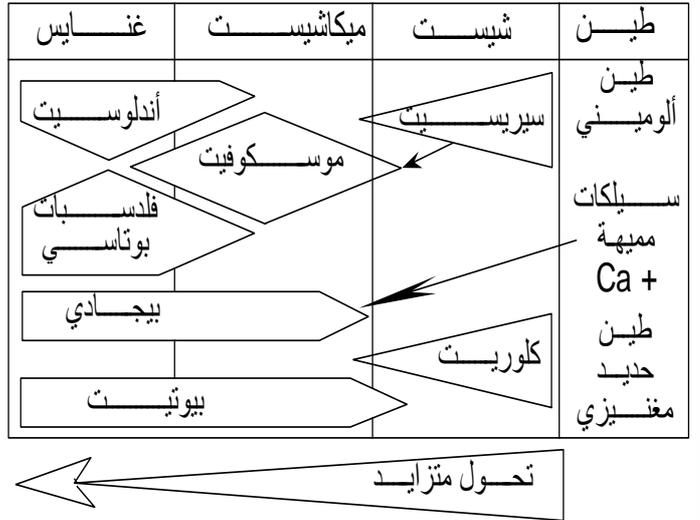
الوثيقة 1 : مفهوم المعدن المؤشر والمنتالية التحويلية.

اللوحة 4

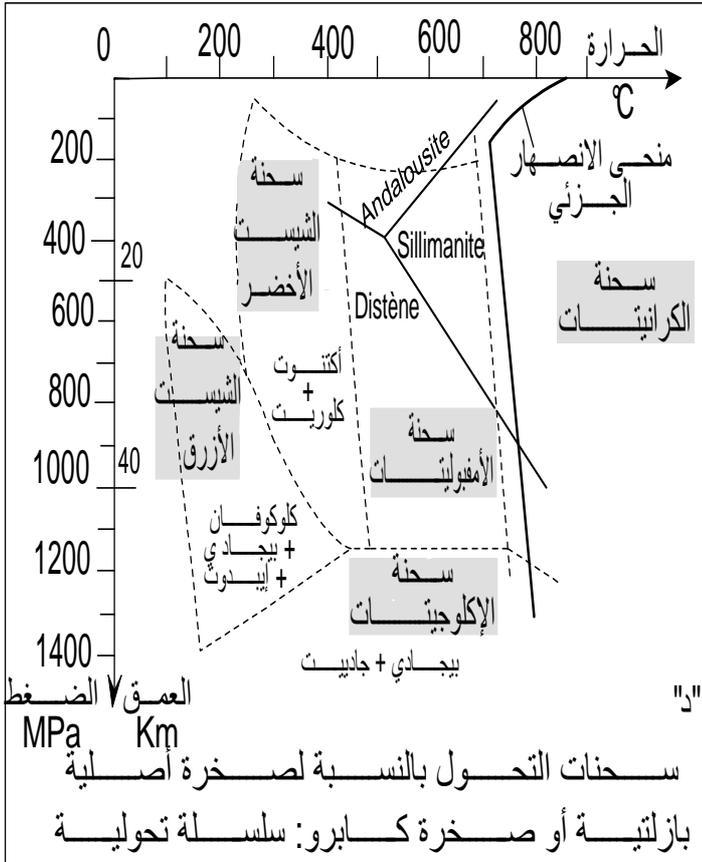
أ



صفحة دقيقة لبازلت محيطي قديم تظهر تحول الكلوكوفان إلى أكتينوت (أمبول أخضر)



منتالية تحولية لصخور طينية وتركيبها الكيميائي "ب"



الصخور	التفاعلات	المعادن المؤشرة
ميكاشيسيت ذو موسكوفيت	كلوريت + موسكوفيت	موسكوفيت وكلوريت
ميكاشيسيت ذو نوعين من الميكا	بيجادي + بيوتيت	موسكوفيت متبق
غنايس ذو نوعين من الميكا	مرو + موسكوفيت	بيوتيت اختفاء الكلوريت
غنايس ذو بيوتيت	سليمانيت + أرتوز سليمانيت + مرو + بيوتيت	بيوتيت وسليمانيت اختفاء الموسكوفيت
غنايس أبيض	كوردبيريت + مرو	اختفاء البيوتيت

تحويل متزايد

تغير التركيب العياني حسب ظروف الضغط "ج" والحرارة

\* معتمدا على الأشكال "أ"، "ب" و "ج"، اعط تعريفاً دقيقاً لمفهوم التحول، المعدن المؤشر والمنتالية التحويلية

\*\* معتمدا على الشكل "د"، اعط تعريفاً لسحنة التحول والسلسلة التحويلية

★ **سحنة التحول:** حسب ظروف الضغط ودرجة الحرارة، تتحدد مجالات استقرار مجموعة معدنية معينة تسمى سحنة التحول. وكل صخرة سابقة الوجود خضعت لظروف تحول سحنة معينة، تظهر بها نفس المجموعة المعدنية المميزة لهذه السحنة، رغم اختلاف تركيبها.

★ **سلسلة التحول:** هي متتالية السحنات المميزة لصخرة أصلية معينة، وذلك حسب تغير ظروف الضغط ودرجات الحرارة. وتمكن من معرفة تطورات الضغط والحرارة التي خضعت لها الصخرة الأصلية في العمق.

### ③ خلاصة:

لتحديد التركيب العيداني لصخرة متحولة (شيست، غنايس ...) ننجز صفيحة دقيقة لهذه الصخرة في المختبر، وبعد تحديد المعادن المتحولة، نتعرف على سحنة التحول والمتتالية المنتمية لها الصخرة ومن ثم نتعرف على الظروف التكتونية التي تشكلت فيها.

## V - مفهوم التحول الدينامي والتحول الدينامي الحراري.

### ① مجالات التحول في الطبيعة: أنظر وثيقة 1 لوحة 5.

#### الوثيقة 1 : مجالات التحول في الطبيعة.

#### اللوحة 5

#### مجالات التحول

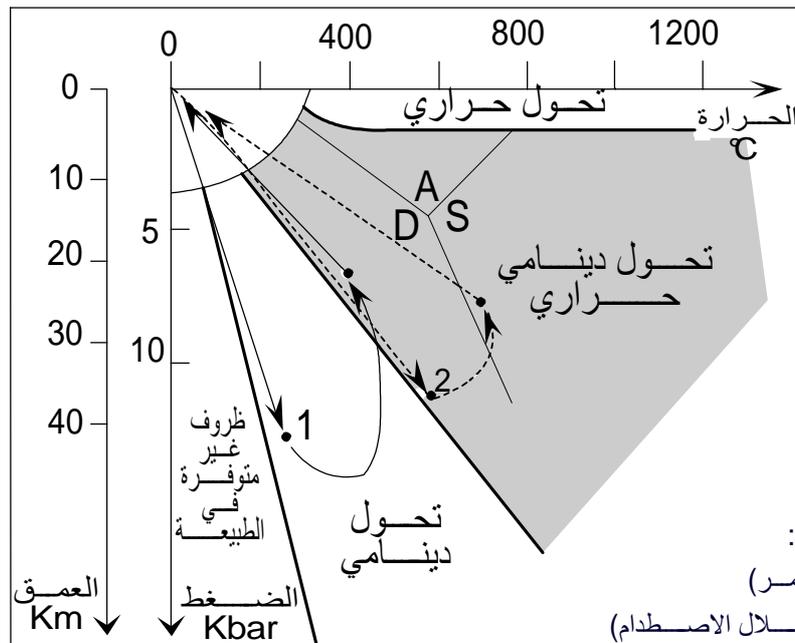
وضع Winkler تصورا يحدد مختلف أنواع التحول حسب مجالات تأثير عاملي الضغط والحرارة:

\*\* في مناطق الاصطدام يحدث ارتفاع متزامن لكل من الضغط والحرارة فيكون التحول دينامي - حراري = إقليمي = عام  
\*\* في مناطق الطمر، يرتفع الضغط بسرعة في حين يكون ارتفاع الحرارة منخفضا فيحصل تحول دينامي.  
\*\* حول الصحارات، تتعرض الصخور المحيطة لارتفاع مفاجئ في درجة الحرارة الحرارة فيحصل التحول الحراري

مسار تطور التحول حسب الضغط والحرارة لـ:

① قطعة من البازلت الألبى (خلال ظاهرة الطمر)

② قطعة من الميكاشيست للغلاف القاري (خلال الاصطدام)



يتبين من معطيات هذه الوثيقة أن تحول الصخور مرتبط بتغير عاملي الضغط والحرارة، وهذه الأخيرة ترتبط بدينامية الصفائح. وهكذا يمكن تحديد عدة مجالات للتحول: التحول الدينامي Dynamique والتحول الدينامي الحراري Thermo-dynamique والتحول الحراري Thermique.

### ② ظروف التحول في مناطق الاصطدام: أنظر وثيقة 2 لوحة 5.

في مناطق الاصطدام تخضع الصخور لارتفاع متزامن لكل من الضغط والحرارة نتيجة اصطدام صفيحتين قاريتين، فيحصل دينامي حراري ( تحول إقليمي Métamorphisme régional ).

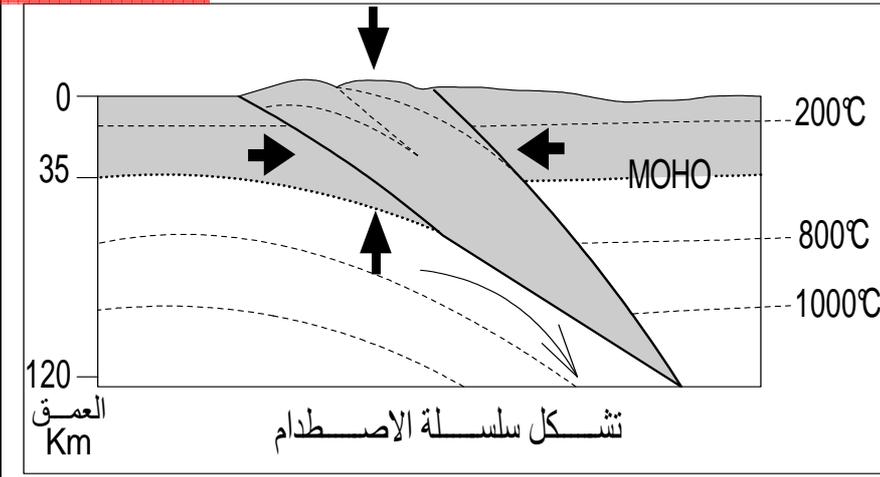
### ③ ظروف التحول في مناطق الطمر: أنظر وثيقة 3 لوحة 5.

في مناطق الطمر تخضع الصخور المنغرزة لضغط عال، نتيجة طمر غلاف صخري محيطي تحت الغلاف الصخري القاري، في حين يكون ارتفاع درجة الحرارة منخفضاً، فيحصل تحول دينامي.

**ملاحظة:** أثناء صعود الصهارات، تتعرض الصخور المحيطة بالغرفة الصهارية لارتفاع مفاجئ في درجات الحرارة، فيحصل بذلك تحول للصخور المحيطة، يسمى بالتحول الحراري.

#### الوثيقة 2 : ظروف التحول في مناطق الاصطدام.

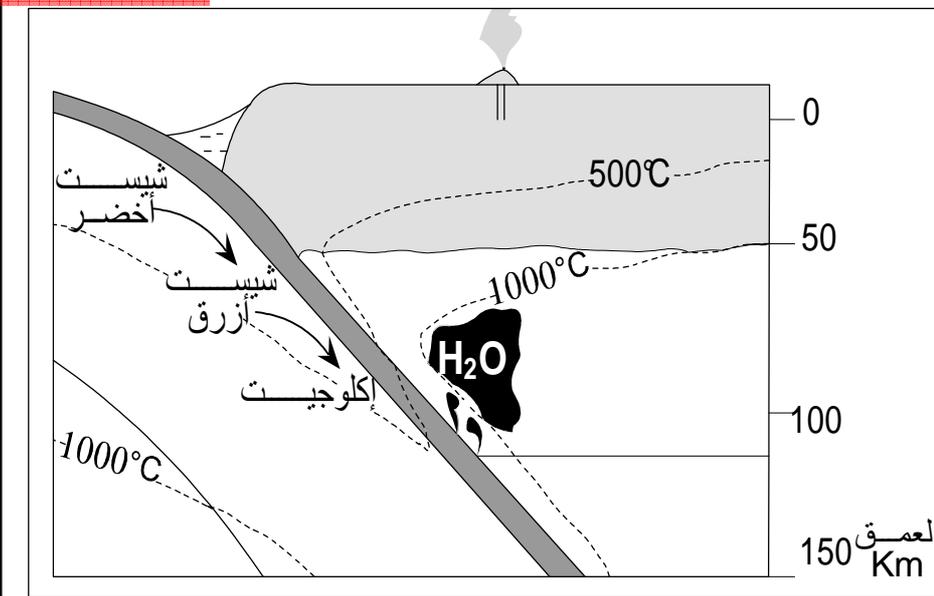
#### اللوحة 5



تحول مناطق الاصطدام  
=  
تحول دينامي حراري  
يعود التحول في مناطق الاصطدام  
إلى ارتفاع متزامن في درجة  
الحرارة والضغط.  
↓ ضغط الكتلة الصخرية  
← → ضغط القوى التكتونية  
الانضغاطية  
↑ توازن تضاعطي

#### الوثيقة 3 : ظروف التحول في مناطق الطمر.

#### اللوحة 5

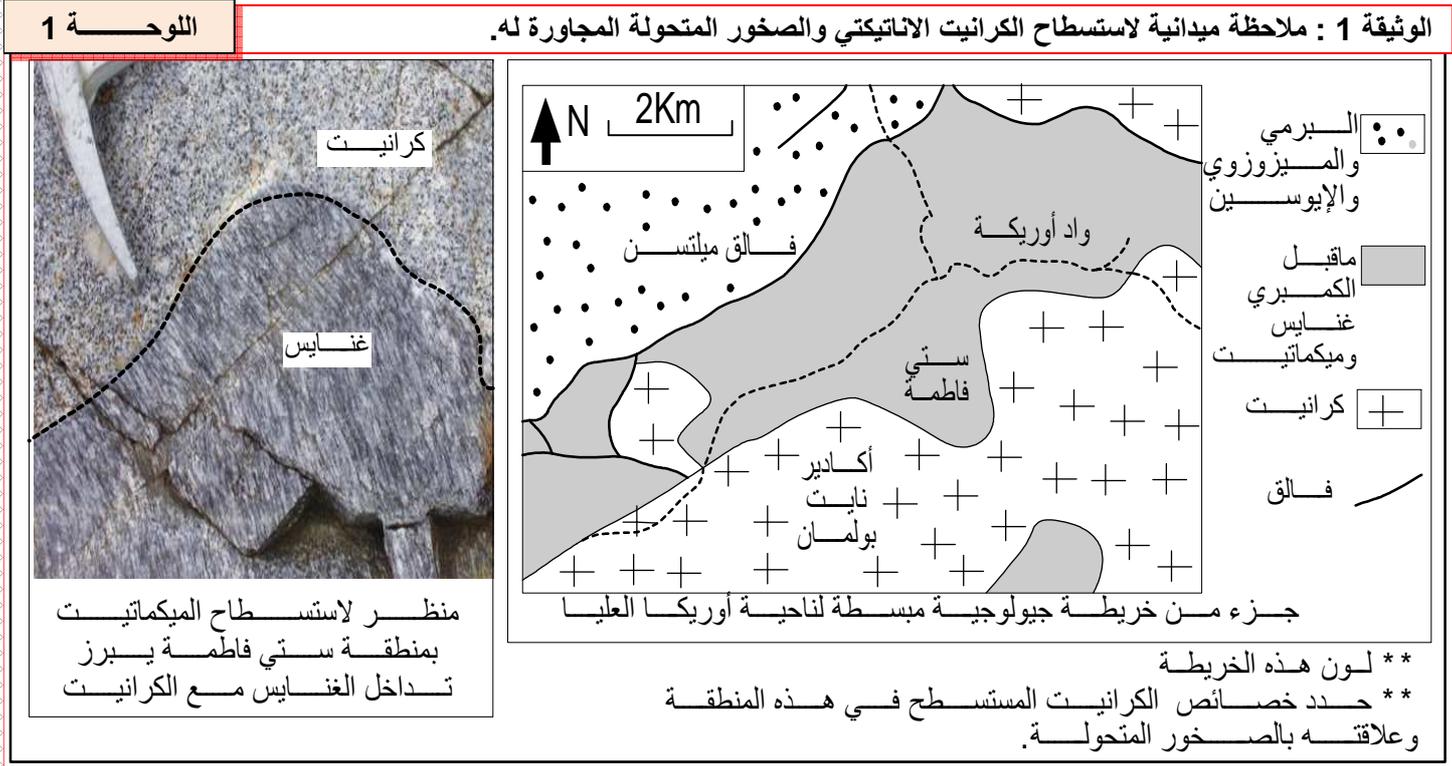


تحول مناطق الطمر  
=  
تحول دينامي  
ينغرز الغلاف الصخري المحيطي  
تحت الغلاف الصخري القاري،  
فتتغير الظروف التي تخضع  
لها الصخور المنغرزة كالارتفاع  
الكبير في الضغط.  
قد يحدث أن تصعد صخور  
القشرة المحيطية إلى الأعلى  
نتيجة ظروف جيولوجية مختلفة  
فيلاحظ تكون صخور جديدة  
تختلف عن تلك التي انغرزت

## الكرانيتية وعلاقتها بظاهرة التحول

**مقدمة:** تعتبر الصخور الكرانيتية صخورا صهارية بلوتونية، ناتجة عن تبريد وتصلب صهارة في العمق. وهي المكون الأساسي للقشرة القارية. فما هي ظروف تشكل الصخور الكرانيتية؟ وما هي علاقتها بظاهرة التحول؟

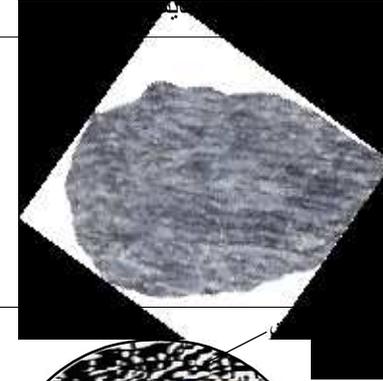
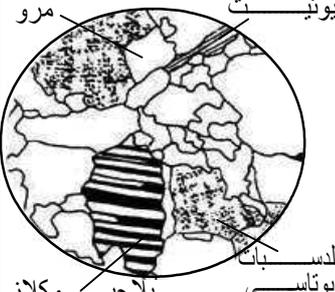
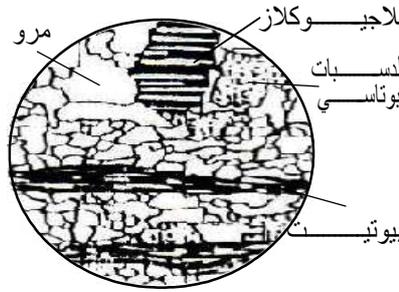
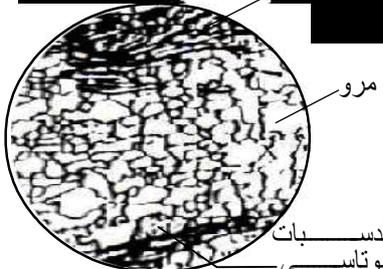
### 1 - الكرانيت الاناتيكتي Le granite d'anatexis مثال كرانيت أوركا العليا: ① ملاحظات ميدانية: وثيقة 1 لوحة 1.



يرتبط كرانيت سفي فاطمة بصخور شديدة التحول مثل الغنايس وبعده تشوهات على شكل فوالق أساسا. لا توجد حدود واضحة بين استسطاح الكرانيت والصخور المتحولة المجاورة، حيث تتشكل منطقة المرور من الكرانيت إلى الصخور المجاورة (الغنايس) من تشكيلات وسيطة عبارة عن خليط من الكرانيت والغنايس تسمى بالميكمايت. (خليط = migma = mélange). وهي تدل على نهاية المتتالية التحولية مرورا من ظروف التحول إلى ظروف الانصهار.

### ② بعض خصائص الصخور المستسطحة بمنطقة سفي فاطمة: وثيقة 2 لوحة 1.

تتميز الميكمايت بتعاقب مناطق فاتحة (كرانيتية ذات بنية محبية) تتكون من المرو والفلدسبات، ومناطق داكنة (متحولة) عبارة عن مستويات مسطحة تتميز بوجود الميكا السوداء (البيوتيت). يتبين من الملاحظة المجهرية أنه كلما اقتربنا من الكتلة الكرانيتية، إلا وتم الانتقال من بنية مورقة مميزة للغنايس، نحو بنية محبية مميزة للكرانيت. إن للكرانيت والغنايس نفس التركيب العيداني، مع اختلاف في البنية وقد البلورات. ومن تم يمكن القول بأن هذه الصخور لها نفس الأصل.

الكرانيت	الميكمايت	الغنايس	ملاحظة الصخرة بالعين المجردة
			
			ملاحظة الصفحة الدقيقة بالمجهر المستقطب
بنية محببة	تداخل بين أسرة ذات بنية مورقة وأسرة ذات بنية محببة	معادن موجهة بنية مورقة	وصف حالة المعادن والبنية
سائلة	صلابة + سائلة	صلابة	الحالة الفيزيائية للصخرة أثناء تشكلها

اجمع المعلومات الميدانية لمنطقة أوريكا العليا والمعطيات البنيوية والعيانية واقترح فرضية حول العلاقة بين هذه الصخور وتشكل كرانيت المنطقة

### ③ خلاصة:

★ إن المرور التدريجي من الصخور المتحولة (الغنايس) إلى الكرانيت ووجود صخرة وسيطة (الميكمايت) يجعلنا نفترض أن الكرانيت يشكل حلقة قصوى من حلقات التحول: يعني نتج عن تحول صخرة سابقة الوجود بفعل ارتفاع عامل الضغط أو الحرارة أو هما معا.

★ بما أن توجيه المعادن يفقد في صخرة الكرانيت، فيمكن أن نفترض أن المرور من الغنايس إلى الكرانيت يتم بظهور حالة سائلة: يعني أن الصخرة الأصلية تنصهر بفعل الضغط والحرارة فتعطي عند تبردها الكرانيت. نسمي هذا النوع من الكرانيت بالكرانيت الأنايكتي.

## II – الأنايكتية وعلاقتها بتشكيل السلاسل الجبلية:

### ① ظروف تصلب الصهارة الكرانيتية: أنظر الوثيقة 1 لوحة 2.

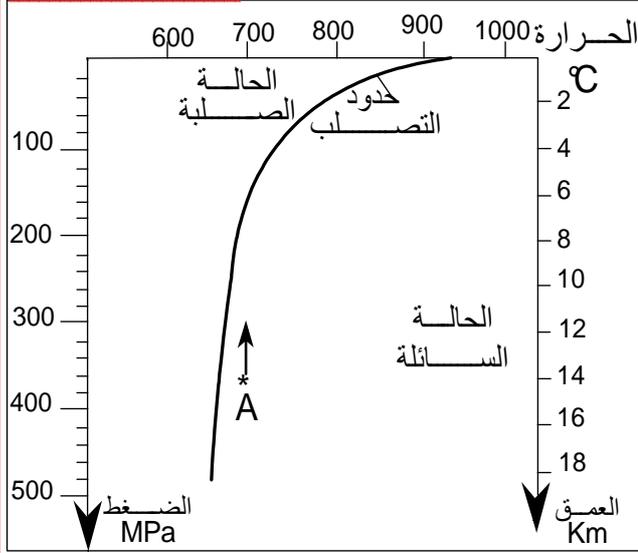
(1) كلما ازدادت درجة الضغط (كلما زاد العمق) كلما انخفضت درجة حرارة تصلب الصهارة الكرانيتية (لاحظ مثلا أن صهارة كرانيتية تتصلب في حرارة = 700°C عندما يكون عمقها 6Km، أما في عمق 2Km فهي تتبلور في حرارة 800°C).

(2) عند صعودها، تتبلور هذه الصهارة ولو لم تفقد بعضا من حرارتها ويحدث هذا التبلور في عمق = 6Km وضغط يقدر ب 160MPa.

(3) تبلور الصهارة الكرانيتية في الأعماق قبل وصولها إلى السطح لذلك نقول أن الكرانيت صخرة صهارية بلوتونية أي صخرة داخلية النشأة.

4) لكي تصل الصهارة السائلة يلزم أن تتوفر على حرارة تفوق  $900^{\circ}\text{C}$ ، وهذا لا يتوفر إلا نادرا فتعطي الصهارة حينئذ بعد تصلبها صخرة الريوليت.

## اللوحة 2



الوثيقة 1 : ظروف تبلور الصهارة الكرانيتية.

- \* يمثل البيان جانبه منحنى التصلب الذي يعبر عن الحد الفاصل بين الحالة السائلة والحالة الصلبة للصهارة الكرانيتية حسب الضغط ودرجة الحرارة.
- 1) كيف تتغير درجة حرارة التصلب بدلالة الضغط؟
- \* لنعتبر صهارة كرانيتية A تكونت تحت ضغط  $370\text{ MPa}$  ودرجة حرارة  $700^{\circ}\text{C}$ .
- 2) حدد الضغط والعمق اللذين تتصلب فيهما هذه الصهارة في حالة صعودها دون أن تغير من درجة حرارتها.
- 3) كيف تفسر ظهور الكرانيت في السطح إذن؟
- \* في حالات استثنائية تصل الصهارة الكرانيتية إلى السطح، لتعطي بعد تصلبها صخرة الريوليت Rhyolite.
- 4) اعتمادا على المبيان جانبه، حدد درجة الحرارة الدنيا اللازمة لصهارة كرانيتية لكي تصل إلى السطح .

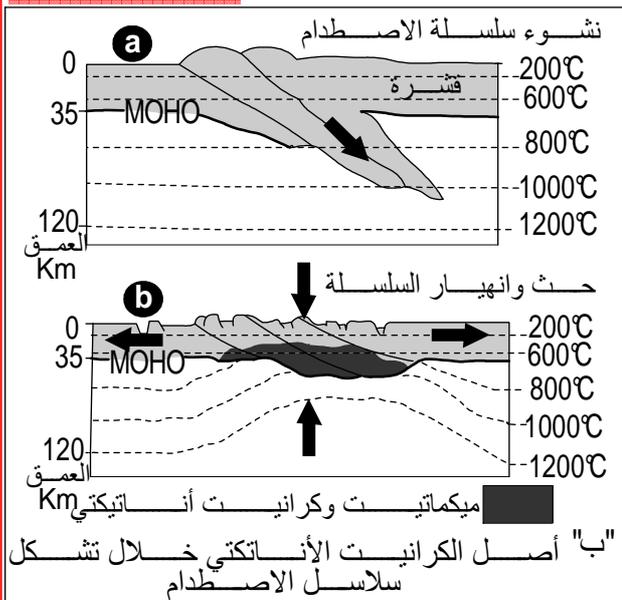
## خلاصة:

عندما تبلغ درجة حرارة الصخور  $700^{\circ}\text{C}$  وتحت الضغوط السائدة في أعماق المناطق غير المستقرة، تخضع لانصهار جزئي لتعطي سائلا ذا تركيب كرانيتي ( الأنايتيكتيكية ). تتركز القطرات الأولى من السائل الناتج على شكل أكوام، وتعطي بتبلورها مادة كرانيتية حديثة التكون، تبقى مرتبطة بمادة لم تتصهر بعد، الشيء الذي يفسر تكون صخور الميكمايتيت. وعندما تزداد نسبة السائل الناتج، يمكنه أن يتصلب في موقعه ليعطي الكرانيت الأنايتيكتي.

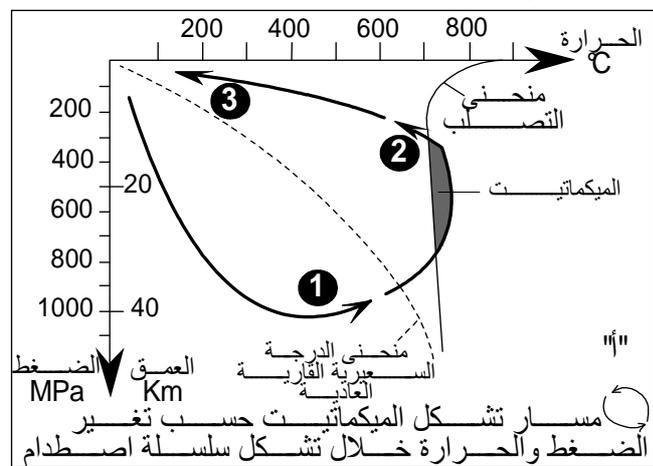
## ② علاقة الكرانيتية بالسلاسل الجبلية: أنظر الوثيقة 2 لوحة 2.

## اللوحة 2

الوثيقة 2 : علاقة الكرانيت الأنايتيكتي بسلاسل الاصطدام.



\* مناسب لشكلي الوثيقة "ب" المراحل المناسبة لها (1 و 2) من الوثيقة "أ"  
\* اربط بين الوثيقتين "أ" و "ب" وأعط تعليقا موجزا تبين من خلاله ظروف تشكل الكرانيت الأنايتيكتي وعلاقته بتشكيل سلاسل الاصطدام.



★ في مناطق الاصطدام، تؤدي القوى الانضغاطية إلى طمر بعض الوحدات الصخرية للقشرة القارية مما يعرضها لدرجات حرارة وضغط مرتفعين (الجزء 1 من السهم الممثل في الشكل "أ" والمرحلة a في الشكل "ب").

★ في نهاية التقارب، تشهد السلسلة الجبلية قوى تكتونية تمديدية فتصعد الوحدات الصخرية، ينخفض ضغطها بينما تظل درجة حرارتها مرتفعة، مما يؤدي إلى انصهارها الجزئي وتشكل سائلا أناتيكتي يتبرد في موقع نشأته ليعطي ميكمايت وكرانيت أناتيكتي (الجزء 2 من السهم الممثل في الشكل "أ" والمرحلة b في الشكل "ب").

★ لا يستسطح الكرانيت إلا بعد حث الصخور التي كانت تعلوه وذلك بعد ملايين السنين من تشكله.

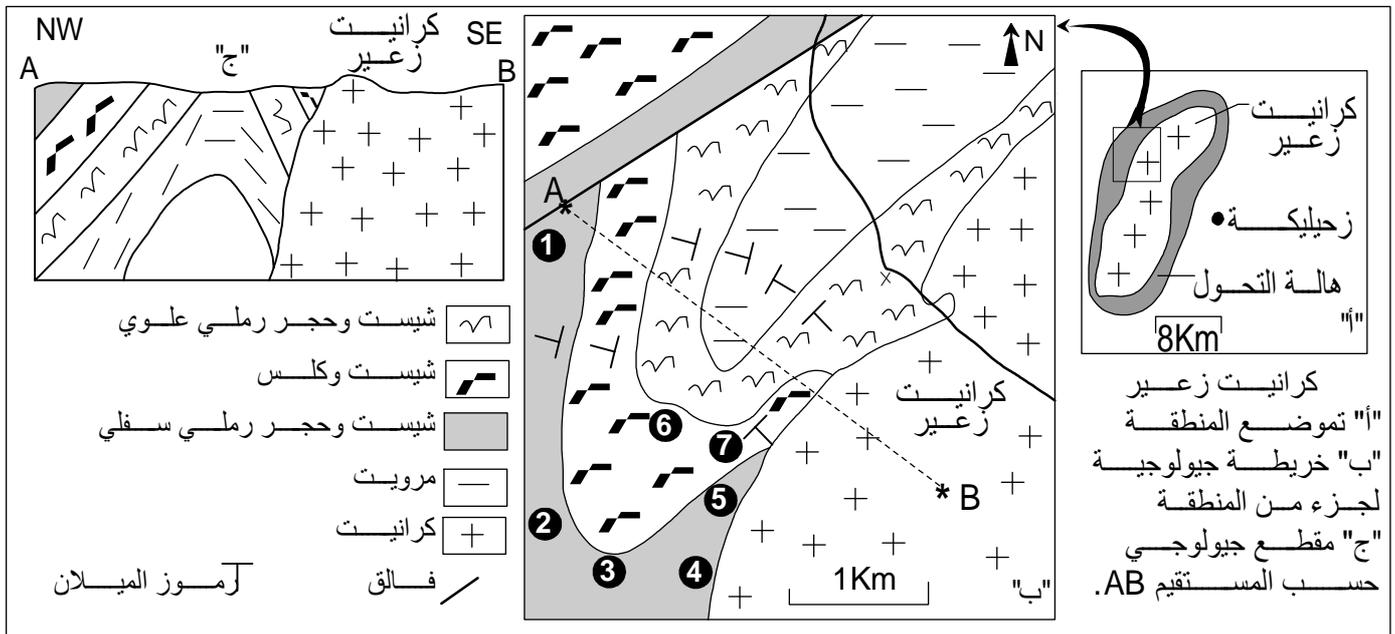
### III - اندساس الصحارة الكرانيتية وتحول التماس:

#### ① دراسة كتلة كرانيت زعير: أنظر الوثيقة 1 لوحة 3.

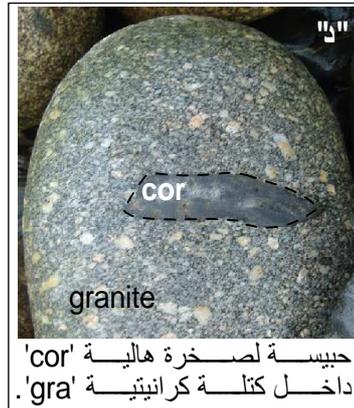
#### اللوحة 3

الوثيقة 1 : العلاقة بين الكتلة الكرانيتية لزعير والصخور المحيطة.

لنتعرف على مميزات كرانيت منطقة زعير وأثر هذا الكرانيت على الصخور المجاورة له:



أخذت عينات صخرية من المواقع 1 إلى 7 ، يبين الجدول "ت" والصور "هـ" و "د" مميزات هذه الصخور :



مجموعة الشيبست والكلس	مجموعة الشيبست والحجر الرملي السفلي	"ت"
⑥ رخام (صخرة ناتجة عن تحول الكلس) تتضمن البيروكسين والبلاجيوكلاز. صخرة الفولاسيتونيت بها بلورات الفولاسيتونيت والبيجادي.	① شيبست طيني به كلوريت وسيريسيت. ② شيبست به أندلوسيت ذو قد صغير. ③ شيبست به بيوتيت وأندلوسيت ذو قد كبير ④ صخرة هالينة بها فلدسبات بوتاسي (انظر الشكل "هـ"). ⑤ حبيسات صخرة هالينة في كتلة كرانيتية: (انظر الشكل "د").	المجموعة الصخرية وموقعها في خريطة الشكل "ب"
		حالة المعادن - ظهور شيبستية في الصخرة ① - غياب أي أثر لتوجيه المعادن في الصخور ② إلى ⑦

- 1 - انطلاقا من تحليل الخريطة والمقطع الجيولوجيين، حدد خاصيات كرانيت زعير وعلاقته بالصخور المنحولة
- 2 - لتأخذ مجموعة الشيبست والحجر الرملي السفلي "الشكل ت"، قارن بين مختلف العينات الصخرية كلما اقتربنا من الكتلة الكرانيتية
- 3 - اجمع كافة المعطيات المتوفرة، وحدد نمط التحول الذي خضعت له الصخور المجاورة لكتلة كرانيت زعير

- (1) على مستوى الخريطة والمقطع الجيولوجيين يظهر كرانيت زعير:
- بحدود واضحة حيث أن منطقة تماسه مع الصخور المجاورة صريحة.
  - متجانس (منطقة المرور من الكرانيت إلى الصخور المجاورة لا تتضمن صخرة الميكمايت).
  - في وضع متناظر مع الصخور المجاورة حيث يقطعها ويتموضع وسطها كما لو أنه أراح جزء منها وحل محله.
  - يحيط به حزام من صخور متحولة تسمى بهالة التحول، لها امتداد جغرافي ضيق (لا تتعدى 2Km).

نستخلص من هذه المميزات أن الصهارة الكرانيتية التي أعطت هذا الكرانيت لم تنشأ في هذا الموضع، بل صعدت من الأعماق واندست بين الصخور السابقة الوجود: فنقول كرانيت اندسائي (G intrusif)

- (2) كلما اقتربنا من الكتلة الكرانيتية:
- يختفي توجيه المعادن.
  - يزداد قطر البلورات.
  - تختفي بعض المعادن المميزة لتحول ضعيف (مثل السبيريسيت) وتظهر معادن دالة على تحول شديد (مثل الفلدسبات) وعلى حرارة مرتفعة (مثل الأندلوسيت).
  - شدة التحول تزداد كلما اقتربنا من الكتلة الكرانيتية.

(3) تشير الخاصيات المسجلة في الجواب السابق أن التحول تم بفعل الحرارة العالية التي تحررها الصهارة الكرانيتية الصاعدة أثناء تبريدها وفي غياب ضغوط موجهة، يعني يتعلق الأمر بتحول حراري = تحول التماس. Métamorphisme de contact.

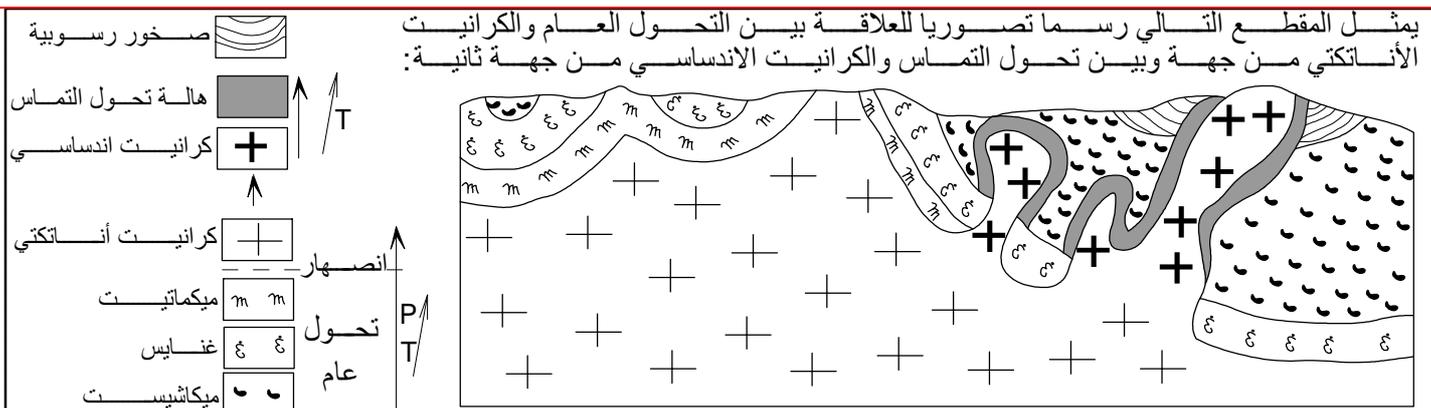
**ملحوظة:** قد تصادف داخل الكرانيت الاندسائي بعض الحبيبات، وهي بقايا الصخرة الأصلية التي لم تهضم من طرف الصهارة الكرانيتية.

## ② خلاصة:

في بعض الحالات يمكن للصهارة الأناتيكيتية الساخنة أن تصعد إلى الأعلى، فتخترق صخورا سابقة الوجود، وتتصلب وسطها. ونظرا للحرارة المرتفعة، تتعرض الصخور المجاورة لتغيرات بنيوية وعيدانية، يصطلح عليها تحول التماس أو التحول الحراري، لأن عامل الحرارة هو العامل الرئيسي في هذه الحالة.

## IV - مقارنة الكرانيت الأناتيكيتي والكرانيت الاندسائي: أنظر الوثيق 3 لوحة 2.

الوثيقة 3: العلاقة بين التحول الإقليمي والكرانيت الأناتيكيتي من جهة وتحول التماس والكرانيت الاندسائي من جهة أخرى اللوحة 2



اعتمادا على هذا الرسم التصوري، وعلى معلوماتك السابقة، استخرج أهم خصائص كل من الكرانيت الأناتيكيتي والكرانيت الاندسائي وعلاقة كل منهما بظاهرة التحول.

يُدرج الجدول التالي العلاقة بين نوعي الكرانيت ونوعي التحول المرتبطين بهما:

الكرانيت الانداساسي وعلاقته بتحول التماس	الكرانيت الأنايتيكي وعلاقته بالتحول الإقليمي	
صهارة ناتجة عن ظاهرة الأنايتيكية تغادر موقعها الأصلي، تصعد عبر الصخور التي تعلوها وتحل محلها.	صهارة ناتجة عن ظاهرة الأنايتيكية تتبلور في موقع تشكلها.	<b>أصل الكرانيت</b>
الكرانيت الانداساسي هو المسؤول عن حدوث التحول الذي حوله (هالة التحول).	يدخل الكرانيت الأنايتيكي ضمن متتالية التحول العام (يشكل حلقة قصوى من درجات "التحول").	<b>العلاقة بين الكرانيت والتحول</b>
حدود صريحة بين الكرانيت الانداساسي والصخور المتحولة التي تحيط به. تتميز الحدود بتواجد حبيبات مؤشر على بقايا صخور أصلية لم تهضم بفعل الصهارة الكرانيتية المندسة.	انتقال تدريجي من الصخور المتحولة إلى الكرانيت الأنايتيكي، الحدود غير صريحة تتميز بظهور صخرة الميكمايت، الصخرة المزيج بين الكرانيت والغنايس.	<b>المميزات الميدانية للحدود بين الكرانيت والصخور المتحولة.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● امتداد جغرافي جد محدود.</li> <li>● تضم هالة التحول معادن غير موجهة مؤشر على حرارة مرتفعة وضغط منخفض. (تحول حراري)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● امتداد جغرافي شاسع (تحول إقليمي = عام)</li> <li>● تضم الصخور المتحولة معادن موجهة مؤشر على ضغط وحرارة مرتفعين. (تحول دينامي - حراري)</li> </ul>	<b>مميزات الصخور المتحولة</b>

الصفحة	المحتوى
1	<b>الوحدة الأولى: استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة</b>
2	<b>الفصل الأول: تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية</b>
2	I – الكشف عن أنماط التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية
4	II – انحلال الكليكوز على مستوى الجبلة الشفافة. <b>Le hyaloplasme</b>
6	III – التأكسيدات التنفسية ودور الميثوكوندريات.
8	IV – دور التأكسيدات التنفسية في إنتاج ATP:
13	V – مقارنة الحصيلة الطاقية للتنفس والتخمر
16	<b>الفصل الثاني: دور العضلة الهيكلية المخططة في تحويل الطاقة</b>
16	I – الدراسة التجريبية للتقلص العضلي.
18	II – الظواهر التي تصاحب التقلص العضلي.
20	III – بنية وفوق بنية النسيج العضلي.
23	IV – آلية التقلص العضلي.
25	V – كيف يتم تجديد الطاقة اللازمة للتقلص العضلي ؟
27	<b>الفصل الثالث: دور المادة العضوية في بناء وتجديد المادة الحية</b>
27	I – الكشف عن تجديد المادة الحية.
28	II – تركيب البروتيدات الأنزيمية للبنكرياس.
30	III – فوق بنية العضيات المسؤولة عن تركيب البروتينات
33	<b>الوحدة الثانية : طبيعة الخبر الوراثي وآلية تعبيره – الهندسة الوراثية</b>
34	<b>الفصل الأول: مفهوم الخبر الواثي</b>
34	I – أين يتواجد الخبر الوراثي ؟
35	II – انتقال الخبر الوراثي عبر الانقسام الخلوي.
39	III – الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية.
41	IV – التركيب الكيميائي لجزيئة ADN.
43	V – العلاقة بين الصبغين، الصبغيات، و ADN.
44	VI – آلية مضاعفة جزيئة ADN.
50	<b>الفصل الثاني: تعبير الخبر الواثي</b>
50	I – مفهوم الصفة، المورثة، الحليل، والطفرة.
53	II – آلية تعبير الخبر الوراثي: من المورثة إلى البروتين.
60	<b>الفصل الثالث: الهندسة الوراثية : مبادئها وتقنياتها</b>
60	I – مفهوم التغيير الوراثي ؟
63	II – آليات الهندسة الوراثية.
66	III – أمثلة لتطبيقات الهندسة الوراثية.
71	<b>الوحدة الثالثة : نقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي – علم الوراثة البشرية</b>

72	<b>الفصل الأول: نقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي</b>
72	I – مراحل الانقسام الاختزالي <b>La méiose</b>
75	II – دور الانقسام الاختزالي والإخصاب في تخليط الحليلات
78	III – دراسة بعض دورات النمو
83	<b>الفصل الثاني: القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية عند ثنائيات الصيغة الصبغية</b>
83	I – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة السيادة التامة: الهجونة الثنائية.
88	II – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة تساوي السيادة.
89	III – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة المورثة المميتة.
90	IV – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.
92	V – دراسة انتقال زوجين من الحليلات: الهجونة الثنائية.
100	VI – قياس المسافة بين مورثتين.
107	<b>الفصل الثالث: علم الوراثة البشرية</b>
107	I – وسائل دراسة الوراثة عند الإنسان.
109	II – دراسة انتقال أمراض وراثية غير مرتبطة بالجنس.
112	III – دراسة انتقال أمراض وراثية مرتبطة بالجنس.
116	IV – الشذوذات الصبغية عند الإنسان وعواقبها.
121	V – تشخيص الشذوذ الصبغي قبل الولادة:
124	<b>الوحدة الرابعة : التغير وعلم وراثة الساكنة</b>
125	<b>الفصل الأول: الدراسة الكمية للتغير: القياس الإحيائي</b>
125	I – الطرق الإحصائية المعتمدة في علم القياس الإحيائي <b>La biométrie</b>
129	II – ما هي الدلالات الإحصائية لثابتات توزيع الترددات
131	III – أهمية القياس الإحيائي في الانتقاء
132	IV – تطبيقات
134	<b>الفصل الثاني: علم وراثة الساكنة .</b>
135	I – مفهوم الساكنة والمحتوى الجيني <b>La population et pool génétique</b>
137	II – قانون <b>Hardy - Weinberg</b>
140	III – تطبيق قانون <b>Hardy – Weinberg</b> على ساكنة نظرية مثالية
143	IV – تطبيق قانون <b>Hardy – Weinberg</b> على انتقال بعض الصفات الوراثية
150	V – عوامل تغير الساكنة :
160	VI – مفهوم النوع <b>L'espèce</b>
163	<b>الوحدة الخامسة : علم المناعة .</b>
164	<b>الفصل الأول : تعرف الجسم ما هو ذاتي وما هو غير ذاتي .</b>
164	I – الكشف التجريبي عن التلاؤم بين الأنسجة
165	II – تعرف الواسمات الرئيسية والثانوية
167	III – دور <b>CMH</b> في تمييز الذاتي
171	<b>الفصل الثاني : وسائل دفاع الجسم عما هو ذاتي .</b>
171	I – وسائل الدفاع غير النوعية

177	II – وسائل الدفاع النوعية
192	III – التعاون الخلوي بين الخلايا المناعية:
195	IV – حصيلة تركيبية لمراحل الاستجابة المناعية
198	<b>الفصل الثالث : اضطرابات الجهاز المناعي .</b>
198	I – الاستجابة الأرجية: L'allergie
201	II – قصور الجهاز المناعي ( السيدا )
207	<b>الفصل الرابع : مساعدات الجهاز المناعي .</b>
207	I – التلقيح La vaccination
209	II – الاستمصال La Sérothérapie
210	III – زرع نخاع العظمي
212	<b>الوحدة السادسة : الظواهر الجيولوجية المصاحبة لنشوء السلاسل الجبلية وعلاقتها بتكتونية الصفائح .</b>
213	<b>الفصل الأول : السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح .</b>
213	I – أنواع السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح
214	II – خصائص السلاسل الجبلية الحديثة.
220	III – التشوهات التكتونية المميزة لسلاسل الطمر والاصطدام.
225	<b>الفصل الثاني : التحول وعلاقته بدينامية الصفائح .</b>
225	I – الصخور المتحولة المنتشرة بسلاسل الاصطدام.
227	II – الصخور المتحولة المنتشرة بسلاسل الطمر.
228	III – عوامل التحول.
230	IV – مفهوما المعدن المؤشر والسلسلة التحولية.
232	V – مفهوم التحول الدينامي والتحول الدينامي الحراري
234	<b>الفصل الثالث : الكرانيتية وعلاقتها بظاهرة التحول .</b>
234	I – الكرانيت الأنايكتي : مثال كرانيت أوريجا العليا:
235	II – الأنايكتية وعلاقتها بتشكيل السلاسل الجبلية
237	III – اندساس الصهارة الكرانيتية وتحول التماس
238	IV – مقارنة الكرانيت الأنايكتي والكرانيت الانداسي