



# علوم الحياة والأرض

السنة الأولى من سلك البكالوريا

شعبة العلوم التجريبية

الدورة  
الأولى

إعداد: الأستاذ يوسف الأندلسبي

1  
باقٍ  
ع.تج



# البطاقة الوصفية: السنة الأولى مسلك العلوم التجريبية

## الدورة الأولى

الحصص	الظواهر الجيولوجية الخارجية	1 - الوحدة الأولى
	* الأولى الإعدادية : العلاقات بين الكائنات الحية وتفاعلها مع الوسط - الظواهر الجيولوجية الخارجية	2 - المكتسبات القبلية
11 س	<p>* إنجاز خريطة الجغرافيا القديمة لمنطقة معينة .....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- الدراسات الإحصائية والمرفولوجية لمكونات الرواسب</li> <li>+ الأشكال الرسوبيّة</li> <li>+ دينامية وعوامل نقل الرواسب</li> <li>- تحديد ظروف التربس في أهم أوساط التربس الحالية</li> <li>- تحديد ظروف التربس في وسط قديم (بحر الفوسفات أو الحوض الفحمي لجرادة)</li> <li>- إنجاز خريطة الجغرافيا القديمة للوسط المدروس</li> </ul> <p>* استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبيّة منضدية (الهضبة الفوسفاتية) أو لحوض فحمي (حوض جرادة)، ووضع أساس الخريطة الجيولوجية .....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- المبادئ الإستراتيغرافية والتاريخ النسبي للتشكلات الجيولوجية للهضبة أو الحوض المدروس</li> <li>+ مبدأ التراكم ومبدأ الاستمرارية</li> <li>+ المحتوى الاستحاثي : مفهوم المستحاثة الطبقاتية ومفهوم مبدأ تماثل المحتوى الاستحاثي</li> <li>- الدورة الرسوبيّة .</li> <li>+ وضع السلم الإستراتيغرافي</li> <li>+ مفهوم الفجوة الإستراتيغرافية</li> </ul> <p>* حصيلة .....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- الخريطة الجيولوجية حصيلة تركيبة للدراسات الاستراتيغرافية</li> <li>- استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة باستعمال الخريطة الجيولوجية</li> <li>- إنجاز مقاطع جيولوجية</li> </ul>	
13 س		3 - المضامين المراد دراستها والغلاف الزمني المخصص لكل منها
06 س		
	الاتصال المباشر بالطبيعة، الملاحظة والمناولة، إنجاز الرسوم التخطيطية والرسوم البيانية، التحليل والتركيب	4 - عناصر من المنهجية
	انظر الملحق الخاص بالوسائل التعليمية	5 - الوسائل التعليمية
د 30	في بداية معالجة الوحدة .....	6 - التقويم والدعم
د 60	في منتصف الوحدة .....	* التقويم القبلي
د 60	بعد الاختبار التكويني : .....	* التقويم التكويني
د 90	عند نهاية معالجة الوحدة وينبغي أن يشمل جميع مكونات الوحدة	* الدعم * التقويم النهائي
34 س	المجموع	

الحصص	إنتاج المادة العضوية	1 - الوحدة الثانية
	* الأولى الإعدادية : العلاقات بين الكائنات الحية وتفاعلها مع الوسط * الثالثة الإعدادية : الوحدة الوظيفية للجسم، التربية الغذائية * الجزء المشترك العلمي : علم البيئة - التووالد عند النباتات	2 - المكتسبات القبلية
08 س	* آليات امتصاص الماء والأملاح المعدنية عند النباتات ..... - مفهوم التنااذ ..... - مفهومما الانشار والنقل النشيط ..... - بنية وفوق بنية الغشاء السيتوبلازمي والغشاء الهيكلي ..... - دور زغب الامتصاص في امتصاص الماء والأملاح المعدنية	
06 س	* التبادلات الغازية اليخصوصية ..... - امتصاص $CO_2$ وطرح $O_2$ ..... - العوامل المؤثرة على هذه التبادلات ..... - بنية الشعور ودورها في هذه التبادلات ..... * إنتاج المادة العضوية من طرف النباتات ..... - وجود النشا في نبات ..... - السكريات، الدهون و البروتيدات	
04 س	* دور الصبغات اليخصوصية في التقاط الطاقة الضوئية ..... - استخراج اليخصوص : أصناف الصبغات اليخصوصية ..... - خاصيات الصبغات اليخصوصية : امتصاص الأشعة الضوئية ..... - والتفلور ..... - بنية وفوق بنية البلاستيدية الخضراء ..... * التفاعلات الأساسية للتركيب الضوئي ..... - دور الصبغات اليخصوصية في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية ..... - أكسدة الماء وإنتاج ATP : تفاعلات المرحلة المضاء ..... - حلماة ATP واحتزال $CO_2$ وإنتاج المادة العضوية : تفاعلات المرحلة المظلمة ( Calvin ) ..... * تنوع مصادر المادة ومصادر الطاقة المستعملة من طرف الكائنات الحية ..... - المادة المعدنية والمادة العضوية ..... - الطاقة الضوئية والطاقة الكيميائية	3 - المضامين المراد دراستها ..... والغلاف الزمني ..... المخصص ..... لكل منها
06 س	الملاحظة والتجريب والمناولة، إنجاز الرسوم والرسوم البيانية، التحليل والتركيب	4 - عناصر من المنهجية
02 س	انظر الملحق الخاص بالوسائل التعليمية	5 - الوسائل التعليمية
د 30 د 60 د 60 د 90	في بداية معالجة الوحدة ..... في منتصف الوحدة ..... بعد الاختبار التكويني : ..... عند نهاية معالجة الوحدة وينبغي أن يشمل جميع مكونات الوحدة	6 - التقويم والدعم * التقويم القبلي ..... * التقويم التكويني ..... * الدعم ..... * التقويم النهائي
34 س	المجموع	

## الظواهر الجيولوجية الخارجية

### مقدمة



تشمل الدينامية الخارجية كل القوى المتحكمة في الظواهر الخارجية (الحث، النقل، التربس) والتي تستمد طاقتها من خارج الأرض أي أساساً من الطاقة الشمسية. تحدد هذه القوى تطور المظهر الخارجي للقشرة الأرضية. ويتنوع شكل التضاريس حسب شكل المجموعات الجيولوجية المكونة للقشرة الأرضية وحسب المكان والزمان. فالمناطق القارية تتبع تدريجياً بفعل الحث، بينما تسيطر ظاهرة التربس في المناطق البحرية. وترتبط الدينامية الخارجية بالدينامية الباطنية، حيث تؤدي التشوّهات المرتبطة بحركة الصفائح إلى تكون التضاريس مقاومة بذلك ظاهرة الحث، كما تتحكم كذلك في شكل قعر البحار والمحيطات.

وهكذا تخزن الصخور الرسوبيّة عدّة معلومات تدور حول ظروف تشكّلها وتتضمن آثار العدّيد من الأحداث الجيولوجية القديمة التي عرفها كوكب الأرض. فإعادة تاريخ تكون حوض رسوبي معين يقتضي البحث عن أصل المواد الرسوبيّة والمسار الذي سلكته، وتحديد ظروف تربّتها قصد انجاز خريطة الجغرافيا القديمة واسترداد التاريخ الجيولوجي.

- **كيف ننجز خريطة الجغرافيا القديمة لمنطقة رسوبيّة معينة؟**
- **ما المبادئ والوسائل المعتمدة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبيّة منضدية؟**

# الفصل الأول

## إنجاز خريطة الجغرافية القديمة

**مقدمة:**

ت تكون الصخور الروسوبية المكونة للمناظر الجيولوجية على سطح الكرة الأرضية وبكيفية بطئية عبر الزمن الجيولوجي، وذلك وفق أنماط ترببية مختلفة.

تميز الصخور الروسوبية بصفات صخرية وأحفورية تسمى سحنات الصخور الروسوبية.  
فما دلالات هذه السحنات؟ وكيف يمكن تفسيرها واستغلالها قصد إعادة تشكيل أواسط نشوء هذه الصخور؟

### I - تصنيف مكونات الرواسب

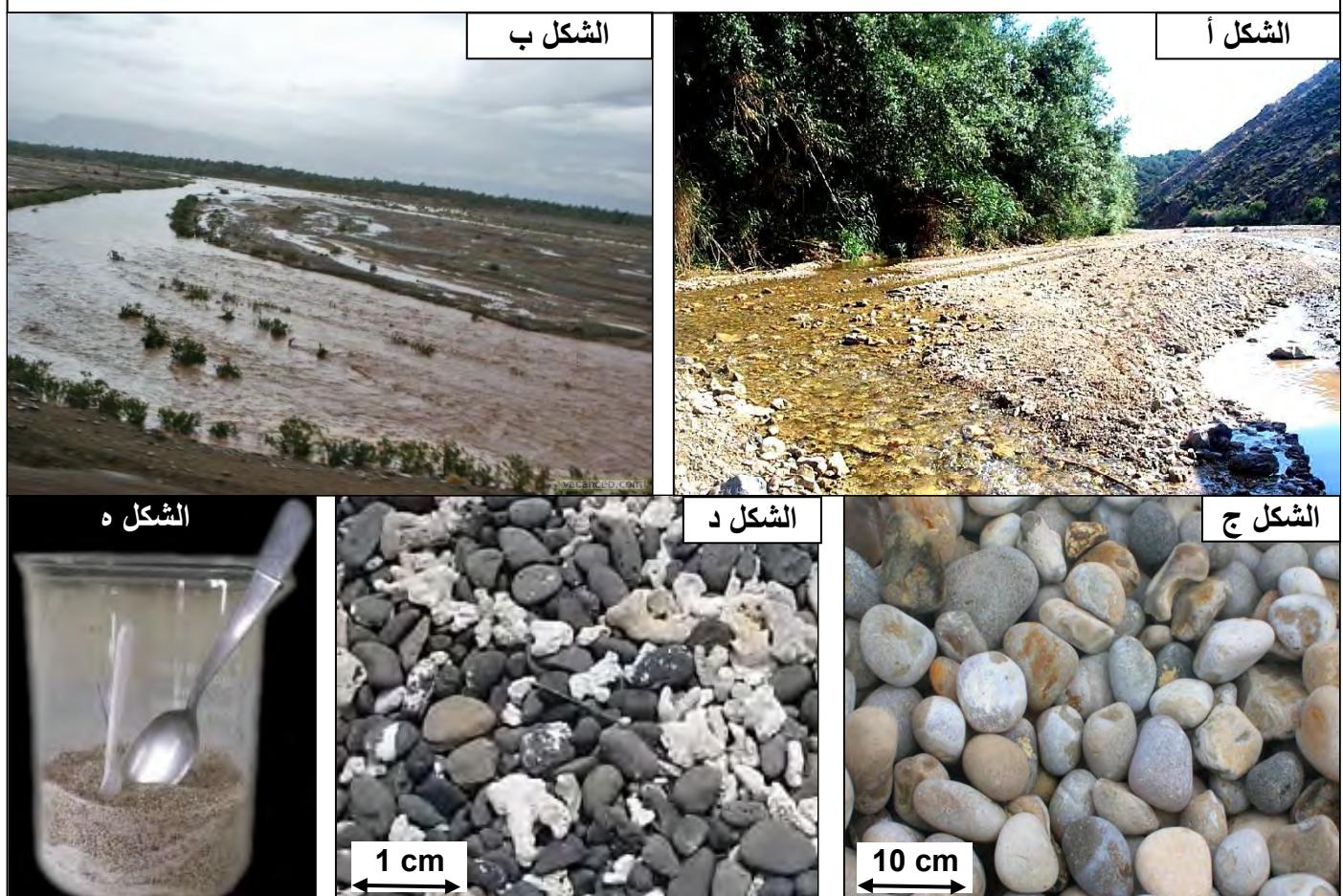
#### ① تصنيف مكونات الرواسب حسب قدرها

**أ - ملاحظات.** انظر الوثيقة 1

#### الوثيقة 1: أصناف ومكونات الرواسب وأمثلة من الأوساط النهرية

الشكل أ: منظر لواد بالأطلس الكبير خلال فصل الصيف، الشكل ب: منظر لواد خلال فصل الشتاء، الشكل ج: حصا كبير، الشكل د: حصا صغير، الشكل ه: رمل، الشكل و: مثال لسلم تصنيف الرواسب حسب Wentworth انطلاقاً من ملاحظة هذه الوثائق:

تعرف على أصناف العناصر الروسوبية التي يمكن معاينتها في مجرى الواد.  
كيف يمكن تفسير اختلاف أصناف العناصر الروسوبية في الواد.



قطر المكونات ب mm	أقل من 1/16	من 1/16 إلى 2	من 2 إلى 4	من 4 إلى 64	من 64 إلى 256	أكبر من 256
الرواسب	طين	رمل	حببات	حصا صغير	حصا كبير	جلاميد

## ب - تحليل واستنتاج.

- (1) يتبيّن من هذه الوثائق أن رواسب المجاري المائية تتكون أساساً من جلاميد وحصاً كبيراً وحصاً صغيراً وحبّيات رملية وطين.
- (2) يمكن إرجاع اختلاف أصناف العناصر الرسوبيّة في مجرى الواد إلى عامل سرعة التيار المائي، وقد العناصر الرسوبيّة. كما أن سرعة التيار المائي تتغيّر حسب نسبة انحدار المجرى المائي والظروف المناخية، ومن وسط المجرى في اتجاه ضفتّيه.

## ② نفس الراسب وأوساط رسوبيّة مختلفة.

أ - ملاحظات. أنظر الوثيقة 2

### الوثيقة 2: نفس الراسب (الرمل) وأوساط رسوبيّة حالية مختلفة

الشكل أ: رواسب رملية صحراء، الشكل ب: رواسب شاطئية. انطلاقاً من ملاحظة هذه الوثائق، بين العوامل المتدخلة في التربة في الوسطين الممثلين في الشكلين. وهل نوع الراسب كافٍ للدلالة على وسط التربة؟

الشكل ب



الشكل أ



## ب - تحليل واستنتاج.

يتميز الوسط الصحراء (الشكل أ) برواسب ريحية، إذ يعتبر الريح العامل المتدخل في التربة في هذا الوسط. أما الوسط الشاطئي فيخضع باستمرار لحركات الأمواج وهبوب الرياح من جهة البحر، إذ تعمل الأمواج على توزيع الحصا والعناصر الرملية على طول الشاطئ، بينما الرياح تنقل الحبات الرملية الصغيرة القد بعيداً عن الشاطئ فيكون كثباناً رملية موازية للشاطئ.

يخضع تربة العناصر المنقوله لديناميكية موائع وسط التربة ولطبيعة هذا الوسط. وهذا يمكن لنفس الراسب أن يتوضع في أوساط رسوبيّة مختلفة ولا يميّز بين مختلف هذه الأوساط إلا بدراسة متكاملة لخصائص الرواسب.

## II - الدراسة الإحصائية لمكونات الرواسب.

### ① دراسة قد مكونات الرواسب.

تقصر هذه الدراسة على حبات المرمر نظراً لمقاومتها لعملية الحث بالمقارنة مع العناصر الأخرى. وتتطلب هذه الدراسة القيام بترتيب الحبات حسب قدها، ثم وزن كل جزء محصل عليه على حدة.

أ - تحضير مكونات الرواسب للدراسة الإحصائية. أنظر الوثيقة 3

### الوثيقة 3: مناولة عزل أصناف الحبات المكونة لعينة من الرواسب



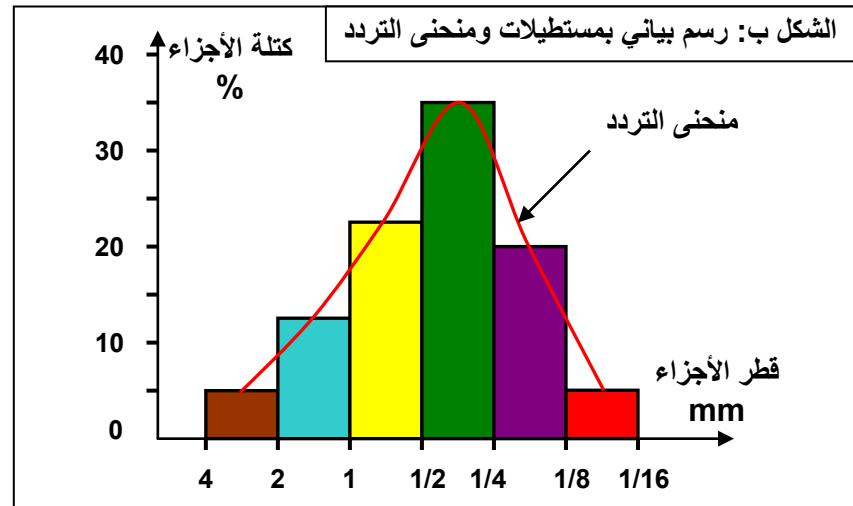
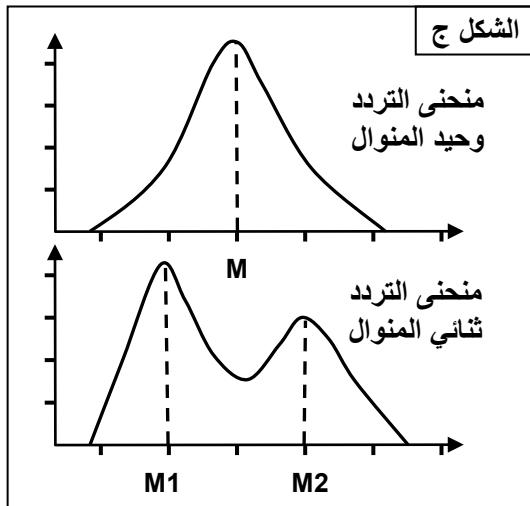
- نأخذ عينة من الرمل ونضعها في غربال قطر عيونه  $0.063\text{ mm}$ ، ثم نغسلها بالماء لإزالة الطمي والطين.
- تعالج العينة باستعمال حمض  $\text{HCl}$  قصد التخلص من المواد الكلسية، وبالماء الأكسجيني قصد إزالة المواد العضوية.
- بعد التجفيف نضع  $100\text{ g}$  من الرمل المحضر في الغربال العلوي لمجموعة من الغرائب (الشكل أمامه) ذات ثقوب ينقص قطرها من الأعلى إلى الأسفل بالنصف (من  $2$  إلى  $1/16\text{ mm}$ ). ثم نحرك الغرائب لمدة  $15$  دقيقة.
- نزن العينات المتبقية في كل غربال.

ب - تمثيل النتائج.

### a - طريقة أولى: منحنى الترددات courbe de fréquence

نجز منحنى الترددات حسب الطريقة الآتية:

- ✓ نمثل على محور الأفاصيل معايير الغرابيل حسب السلم اللوغاريتمي، وعلى محور الأراتيب كتل حبات المرو المحصل عليها في كل غربال.
- ✓ نرسم في الأول مدرج histogramme يمثل كل درج فئة تضم قطر الحبات بين غربالين متاليين، ثم نربط بين أوساط المدراج لنجعل على منحنى يسمى منحنى التردد (أنظر الشكل ب).



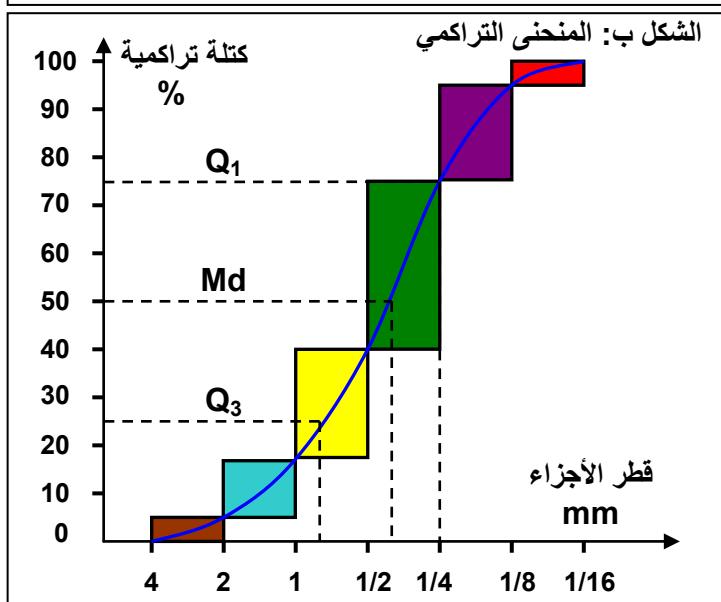
إذا كان منحنى الترددات وحيد المنوال فان الراسب المدروس في هذه الحالة هو راسب متجانس. (الشكل ج)  
أما إذا كان منحنى الترددات ثنائي المنوال فان الراسب المدروس هو راسب غير متجانس (متغير).

### b - طريقة ثانية: المنحنى التراكمي courbe cumulative (أنظر الوثيقة 4)

نجز المنحنى التراكمي حسب الطريقة الآتية:

- ✓ نمثل على محور الأفاصيل قطر الغرابيل حسب السلم اللوغاريتمي، وعلى محور الأراتيب مجموع الكتل المحصل عليها في الغربال وفي الغرابيل التي تسبقها. أي النسبة التراكمية. (الشكل أ)
- ✓ نحصل على المنحنى التراكمي بوضع المستطيلات المتالية على الطريقة المماثلة في الشكل ب.

قطر الحبيبات ب mm	النسبة المئوية من الوزن	النسبة التراكمية
1/16 إلى 1/8	f	$a+b+c+d+e+f$
1/8 إلى 1/4	e	$a+b+c+d+e$
1/4 إلى 1/2	d	$a+b+c+d$
1/2 إلى 1	c	$a+b+c$
1 إلى 2	b	$a+b$
2 إلى 4	a	a



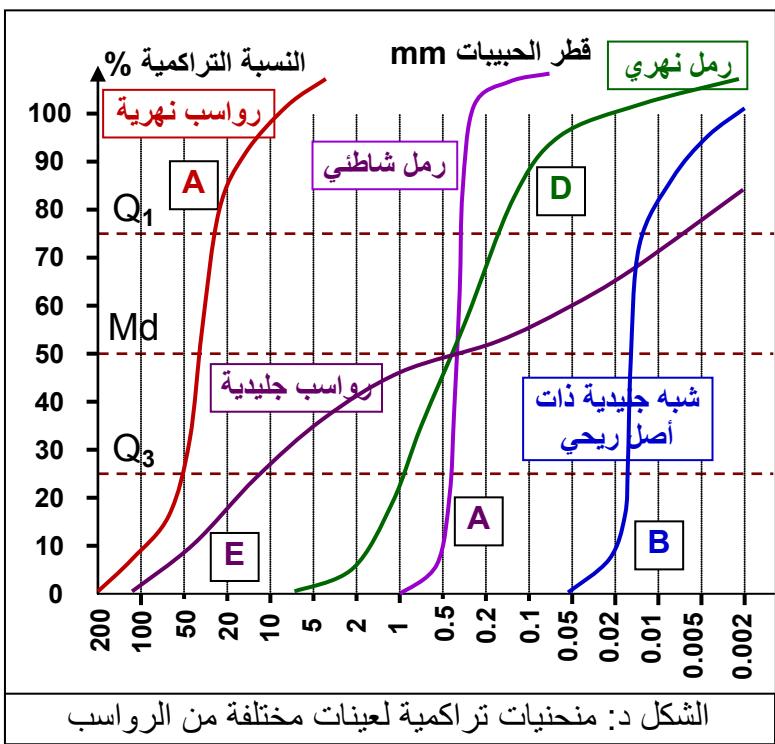
الشكل أ: حساب النسبة التراكمية

يمكن شكل المنحنى التراكمي من تمييز نوع الرواسب المدروسة. كما يمكننا من تحديد مدل الترتيب  $S_0$  Indice de classement الذي يطلق عليه مدل Trask، وذلك بتطبيق طريقة الأربع:  
 $25\% = Q_3$ ,  $50\% = Md$ ,  $75\% = Q_1$ .

وهكذا يحسب مدل الترتيب حسب الصيغة التالية:

$$\text{مدل الترتيب } L = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}} = S_0 = Trask$$

أنظر الشكل ج.



مدل الترتيب L Trask	درجة الترتيب
<1.23	جيد جداً
1.23 à 1.41	جيد
1.41 à 1.74	متوسط
1.74 à 2.00	غير جيد
>2.00	غير مرتب

الشكل ج: مدل الترتيب L

مثال: انطلاقاً من الوثيقة ب نحدد قيمة الأربع:

$$Q_1 = 0.25, \quad M_d = 0.4, \quad Q_3 = 0.8$$

$$\text{مدل الترتيب L Trask} = S_0 = \sqrt{\frac{0.8}{0.25}} = 1.79$$

درجة الترتيب حسب جدول الشكل ج، هو ترتيب غير جيد. وهذه خصائص تميز الرمل النهري. انطلاقاً من مقارنة المنحنى المحصل عليه مع منحنيات تراكمية مرجعية لأوساط معروفة (الشكل د)، يمكن تحديد ظروف النقل وترسب الرواسب التي تم تحليلها.

## ② خلاصة.

تمكن دراسة توزيع أصناف العناصر الرسوبيّة المكونة لعينة من الصخور من استرداد ظروف الترب. تمثل النتائج على شكل منحنى التردد الذي يدل شكله على ما إذا كان الراسب المدروس متجانساً أو غير متجانس. ويمكن المنهجي التراكمي من تحديد مدل الترتيب. وتمكن مقارنة شكل المنحنى مع منحنيات أخرى لعينات من أوساط معروفة، من وضع فرضيات حول وسط وظروف الترب.

## ③ تمارين تطبيقية.

**التمرين الأول:** أنظر الوثيقة 5

### الوثيقة 5: تمارين تطبيقية

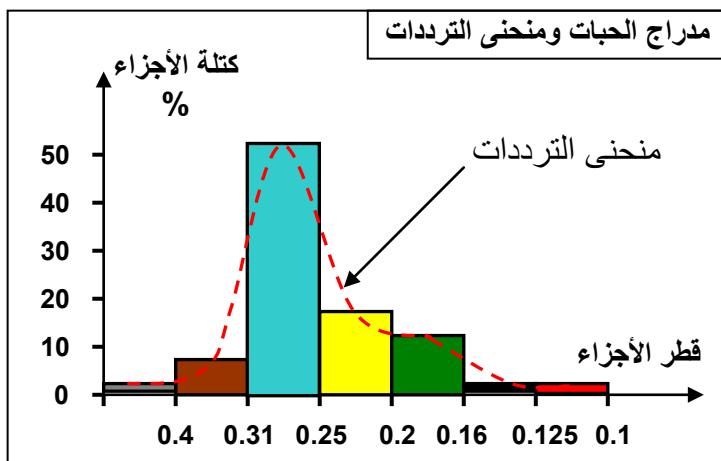
أعطيت غربلة عينة من الرمل النتائج الملخصة في الجدول التالي:

رقم الغربال	قطر ثقبه ب mm	كمية الحبات ب g	النسبة المئوية	النسبة التراكمية
7	0.1	0.125	0.12	0.12
6	0.4	0.3	0.27	0.39
5	0.31	20.9	18.51	54.28
4	0.25	23.8	16.25	9.95
3	0.20	69.8	18.51	0.47
2	0.16	12.8	9.95	0.47
1	0.125	0.6	0.47	0.47
	0.4	10.42	0.47	0.47
	0.05	100	99.69	100
	0.005		99.46	99.46
	0.002		83.21	83.21
	0.001		64.7	64.7
	0.0005		10.42	10.42
	0.0002		0.47	0.47
	0.0001		0.12	0.12
	0.00005		0.03	0.03
	0.00002		0.01	0.01
	0.00001		0.005	0.005
	0.000005		0.001	0.001
	0.000002		0.0005	0.0005
	0.000001		0.0001	0.0001
	0.0000005		0.00005	0.00005
	0.0000002		0.00001	0.00001
	0.0000001		0.000005	0.000005
	0.00000005		0.000001	0.000001
	0.00000002		0.0000005	0.0000005
	0.00000001		0.0000001	0.0000001
	0.000000005		0.00000005	0.00000005
	0.000000002		0.00000001	0.00000001
	0.000000001		0.000000005	0.000000005
	0.0000000005		0.000000001	0.000000001
	0.0000000002		0.0000000005	0.0000000005
	0.0000000001		0.0000000001	0.0000000001

- (1) بعد إتمام جدول الوثيقة، أجز مدرج Histogramme للحبات، أجز منحنى التردّدات.
- (2) أجز منحنى التردّدات التراكمي وأوجد  $Q_1$ ,  $M_d$ ,  $Q_3$ , حدد قد الحبات الذي يقابل 25 %، 50 %، 75 %.
- (3) أحسب مدل ترتيب  $(S_0)$ .
- (4) ماذا يمكن استنتاجه فيما يخص ترتيب هذه العينة من الرمل؟
- (5) حدد أي المنحنيات أفضل لمقارنة عينات مختلفة من الرمل.

## حل التمرين الأول:

1) انجاز مدرج الحبات ومنحنى الترددات



2) منحنى الترددات التراكمي.

$$Q_1 = 0.23$$

$$Q_3 = 0.27$$

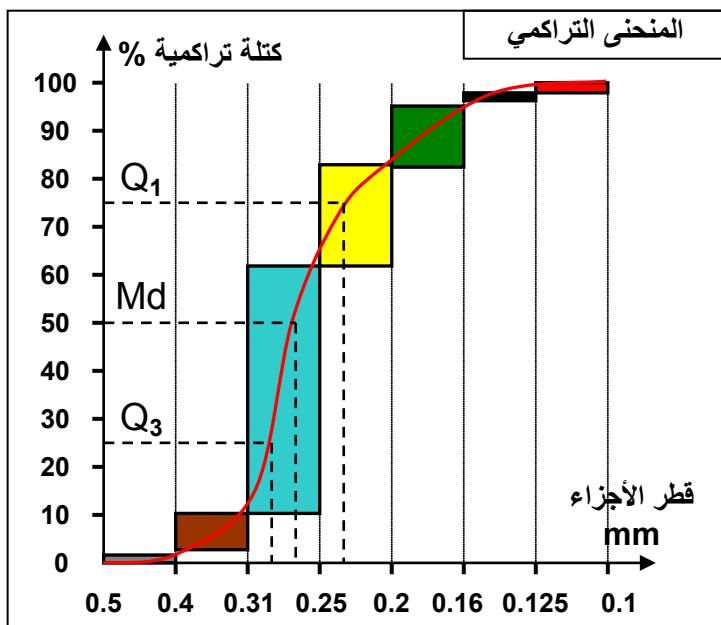
$$Md = 0.26$$

3) مدل Trask

$$S_0 = \sqrt{\frac{0.27}{0.23}} = 1.08$$

4) انطلاقاً من قيمة مدل Trask نستنتج أن هذا الرمل مرتب ترتيباً جيداً.

5) منحنى التردد التراكمي أحسن من منحنى التردد أو المدرج لمقارنة قياس الحبات في عينات مختلفة من الرمل.



التمرين الثاني: انظر الوثيقة 6

### الوثيقة 6: دراسة مقارنة لرمل شاطئي ونهرى وصحراوي.

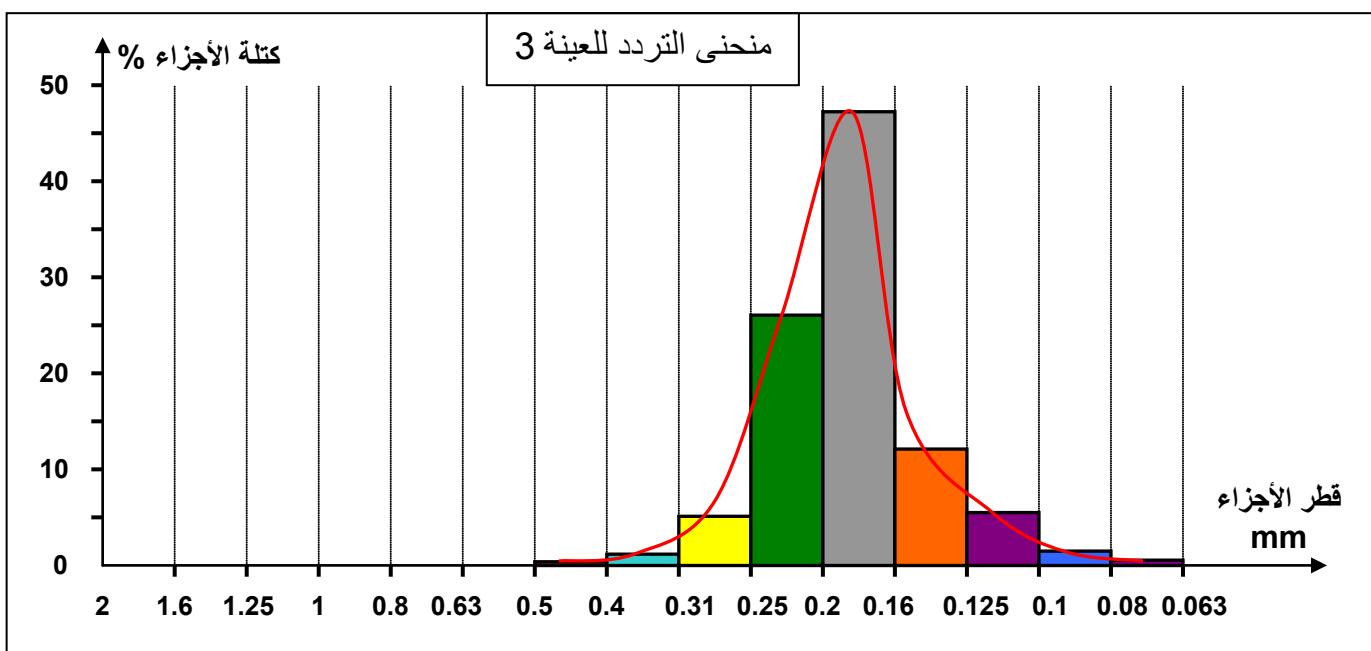
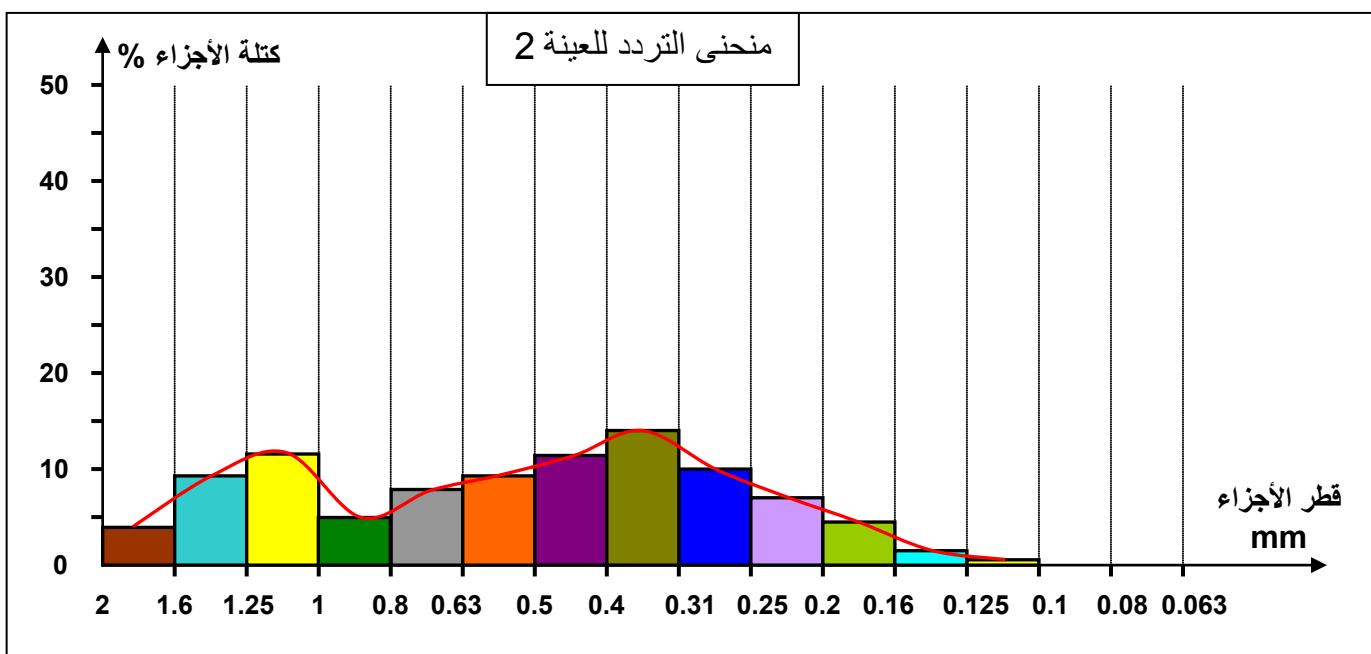
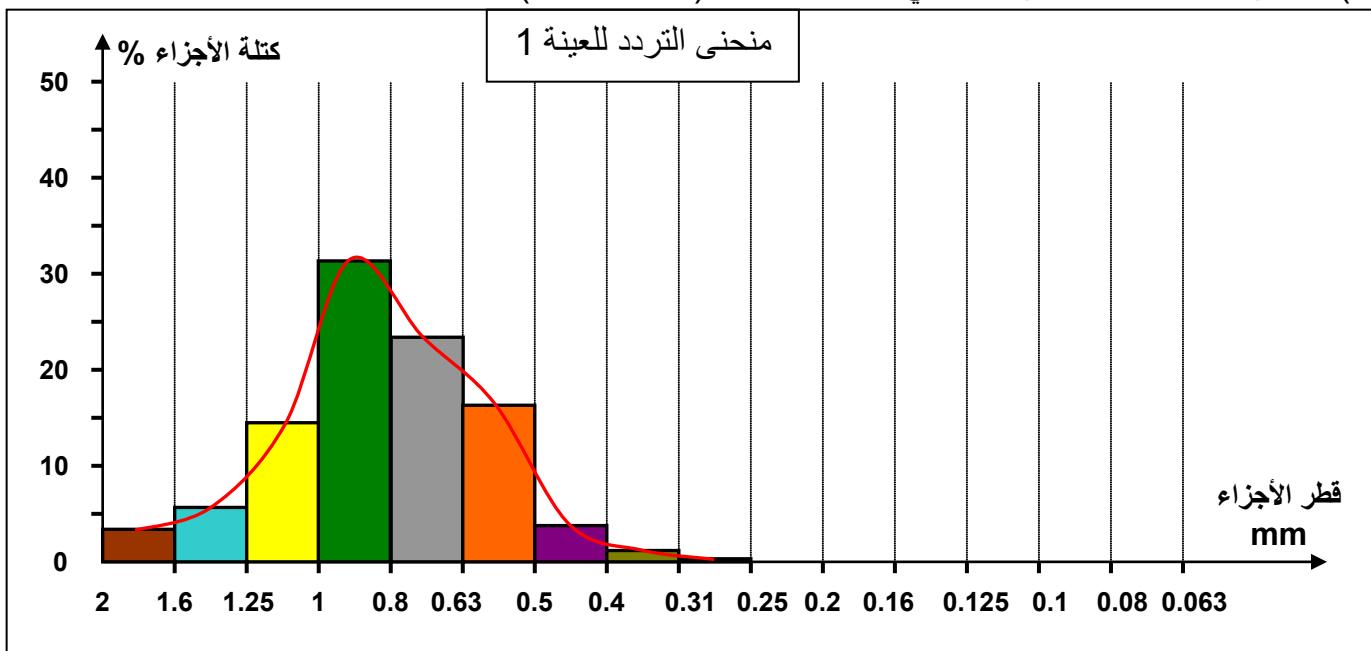
يعطي الجدول التالي نتائج الدراسة الحببية لثلاث عينات من الرمل (100g) أخذت من ثلاثة أوساط رسوبية مختلفة.

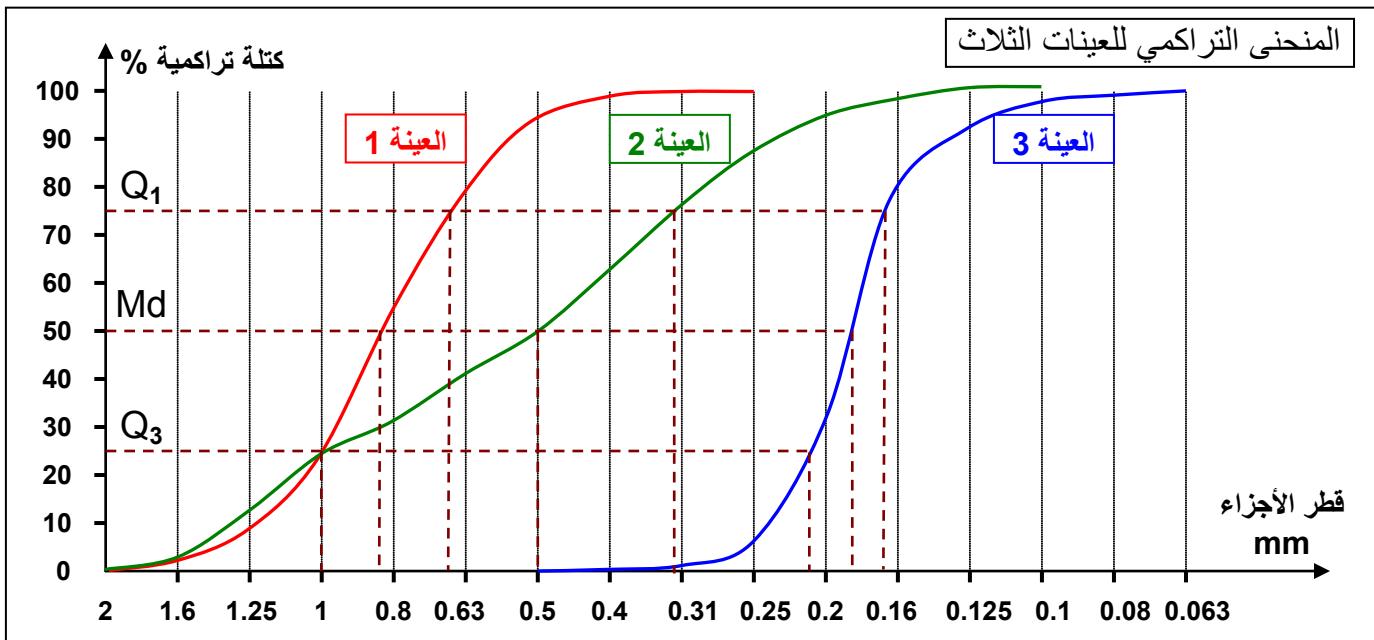
الوثيقة 6: دراسة مقارنة لرمل شاطئي ونهرى وصحراوي.																	قطر العيون ب mm
يعطي الجدول التالي نتائج الدراسة الحببية لثلاث عينات من الرمل (100g) أخذت من ثلاثة أوساط رسوبية مختلفة.																	
العينة 1																	العينة 1
النسبة التراكمية																	النسبة التراكمية
العينة 2																	العينة 2
النسبة التراكمية																	النسبة التراكمية
العينة 3																	العينة 3
النسبة التراكمية																	النسبة التراكمية

1) بعد إتمام جدول الوثيقة أجز منحنى التردد والمنحنى التراكمي لكل من العينات 1، 2، و3.

2) تأكّد من ترتيب رمل العينات الثلاث باستعمال مدل Trask .

(1) منحنى الترددات والمنحنى التراكمي للعينات الثلاث. (أنظر الوثيقة )





2) التأكيد من ترتيب رمل العينات ( حساب مدل Trask ).

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{0.66}} = 1.23 \quad \text{- مدل الترتيب لعينة 1:}$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{0.32}} = 1.77 \quad \text{- مدل الترتيب لعينة 2:}$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{0.22}{0.17}} = 1.14 \quad \text{- مدل الترتيب لعينة 3:}$$

الخصائص العامة للعينات الثلاث:

العينة 3 = رمل صحراوي	العينة 2 = رمل نهري	العينة 1 = رمل شاطئي	
أحادي المنوال ضيق	ثنائي المنوال عريض	أحادي المنوال	منحنى التردد
انحدار قوي	انحدار ضعيف	انحدار قوي	منحنى التراكم
ترتيب جيد جدا	غير جيد	ترتيب جيد	درجة الترتيب
حبات دقيقة	حبات متوسطة	حبات غليظة	$Q_2$

### III - دراسة الشكل الخارجي لمكونات الرواسب (دراسة مورفولوجية).

إن شكل ومظهر العناصر الحتائية يتغير حسب شدة ومرة التأثيرات الجيولوجية التي خضعت لها هذه الحبات، وبالتالي فالشكل النهائي لهذه العناصر يعبر عن طبيعة عوامل الحث والنقل التي أدت إلى تشكيلها.

## ① دراسة إحصائية للمظهر الخارجي لحبات المرء.

تقصر هذه الدراسة على حبات المرء نظراً لمقاومتها لعملية الحث والنقل بالمقارنة مع العناصر الأخرى. وتتطلب هذه الدراسة القيام بفحص لحبات المرء لعينة من الرمل بواسطة المكير الزوجي.

### أ - الملاحظة بالمكير الزوجي. أنظر الوثيقة 7

#### الوثيقة 7: المظهر الخارجي لحبات المرء.

ممكن فحص حبات المرء لعينة من الرمل بواسطة المكير الزوجي، من انجاز صور الوثيقة.  
لاحظ أنواع حبات المرء المتواجدة في الرمل وصف شكلها ومظهرها ثم أجز رسمياً تخطيطياً لكل نوع من هذه الأنواع.



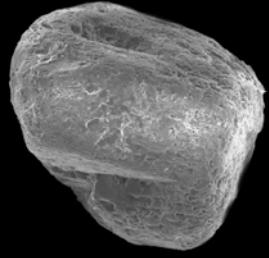
حبات مستديرة غير لامعة Grains rond mat	حبات مدمملكة براقة G.emoussés luisants	حبات غير محزة NU Grains non usés
نصف شفافة ومتقببة ذات شكل بيضاوي	شفافة ذات زوايا غير حادة	شفافة ذات محيط مزوى
تنتج عن اصطدامات أثناء النقل في وسط هوائي مثل: الرمل الريحي	تنتج عن حث مستمر وطويل في مياه الأنهار أو الشواطئ. مثل الرمل النهري أو الشاطئي	نجد هذا النمط في الرمل الحديث التشكيل غير المنقول أو المحمول عبر مسافات قصيرة: مثل الرمل الكرانيتي

ملحوظة: بعض الحبات تتعرض لأشكال مختلفة من النقل فتعطي حبات مستديرة لامعة (RL) تنتج عن حبات (RM) تعرضت للحث بواسطة الماء. وحبات مدمملكة غير لامعة (EM) تنتج عن نقل بواسطة المياه ثم الرياح.

استنتاج: تمكناً الدراسة المورفوسكوبية Etude morphoscopique لحبات المرء من استكشاف عامل النقل ومدة النقل وبالتالي تحديد وسط الترب.

### أ - الملاحظة بالمكير الإلكتروني. أنظر الوثيقة 8

#### الوثيقة 8: ملاحظة حبات المرو بالمجهر الإلكتروني الكاسح :



مكنت ملاحظة حبات المرو لعينات من الرمل الفوسفاطي لأولاد عبدين بواسطة المجهر الإلكتروني الكاسح من معاينة الآثار التي تعلقت على سطح هذه الحبات.

انطلاقاً من المعطيات الواردة في هذه الوثيقة استرداد تاريخ حبات المرو المكونة للرمل الفوسفاطي.

يمكن المجهر الإلكتروني الكاسح من ملاحظة التأثيرات التي تعلقت على سطح الحبات الرملية. انطلاقاً من معطيات الوثيقة يمكن القول أن حبات المرو المكونة للرمل الفوسفاطي لأولاد عبدين خضعت أولاً لنقل بواسطة الرياح في وسط قاري، ثم بعد ذلك خضعت لتأثير اصطدامات في وسط مائي بحري.

#### ب - تمثيل النتائج.

غالباً ما يحتوي الرمل على نسب متفاوتة من EL، وNU، وRM. ولتحديد نوعية الرمل نعتمد على أكبر نسبة مئوية. لذلك تمثل نتائج الدراسة الإحصائية على شكل بياني دائري. (أنظر الوثيقة 9)

- ✓ إذا كانت نسبة EL أكبر من 30% فهو رمل بحري.
- ✓ إذا كانت نسبة EL بين 20% و 30% فهو يحتمل أن يكون رمل نهري أو بحري.
- ✓ إذا كانت نسبة EL أقل من 20% فهو رمل نهري.

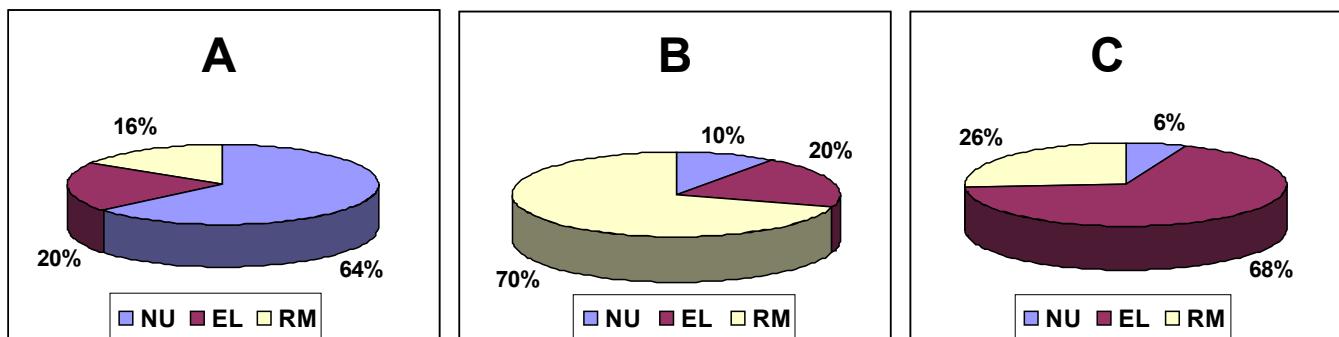
#### الوثيقة 9: تمثيل نتائج الدراسة الإحصائية لمظهر حبات المرو .

يبين الجدول التالي النسب المئوية لحبات المرو لثلاثة أنواع من الرمل:

الرمل			حبات المرو
C	B	A	
6 %	10 %	64 %	NU
68 %	20 %	20 %	EL
26 %	70 %	16 %	RM

مثل هذه النتائج على رسم بياني دائري، ثم حل واستنتاج.

#### تمثيل النتائج:



#### تحليل واستنتاج:

- العينة A: تحتوي على نسبة كبيرة من الحبات NU أي أنها لم تخضع لنقل طويل. وبما أن نسبة EL تساوي 20% يمكن أن نستنتج أن هذا الرمل هو رمل نهري.
- العينة B: تتكون أغلب الحبات من نوع RM مما يدل على أنها نقلت في وسط هوائي (الرياح) ولمسافة طويلة جداً ومنه فهو رمل صحراوي.
- العينة C: تتكون أغلب الحبات من نوع EL مما يدل على أنها نقلت في وسط مائي، ولمسافة طويلة، وبالتالي يمكن أن نستنتج أن هذا الرمل شاطئي.

## ② خلاصة.

يمكن فحص المظاهر الخارجية لحبات المرو من تحديد العامل المسؤول عن نقل وتحث العناصر الرسوبيّة وبالتالي وضع فرضيات حول وسط الترسب.

### III – دراسة الأشكال الرسوبيّة. *Les figures sédimentaires*.

الأشكال الرسوبيّة هي تمواضع هندسي لعناصر راسب معين. وتتنوع مع تنوع القوى المسؤولة عن تشكيلها، لذا تعد هذه الأشكال الرسوبيّة مؤشراً عن دينامية الترسب.

فكيف إذن تمكن دراسة الأشكال الرسوبيّة القديمة من استرداد دينامية القوى المسؤولة عن تكوينها؟

#### ① العلاقة بين الأشكال الرسوبيّة و سبب تكوينها.

##### أ – أشكال شاهدة على تيارات مائية أو هوائية.

تعطي الوثيقة 10 صوراً لأشكال رسوبيّة، ورسوم تخطيطية تفسيرية لبعض هذه الأشكال.  
حل هذه الصور واستنتج ظروف الترسب.

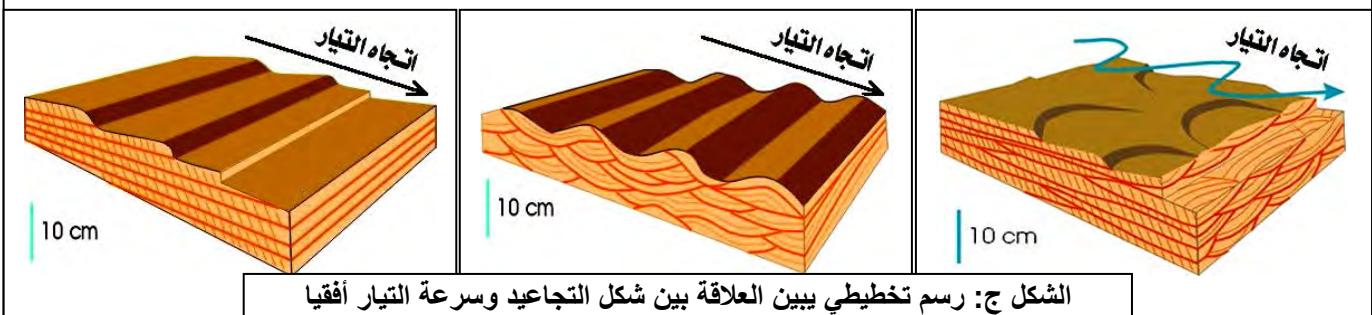
الوثيقة 10: الأشكال الرسوبيّة.



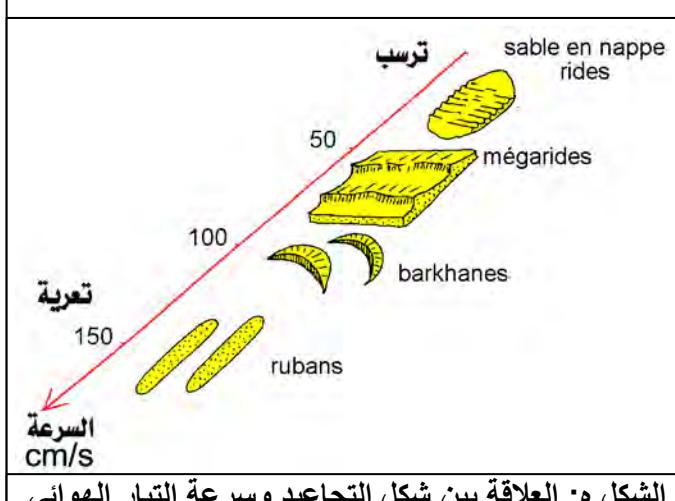
الشكل ب: تجعدات في عينة من حجر رملي (-200Ma)



الشكل أ: تجعدات نتيجة تيارات في شاطئ حالي



الشكل ج: رسم تخطيطي يبين العلاقة بين شكل التجاعيد وسرعة التيار أفقياً



الشكل د: العلاقة بين شكل التجاعيد وسرعة التيار الهوائي



الشكل د: أشكال رسوبيّة مرتبطة بتيارات هوائية

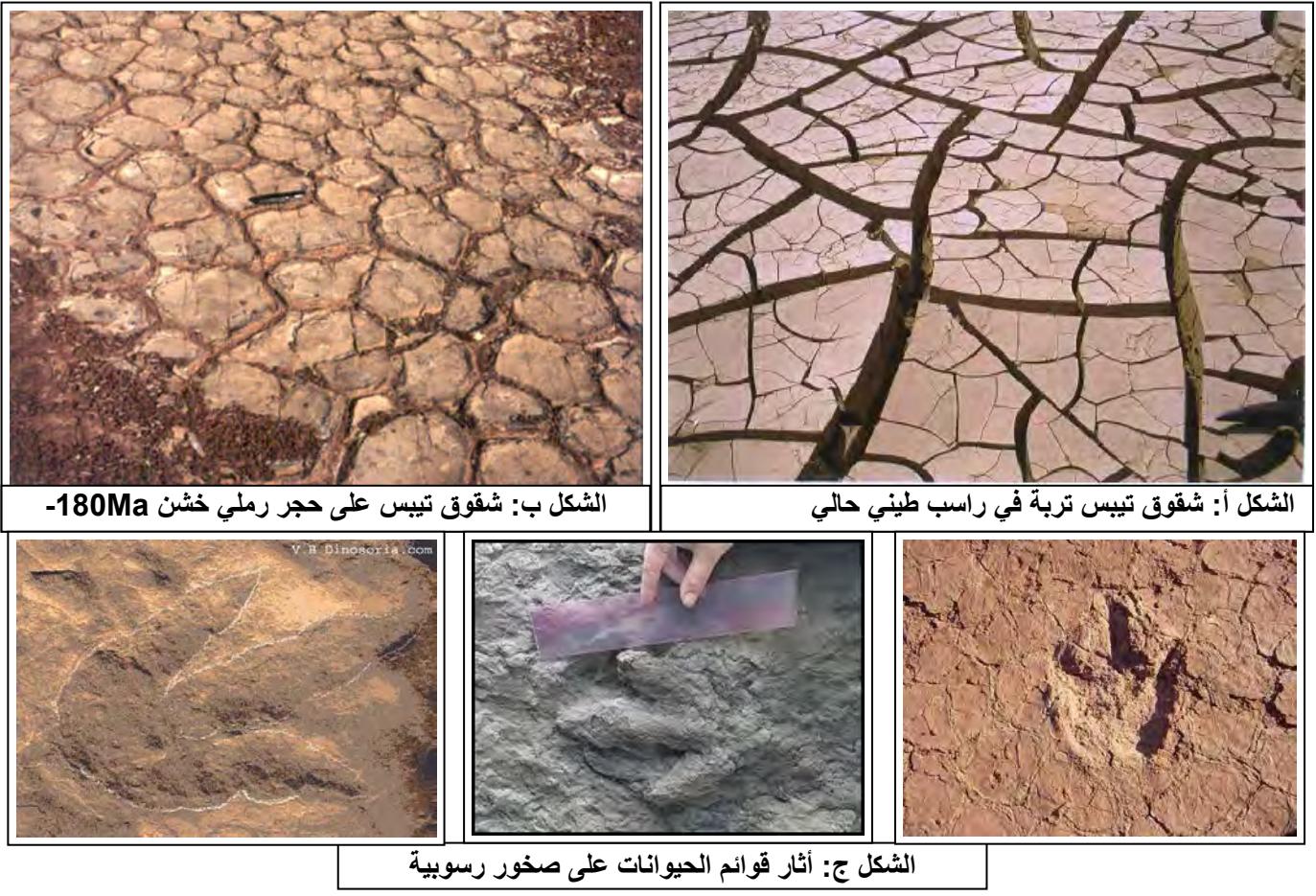
تظهر الأشكال الرسوبيّة على شكل تجعدات تعبّر عن ديناميّة موائِع وسُطُّ الترسب تيارات ضعيفّة (شاطئيّ) تكون على شكل تجعدات ذات ارتفاع ضعيف (بضع سنتيمترات) متوازية فيما بينها ومتعاوِدة مع اتجاه التيار وتمكّن دراسة خصائصها من معرفة سرعة ومنحى وعمق التيار المائي. التيارات القويّة (فيضان نهري) تكون على شكل تجعدات ذات ارتفاع متوجّد وغير منتظم ومتقطّعة وتتّخذ اتجاهها موازياً للتيار.

الأشكال الرسوبيّة الناتجة عن التيارات الهوائيّة، تكون على شكل كتل رمليّة غير منتظمّة ذات شكل هلالي تسمى كثبان رمليّة، ويشير وجهها المقرّع إلى منحى التيار.

### ب - بصمات على سطح الرواسب.

إنّ البصمات على سطح الرواسب الحاليّة أو القديمة، تعتبر من الأشكال الرسوبيّة التي تعبّر عن ظروف الترسب. (أنظر الوثيقة 11)

الوثيقة 11: بصمات على سطح الرواسب



الشكل ب: شقوق تبيّس على حجر رمليّ خشن -180Ma

الشكل أ: شقوق تبيّس تربة في راسب طينيّ حالي

الشكل ج: آثار قوانم الحيوانات على صخور رسوبيّة

يدلّ وجود آثار للتبيّس على تربة معينة على إن الوسط كان مائياً (فيضان سهليّ، شاطئيّ، لاغون، ...) وبعد تراجع الماء تعرضت الرواسب للتبخر.

من جهة أخرى تحفظ الرواسب المشبعة بالماء بنشاط بعض الكائنات الحية كآثار على سطح الرواسب وتساهم بذلك في معرفة الظروف البيئيّة التي تكون فيها الراسب. مثلاً وجود الأمونيت يدلّ على وسط بحريّ، وجود آثار للديناصور يدلّ على عمق ضعيف بعد تراجع البحر...

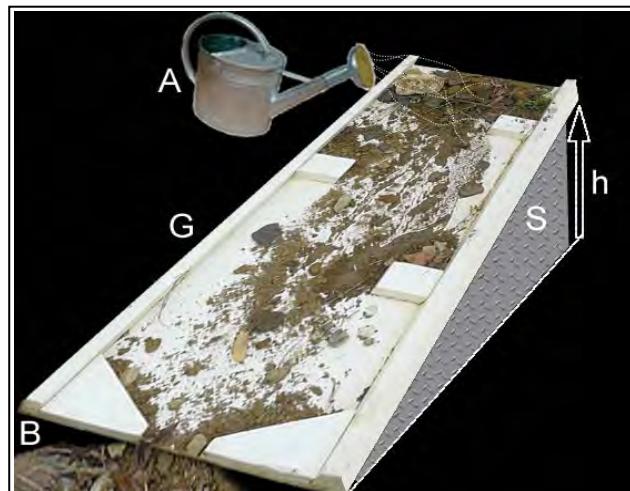
### ② خلاصة.

الأشكال الرسوبيّة هي عناصر هندسيّة تكون على سطح الطبقات الرسوبيّة، أو بداخلها. تنتّج عن ديناميّة موائِع الترسب، أو نشاط الكائنات الحية التي تعيش في هذا الوسط، أو ظروف الترسب. تمكّن هذه الأشكال من تحديد ديناميّة هذه الموائِع، وعمقها، والحدود العليا والدنيا للطبقات الرسوبيّة التي تتضمّنها.

## V - دينامية وعوامل نقل الرواسب. (أنظر الوثيقة 12)

① العلاقة بين التيار وأصناف مكونات الرواسب.

أ - مناولة. (أنظر الوثيقة 12)



الوثيقة 12:

نضع في الجزء الأعلى من مزراب (G) خليطاً من g 500 رمل وg 500 جراول وg 500 حصى. نصب على هذه العناصر كمية من الماء بواسطة مرشة (A). ويستقبل حوض (B) موضوع تحت الطرف السفلي للمزراب العناصر التي نقلها الماء. ويلخص الجدول نتائج مناولتين أجريتا في نفس المدة الزمنية مع استعمال دعامة (S) علوها h على التوالي 30 و50cm.

اعتماداً على نتائج هذه المناولة حدد العلاقة بين العلو للدعامة S وسرعة التيار في المزراب، سرعة التيار وكمية المواد المنقولة، سرعة التيار وقد العناصر المنقولة. اربط بين النموذج التجريبي وانحدار مجرى الوادي في الطبيعة.

$h = 50\text{cm}$	$h = 30\text{cm}$	
484	344	رمل
185	28	جراول
46	0	حصى
705	372	المجموع

### ب - تحليل واستنتاج.

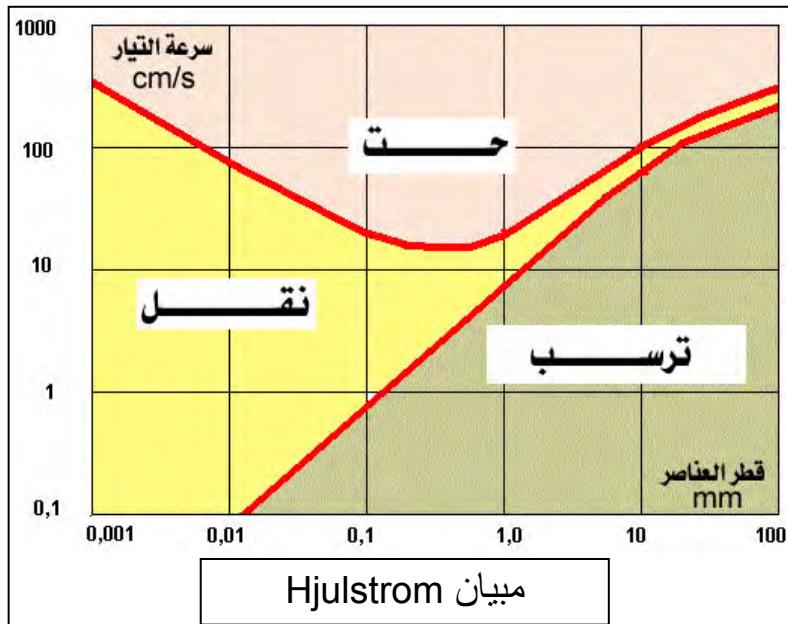
انطلاقاً من النموذج التجريبي يمكن القول أنه كلما زادت قيمة العلو  $h$  للدعامة S، إلا وزادت سرعة التيار المائي في المزراب.

انطلاقاً من جدول نتائج المناولتين يمكن أن نستنتج ما يلي.

- ✓ كلما زادت سرعة التيار إلا وزادت كمية المواد المنقولة.
- ✓ كلما زادت سرعة التيار إلا وزاد قد العناصر المنقولة.

نستخلص إذن أن نقل العناصر الرسوبيّة هو محصلة قوتين: قوة التيار المائي المرتبطة بسرعة ونسبة انحدار مجراه، وقوة نقل العناصر المنقولة (الجاذبية)، الشيء الذي ينطبق كذلك على انحدار مجرى الوادي في الطبيعة.

### ج - العلاقة بين سرعة التيار وقد العناصر الرسوبيّة. (أنظر الوثيقة 13)



الوثيقة 13: العلاقة بين قد العناصر الرسوبيّة وسرعة التيار

توصل Hjulstrom إلى إبراز العلاقة بين تغير سرعة تيار مائي وتأثيراته على عناصر حاتانية مختلفة القد. ويمثل المبيان المحصل عليه عدة مجالات تناسب ظروف الحت والنقل والترسب.

(1) من خلال تحليل مبيان Hjulstrom حدد بالنسبة لجزيئات ذات قطر 0.1mm السرعة الدنيا والسرعة القصوى لتيار مائي - يمكن من حت ونقل هذه الجزيئات. - يمكن من نقلها فقط وترسيبها.

(2) حدد تأثير تيار مائي ذو سرعة 100cm/s على العناصر الرسوبيّة.

تحدد هذه الوثيقة مجالات الحث والنقل والترسب، وذلك حسب سرعة المجرى المائي وقد الجزيئات.  
 1) بالنسبة لجزيئات ذات قطر  $0.1\text{mm}$  فإنها تحت وتنقل بواسطة تيار سرعته أكبر من حوالي  $10\text{cm/s}$  ويستمر نقلها طالما كانت السرعة أكبر من حوالي  $1\text{cm/s}$ ، ثم تترسب عندما تصبح السرعة أقل.

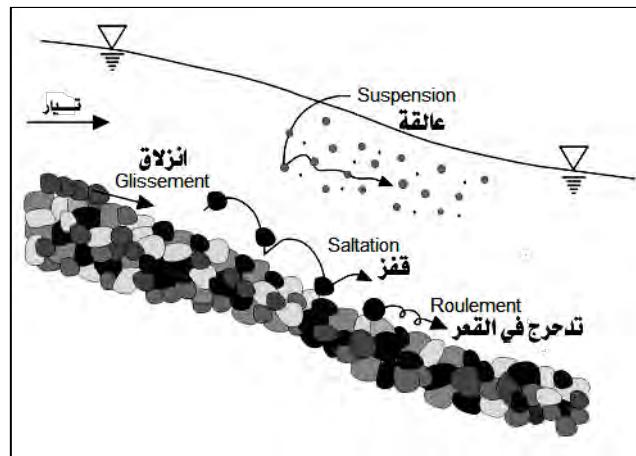
2) يستطيع تيار ذو سرعة  $100\text{cm/s}$  من نقل عناصر رسوبية قطرها أصغر من  $0.02\text{mm}$ ، ويحيط وينقل العناصر ذات قطر ما بين  $0.02$  و  $10\text{mm}$ ، ولا يمكنه أن ينقل عناصر أكبر حيث يتم ترسيبها.

## ② كيف تنقل العناصر الرسوبية؟ (أنظر الوثيقة 14)

### الوثيقة 14: أنماط نقل العناصر الرسوبية.

1) باعتبار سرعة التيار الممثلة في الشكل أ من الوثيقة ثابتة، ما هي العلاقة المبسطة بين قد العناصر الرسوبية ونطاق نقلها؟

2) اعتماداً على العلاقة بين سرعة التيار والمكونات الثلاثة للدينامية الخارجية (الحث، النقل، الترسب). حل التباين بين شكل الصفتين المقررة والمحدبة لمنعطف الوادي الممثل في الشكل ب من الوثيقة.



1) إن العناصر الرسوبية لا تنقل إلا إذا وصلت قيمة سرعة التيار عتبة خاصة بكل عنصر. وبذلك نحدد ثلاثة أنماط للنقل:

- التدحرج **Roulement**: العناصر الثقيلة.
- القفز **Saltation**: نقل غير متواصل للعناصر المتوسطة.
- العلاقة **Suspension** عناصر عالقة في الماء أو الهواء.

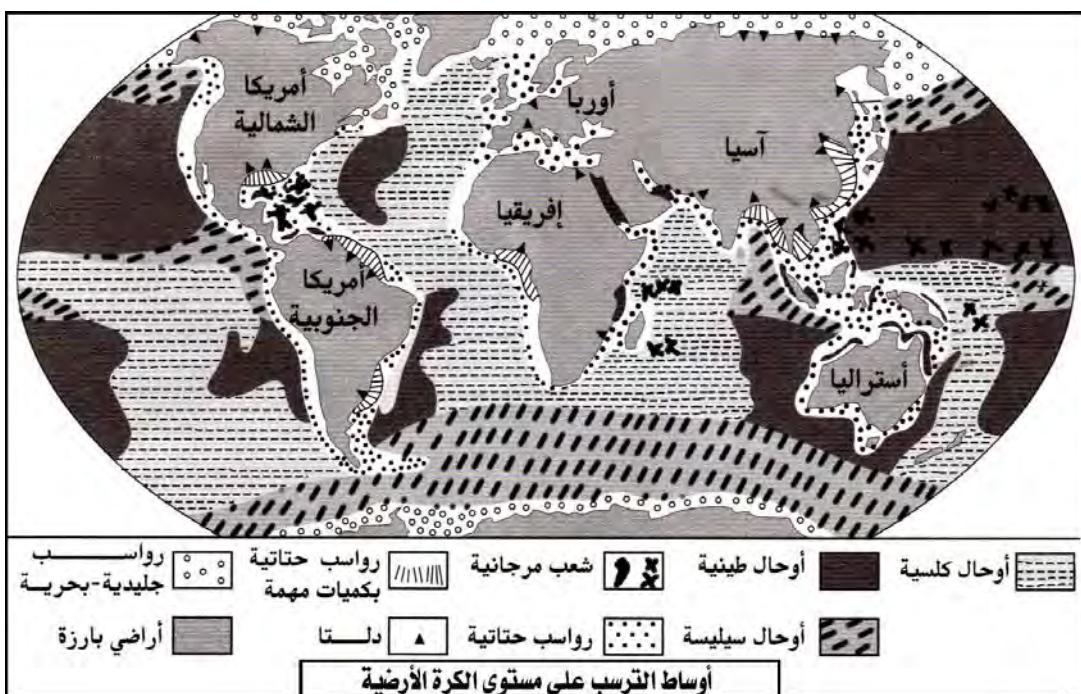
2) انطلاقاً من هذه الوثيقة يتبيّن أن سرعة التيار تتغيّر حسب الصفتين المقررة والمحدبة لمجرى الوادي. نلاحظ أنه على مستوى الضفة المحدبة ترتفع سرعة التيار فتؤدي أساساً إلى عملية الحث. بينما على مستوى الضفة المقررة تتحفّض سرعة التيار فنلاحظ ظاهرة الترسب. في وسط المجرى سرعة متوسطة تساهُم في عملية النقل.

## ③ خلاصة:

تتغيّر سرعة التيار المائي حسب شكل التضاريس وصبيب الماء. كما تتغيّر كمية وقد العناصر المنقوله حسب تغيّر سرعة التيار المائي والهوائي. وهذا تتنازل قوة الجاذبية وقوة التيار المائي أو الهوائي في تحديد قوة الحث والنقل. إذن يمكن اعتبار قد العناصر المترسبة على طول المجرى المائي مؤشراً لقوة التيار المائي السائد في المجرى عند ترسيبها.

## VI - ظروف الترب في أهم أوساط الترب (أنظر الوثيقة 15)

الوثيقة 15: توزيع أوساط الترب على مستوى الكره الأرضية.  
صف توزيع الرواسب في أوساط الترب الحالية.



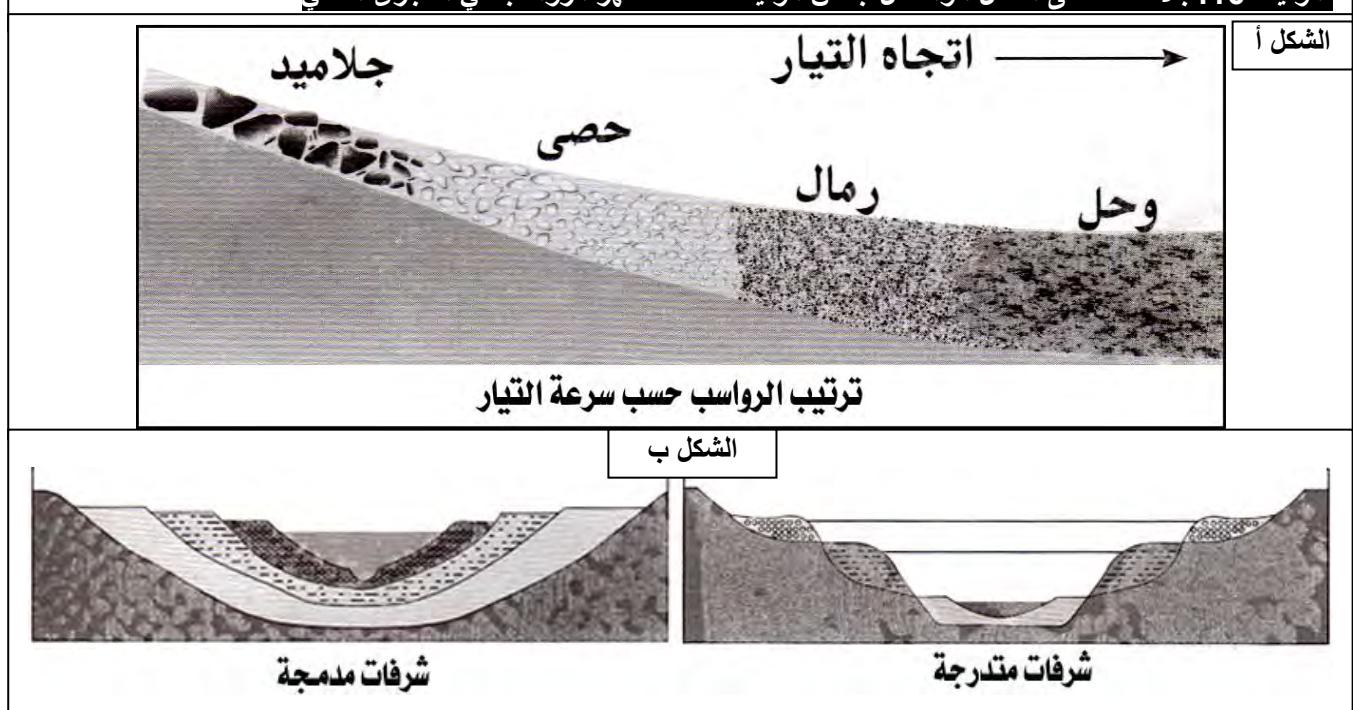
تنتتج الصخور الرسوبيّة عن ترب ماد قديمة على سطح الكره الأرضية وفق أنماط تربسيّة مختلفة في أوساط قاريه أو بحرية، لتعطي بذلك أنماطاً مختلفة من الصخور الرسوبيّة، ذات سحنات تختلف حسب الظروف السائدة خلال عملية الترب. ويمكن تصنيف أوساط الترب إلى ثلاثة مجالات:

- الرواسب القاريه: تتموضع على اليابسة.
- الرواسب البحريه: تتموضع بمحاذات الهوامش القاريه وعلى مجموع قعر المحيطات.
- الرواسب البينيه: تتموضع على مجموع الهوامش القاريه.

### ① الرواسب القاريه. Sédiments continentaux

أ - الرواسب النهرية. (أنظر الوثيقة 16 )

الوثيقة 16: بالاعتماد على الشكل أ والشكل ب من الوثيقة، صنف مظهر الرواسب في المجرى المائي

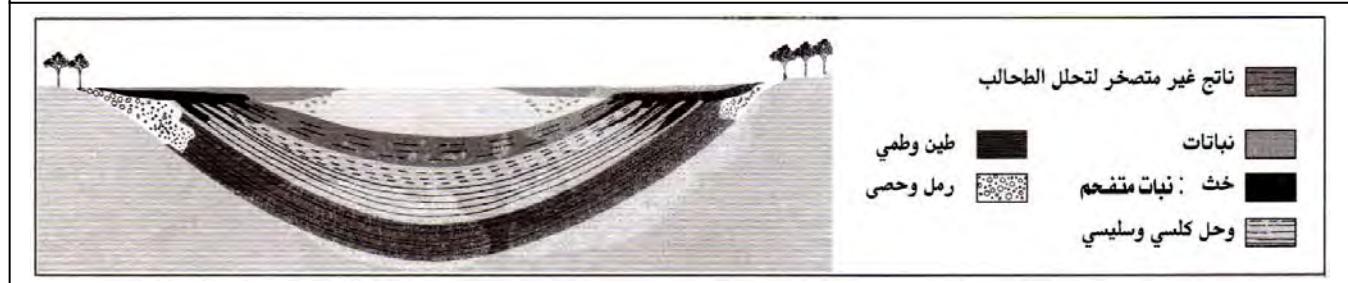


تتميز الرواسب النهرية بترتيب طولي (أفقي)، وتتكون من حصى، جلاميد، ورمال. وتحتوي على مرو غير محز (NU)، ووحل.

تمثل الشرفات النهرية أحد الأشكال المميزة للرواسب النهرية، حيث يرتبط تكونها بتعاقب فترات يغلب فيها الحت على التربة لتكون شرفات متدرجة، وفترات يكون فيها التربة سائداً لتكون شرفات مدمجة.

## ب - الرواسب البحيرية. (أنظر الوثيقة 17)

الوثيقة 17: صفات مظهر الرواسب في الوسط البحيري.



البحيرة وسط مائي مغلق يتغذى بالمياه العذبة (أمطار، عيون، مجاري). تكون الرواسب البحيرية عموماً طبقات مستوية ومتوازية. تتكون من رواسب كلسية من أصل كيميائي، وقد يحتوي هذا الكلس على بقايا قواعد الأرجل التي تعيش في المياه العذبة وعلى أجزاء صلبة لبعض الفقريات (أسنان)، وعلى طحالب، وبقايا نباتات هوائية. يرتبط التربة في هذا الوسط بالظروف المناخية وخصائص الأحواض المغذية.

## ج - الرواسب الجليدية.

تخضع هذه التربات لعامل المناخ، حيث يكون فيها الجليد العامل الأساسي للنقل والتربة. تتكون الرواسب من ركامات جليدية تميز بتنوع العناصر المترسبة من حيث الشكل والحجم. (لاميد كبيرة، حصى مزوى أو مخطط، رواسب دقيقة).

## د - الرواسب الريحية.

تعتبر الرياح العامل المسؤول عن نقل الرواسب في هذه الحالة. وتشير هذه الرواسب بكثبان رملية ذات طبقات متقطعة. أما حبات الرمل فتكون من النوع المستدير غير اللامع (RM). وتشير هذه الرمال بمعدل ترتيب أقل من 1.23، يعني ترتيب جيد جداً.

## ② الرواسب البينية.

هي مناطق مختلطة تفصل بين اليابسة والبحار (الساحل) تعرف تدافعاً بين المنطقتين تارة لصالح البحر وتارة لصالح اليابسة ورواسبها النهرية، ونذكر منها:

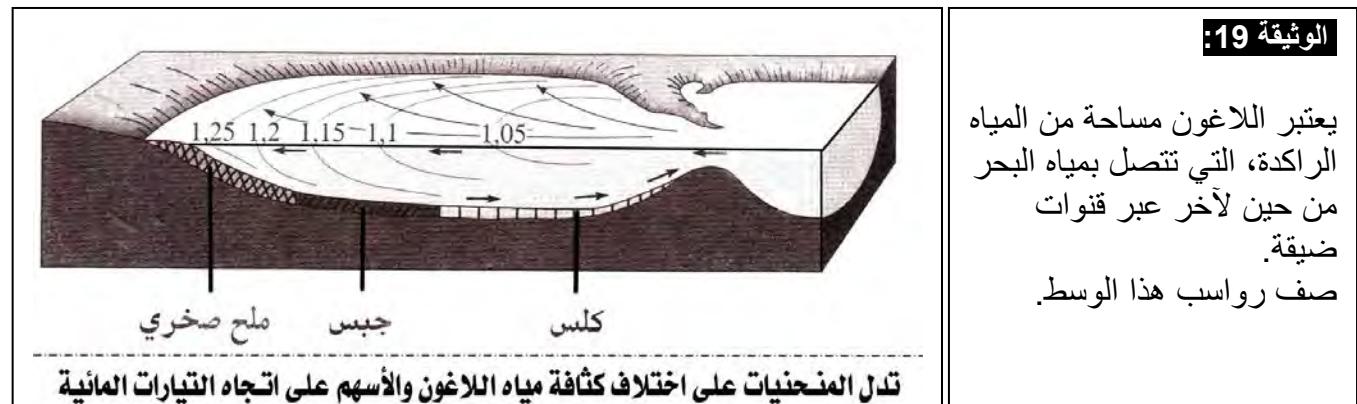
### أ - رواسب الدلتا. (أنظر الوثيقة 18)



تتشكل الدلتا عند مصب النهر، حيث يلقي هذا الأخير ما يحمله من مواد عالقة اختلفت طبيعة التيار وسرعته في هذه المنطقة مما يؤدي إلى تراكم التربسات مع الزمن.

تتأثر التربسات بهذه المنطقة بالحمولة الحاتمية للمياه النهرية، قوة التيارات والأمواج البحرية. حيث تترسب في القنوات المائية لعالية الدلتا عناصر شبيهة بالترسبات النهرية، أما في سهل الدلتا فنجد عناصر دقيقة غنية بالمواد العضوية في المناخ الرطب والمبخرات في المناخ الجاف، في حين نجد رواسب متعددة على حافة الدلتا حسب الحمولة النهرية. وتميز السافلة برواسب غنية بالمواد العضوية بها آثار لنشاط الكائنات الحية.

### ب - رواسب اللاagonية. (أنظر الوثيقة 19)

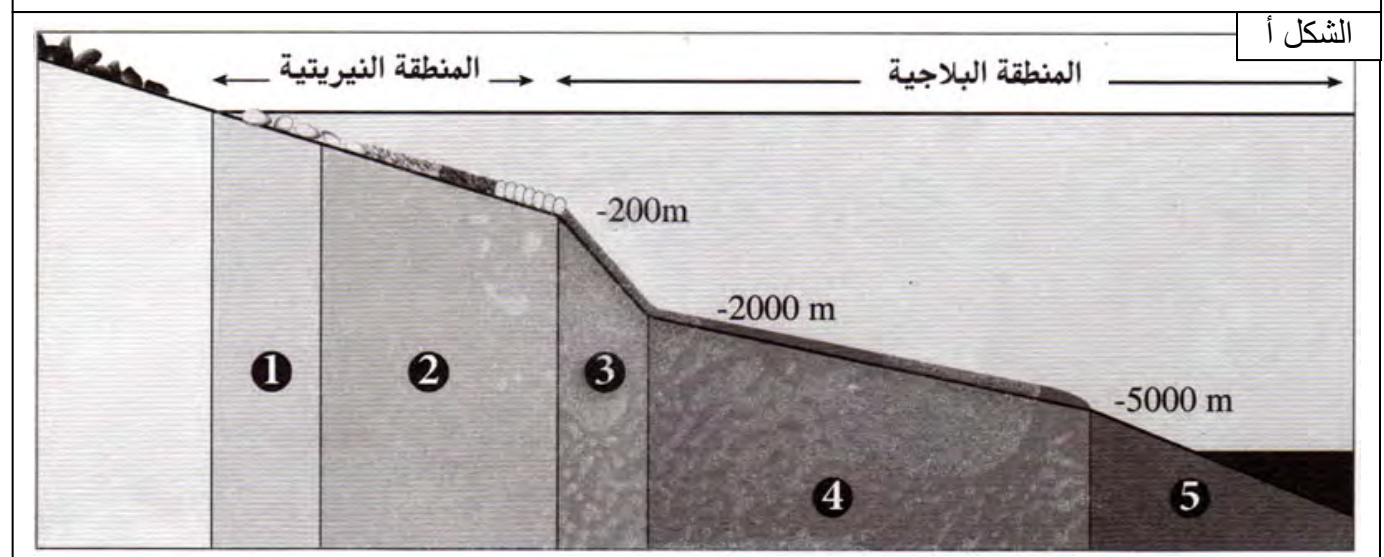
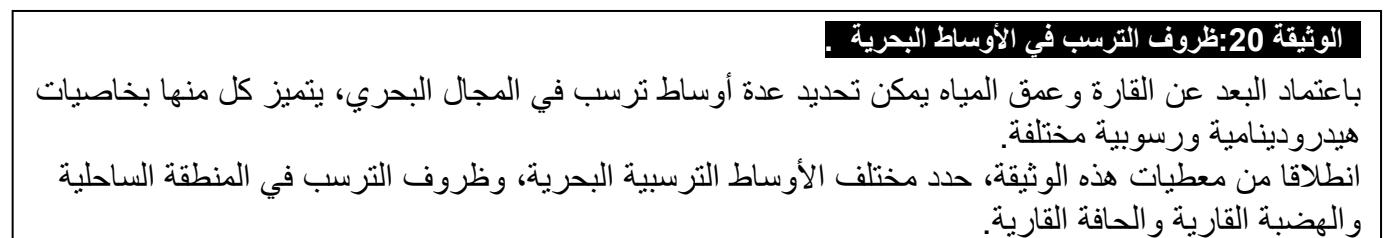


بما أن الlagون هو عبارة عن مساحة من المياه الرائدة ، فإن ذلك يؤدي إلى تعرضها لعملية التبخّر. وبما أن كمية المياه المتبخّرة أكبر من كمية المياه المغذية لlagون، ينبع عن هذا الفرق رواسب كربوناتية ومبخرات Evaporites كالملح والجبس.

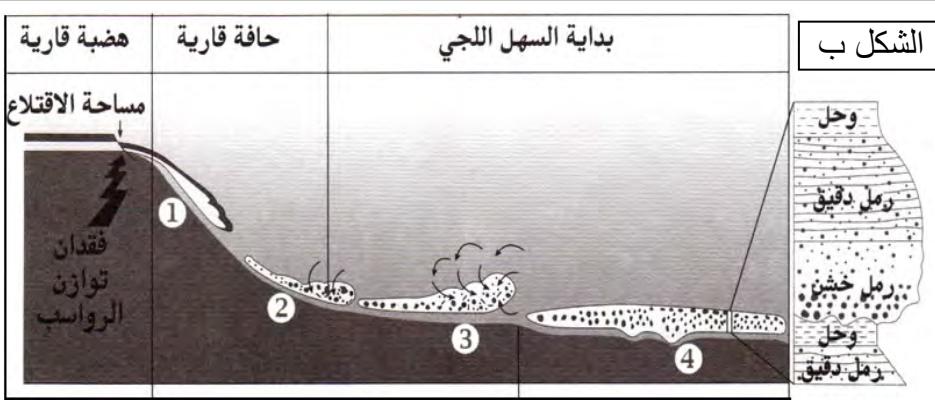
### ب - رواسب شاطئية.

تتميز بتراكم رواسب حاتمية رملية غنية بالعناصر الكلسية الناتجة عن تفتت الواقع، وتتأثر بعده عوامل أهمها طبيعة وحجم المواد الرسوبيّة، حركات الأمواج، المد والجزر وقوة الرياح التي تهب من جهة البحر.

### ③ الرواسب البحرية. (أنظر الوثيقة 20)



تحمل الأنهر إلى البحار والمحيطات مواد مختلفة اقتلعها المياه من القارات بفعل الحت. وتنقل هذه المواد على شكل جزيئات حاتمية أو محلولات لتشكل الرواسب البحرية. ويمكن تقسيم أواسط تربس المجال البحري إلى عدة مناطق باعتبار عدة عوامل أهمها عمق المياه (أنظر الجدول وثيقة 21)

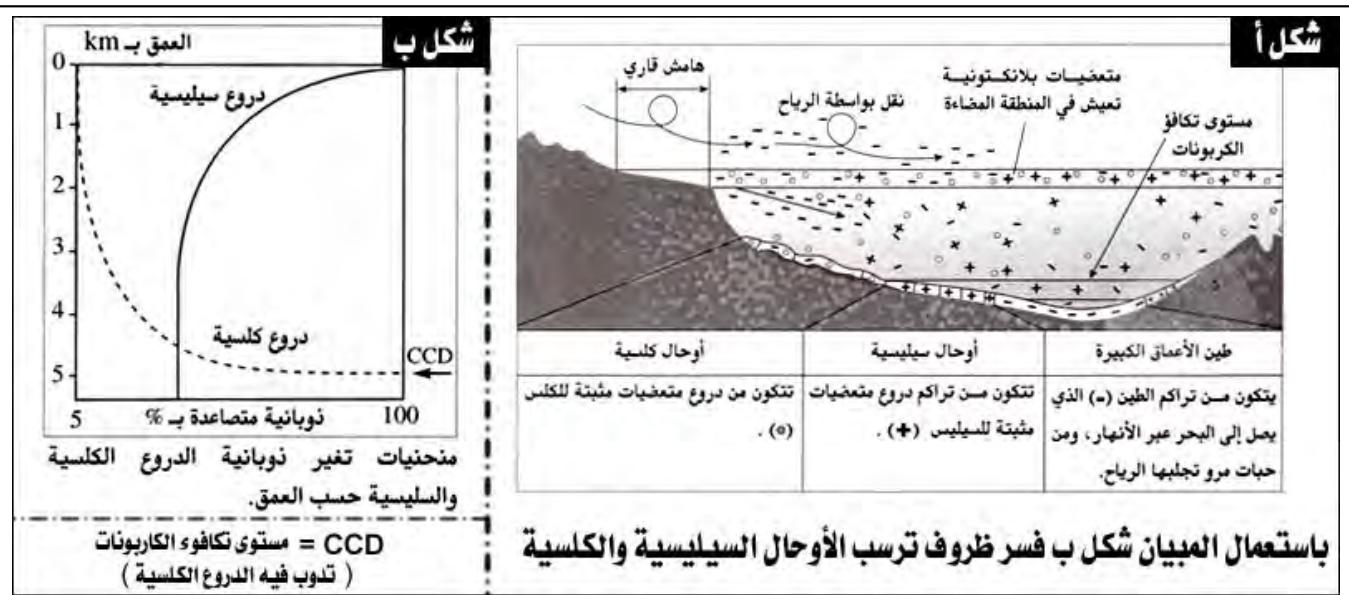


الوثيقة 21: التربات وظروف الترب في مختلف الأوساط البحرية .

الأعمق الكبيرة	الحافة القارية والسهل البحي	الهضبة القارية	المنطقة الساحلية
من 2500 إلى 6000 متر.	من 200 إلى 5000 متر تقريبا. الحافة القارية تميز بانحدار قوي.	من المنطقة الساحلية إلى بداية الحافة القارية. تمتد من 10 إلى 200 متر، انحدار ضعيف	منطقة التقاء المجال القاري بال المجال البحري، تمتد إلى 10 متر.
- طين به مستحثات بلجاجية مجهرية. - أوحال كلسية وسيلبيسية. - طين أحمر في الأعمق الكبيرة.	جزيئات دقيقة منها أوحال زرقاء على السهل البحي، وأوحال كلسية وسيلبيسية وطين.	- روابس حاتمية، أوحال، ورمال. - روابس كربوناتية ناتجة عن نشاط الكائنات الحية البلاجية. - روابس ناتجة عن كائنات تعيش في الفرع. شعب مرجانية في المناطق المدارية.	- روابس حاتمية، رمال وأوحال - روابس كربوناتية أو ملحية
- ضعف النشاط الإحيائي. - التيارات العكرة القادمة من الهضبة والحافة القاريتين. - ظاهرة الصفق البطيء التي تخضع لها الجزيئات الدقيقة العالقة.	- ضعف قوة التيارات - انزلاق الرواسب شديدة الملوحة نتيجة الانحدار القوي للحافة القارية. - نشاط الكائنات الحية.	- المناخ. - تداخل التيارات النهرية والبحرية، والتيرات الناتجة عن الأمواج، وحركتي المد والجزر.	العوامل المتدخلة

الوثيقة 22: ظروف الترب في السهل البحي والأعمق الكبيرة .

انطلاقاً من معطيات هذه الوثيقة، فسر ظروف الترب في كل من السهل البحي والأعمق الكبيرة.



باستعمال المبيان شكل ب فسر ظروف ترب الأوحال السيلبيسية والكلسية

تحكم في الترب على مستوى الأوساط البحرية ثلاثة عوامل أساسية هي :

## ـ قد الرواسب الحتانية :

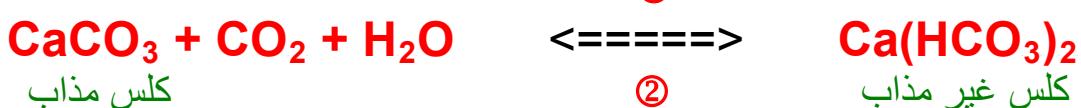
الرواسب الأكبر قدراً (جراول، حصى، رمل) تتوزع بين الشاطئ والهضبة القارية (المنطقة التيريتية)، أما العناصر الدقيقة (أو حال سيليسية كربوناتية وطينية) فتواصل نقلها لترسب في السهول اللاحجية (المنطقة البلاجية) أما في الأعمق الكبيرة فلا نجد سوى الطين الأحمر والغار الجوي، من جهة أخرى يؤدي الإنحدار القوي للحافة القارية إلى انزلاق الرواسب الشديدة المموجة في اتجاه السهل البحري.

## ـ أنشطة الكائنات الحية:

في حالة قلة الرواسب الآتية من القارة ومع توفر ظروف معينة (مياه صافية، دافئة ومالحة، ضوء، أكسجين، مواد افقياتية،...) تنشط مجموعة من الكائنات الحية فتقوم بإنتاج صخور كلسية انتلافاً من كربونات الكالسيوم الذائب كالشعب المرجانية (مجوفات المعي، حزاقيات حيوانية)، قوافع (بلح البحر - رأسيات الأرجل).

## ـ عمق المياه:

يصل الكلس إلى البحر على شكل مذاب  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ، ويمكن تفسير ترسب أو ذوبان الكلس حسب التفاعل التالي:



ففي وسط يقل فيه  $\text{CO}_2$  يتجه التفاعل في الاتجاه 2 فيتربّس الكلس.  
وفي وسط ترتفع فيه نسبة  $\text{CO}_2$  يتجه التفاعل في الاتجاه 1، فيذوب الكلس (كلس كيميائي).

لا يمكن للكائنات أن تستفيد من  $\text{CaCO}_3$  الذائب حيث ما كانت في البحر لأن هناك منطقة توجد على عمق 4000m إلى 5000m تسمى عمق تعويض الكربونات CCD يتعرض فيها للذوبان (نتيجة تغير الضغط والحرارة) وبالتالي لا نجد أسفل هذه المنطقة سوى رواسب طينية أو سيليسية أو كلسية (غياب الواقع الكلسي).

## VII – ظروف الترسب في وسط قديم (حوض الفوسفات).

يعتبر الفوسفات أهم المعادن المتوفرة في المغرب، (يختزن 3/4 الاحتياطي العالمي) ويستعمل في مجالات صناعية مختلفة (صناعات غذائية، صيدلية، مساحيق الغسيل، فلاجية،...). ويعتبر الفوسفات صخرة رسوبية نشأت في وسط قديم يتميز بظروف خاصة.

- هي خصائص وظروف ترسب الفوسفات؟
- كيف يمكن استرداد الجغرافية القديمة لهذه الأحواض؟

### ① طبيعة ومكونات الصخور الفوسفاتية بالمغرب

#### أ – ملاحظات. (أنظر الوثيقة 23)

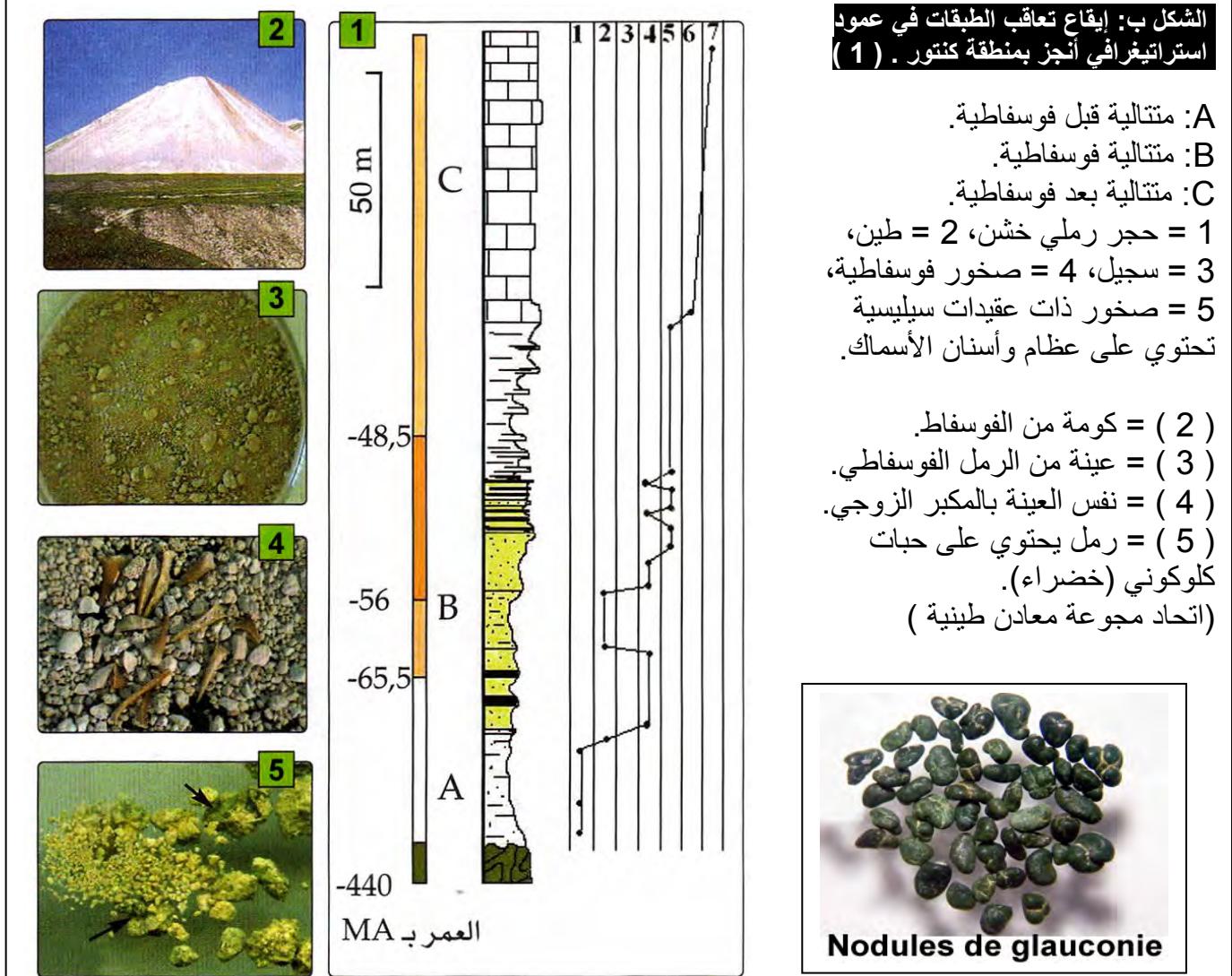


#### الوثيقة 23: أهم خصائص الطبقات الفوسفاتية بالمغرب.

يعطي الشكل أ من الوثيقة التوزيع الجغرافي لأهم المناجم الفوسفاتية في المغرب.

- 1) انطلاقاً من الوثيقة أذكر مناجم الفوسفات في المغرب.
- 2) من خلال الشكل ب من الوثيقة، استخرج الخصائص السحرية للطبقات الفوسفاتية.
- 3) اعتماداً على معلومات الشكل ج من الوثيقة، بين أهمية الكائنات الحية في تكون الرواسب الفوسفاتية.
- 4) ماذا تستنتج بخصوص الظروف التي تشكلت فيها الصخور الفوسفاتية؟

الشكل ب: إيقاع تعاقب الطبقات في عمود استراتيغرافي أنجز بمنطقة كنتور . ( 1 )



الشكل ج: يوجد الفوسفات  $P_2O_5$  بكميات جد ضئيلة (0.1 %) في أغلب الصخور الروسية. لا يمكن للفوسفات أن يتربس مباشرة انطلاقا من مياه البحر بالنظر إلى تركيزه الضعيف (0.1 ppm)، لهذا وجب تدخل الكائنات الحية أثناء تشكيل التربسات الفوساطية. ويطلب هذا الترسيب ظروفًا استثنائية (تشبه ظروف تكون الكلوكوني):

- ✓ من حيث الموقع بالنسبة لخطوط العرض: ما بين 0 و 40° أي مناخ مداري ومياه ساخنة.
- ✓ بالنسبة لعمق التربس: المنطقة البحرية الموجودة بين الحافة القارية والهضبة القارية (1).
- ✓ ضعف الحمولة الحتائية القادمة من المناطق البارزة (2).
- ✓ نشاط بيولوجي مكثف (بلنكتون وحيوانات فقرية ولافقرية) (3). وهذا النشاط مرتبط بصعود المياه العميقة الباردة (4)، الغنية بالفسفور والازوت. تراكم بقايا هذه الكائنات الحية الغنية بالفسفور بعد موتها أو يذاب الفسفور الذي تحتوي عليه هيأكلها، ويركز في الصخور على شكل رواسب فوساطية.

استخلاصات	خصائص روسوبية
قرب المناطق البارزة مع تضاريس شبه مسطحة	حتائي دقيق
عمق ضعيف (30 إلى 300 م)	فوسفات
مياه دافئة وغنية بالأوكسجين.	الكلوكوني
تغيرات دورية للعمق	ايقاعية
مياه ساخنة، مناخ مداري	فقريات
مناخ مداري أو استوائي	الفلورة

الشكل ج: ظروف تكون الرواسب الفوساطية

## ب - تحليل واستنتاج.

- (1) مناجم الفوسفات الموجودة في المغرب هي: أولاد عبدون ( خربة وسidi حاج ) ، الكنتور ( اليوسفية وابن جرير ) ، مسقالة ( شيشاوة ) ، وبوكراع ( العيون ) .
- (2) يتميز التربت الفوسفاطي بإيقاع منتظم، حيث يلاحظ تواجد طبقات كلسية وسجقية بين طبقات فوسفاطية. كما تتميز السحنة الفوسفاطية بوفرة المستحثات الفقرية ( أسماك وزواحف )، وبوجود بعض المستحثات اللافقرية. يوجد الفوسفات في المغرب على ثلات حالات:
- ✓ **الرمل الفوسفاطي**: النوع الأكثر انتشارا. يكون على شكل رمل دقيق، متماسك بعض الشيء وكثير الرطوبة.
  - ✓ **الجبير الفوسفاطي** ( الكلس الفوسفاطي ) : يوجد في جميع المناجم المغربية على شكل مصطبات ( banc ) منتظمة ومتمسكة.
  - ✓ **الصوان الفوسفاطي** ( silex ): يتميز بألوان مختلفة حسب سمنت الأبال ( opale ). ونسبة الفوسفات بهذا النوع ضئيلة جدا.

(3) إن الفوسفات  $P_2O_5$  يتواجد بكميات جد ضئيلة ( 0.1 % ) في أغلب الصخور الرسوبيّة. لا يمكن للفوسفات أن يتربّس مباشرةً انطلاقاً من مياه البحر بالنظر إلى تركيزه الضعيف ( 0.1 ppm )، لهذا وجب تدخل الكائنات الحية أثناء تشكّل التربات الفوسفاطية.

- (4) من خلال معطيات الوثائق السابقة يمكن التوصل إلى ما يلي:
- ✓ كون الطبقات الصخرية تحتوي على مستحثات بحرية يدفع إلى الاعتقاد أن هذه الصخور تكونت في وسط بحري.
  - ✓ كون أغلبية هذه المستحثات عبارة عن أسنان وبقايا عظام القرش، يدفع إلى افتراض تكون هذه الصخور في وسط غير عميق وساخن، مرتبط بمد بحري ( صعود مياه غنية بالفسفور ).
  - ✓ ضعف سمك السلسلة الفوسفاطية يمكن تفسيره بكون المنطقة خضعت لحركات الأمواج، الشيء الذي جعل التربت يحدث بإيقاع غير مستمر.

## ② خلاصة.

لا يمكن للفوسفات أن يتربّس مباشرةً في مياه البحر، فالكائنات الحية تلعب دوراً هاماً في تثبيت مادة الفسفور. ويطلب تكون الفوسفات ظروفاً ايكولوجية وجغرافية خاصة. فما هي ظروف تثبيت الجذر ( PO4 ) في الرواسب؟

- حسب العالم KAZAKOV ( 1937 ) فإن الفوسفور P الناتج عن ذوبان الابتیت في ماء البحر يستغل من طرف بعض الكائنات الحية البحرية الدقيقة ( البلانكتون ) والفcriات في تغذيتها وبعد موتها تقوم البكتيريات بتفكيك أجسادها في الأعمق مما يحرر P و CO2، تتفاعل المادتين لتكوين جذر الفوسفات PO4 لكن هذا التفاعل يتطلب عاملين اساسيين:

- ✓ عمق ضعيف أي صعود المياه العميقة الغنية بـ CO2 و P نحو السطح.
- ✓ انخفاض CO2 في الماء وهذا يتطلب ارتفاع حرارة الماء أي توفر مياه بحرية ساخنة ( مناخ مداري إلى معتدل ).  
يستجوّب توفر هذين الشرطين المتناقضين ( مياه عميقة و بحر قليل العمق و دافئ )، وجود تيارات تسمى upwelling وذلك على حدود الهضبة القارية، التي تعمل على صعود المياه العميقة نحو السطح، وبعد تكون PO4 يتفاعل مع Ca في التربت في الصخور الرسوبيّة.

## VIII - انجاز خريطة الجغرافية القديمة لحوض الفوسفات .

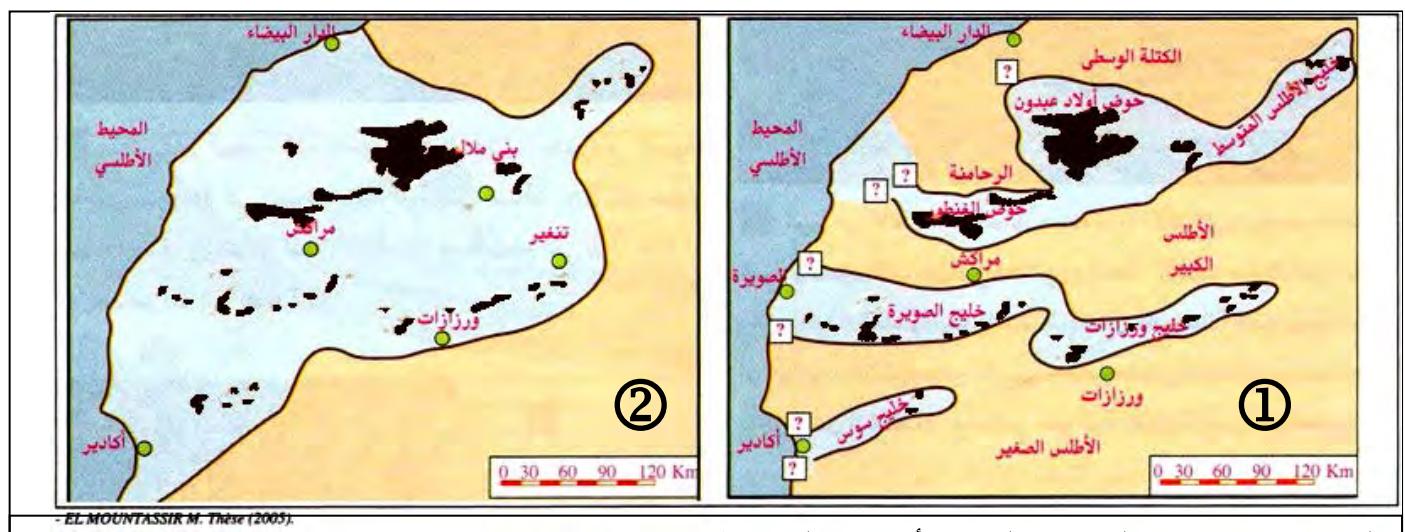
تتميز الصخور الرسوبيّة بسحنات صخرية Facies pétrographiques وسحنات أحفورية تجعلها تمثل أرشيف الجغرافيا القديمة للأرض. كيف إذن نستثمر مميزات السحنات الفوسفاطية في بناء خريطة الجغرافية القديمة لهذه الأوساط؟

**① توزيع الاستسطاحات الفوسفاطية في المناطق الشمالية للمغرب.** ( انظر الوثيقة 22 )  
تتوزع استسطاحات الصخور الفوسفاطية بمناطق مختلفة من شمال المغرب. ومن أهم المناطق تميّز هضبة الفوسفات، والكنتور والتي تدعى بالحوض الشمالي.

هذه الأحواض بدأ ترسبها منذ ما يقارب 65 Ma، وتتوسطت فوق رواسب بحرية أكثر اتساعاً من أحواض الفسفاط حيث تصل إلى أماكن جبلية (جبل الأطلس). كما أن هذه الرواسب قبل الفسفاطية والتي بدأ ترسبها منذ حوالي 250Ma توضع بدورها فوق دعامة صخرية أساسية ترجع إلى الحقب الأول والتي بقيت بعض أجزائها بارزة في شكل استسطاحات الهضبة الوسطى، الرحامنة، جيجلات... فكيف كان المغرب لحظة ترسب الفوسفات؟

## ② خريطة الجغرافية القديمة لحوض الفوسفات.

من خلال مقارنة جغرافية المغرب الحالي بالظروف الروسوبية والبيئية لتكون الفوسفات يتبين أن خط الساحل كان يوجد شرق الخط الساحلي الحالي حيث يبعد عنه بعده كيلومترات. هناك اتجاهان يمكنأخذهما بعين الاعتبار لاسترجاع الجغرافية القديمة لوسط المغرب: (أنظر الوثيقة 24)



الوثيقة 24: استرداد الجغرافية القديمة لأحواض الفوسفات حسب Boujo (1)، وحسب Trappe (2).

الاتجاه الأول ①: يقترح نظاماً من الخليجان قادمة من المحيط الأطلسي تفصلها أراضي بارزة من بينها الخليج الشمالي الذي ترسب فيه فوسفات أولاد عبودون.

(في بداية الحقب الثاني تكونت الطبقات قبل الفسفاطية ومع اقتراب نهاية الحقب الثاني كان البحر قد أصبح على شكل مجموعة خلجان مفتوحة على المحيط الأطلسي مياهاها قليلة العمق ودافئة وتتأتيها المواد الاقتباسية  $\text{CO}_2$  ،  $\text{NO}_2$  ،  $\text{P}$  ... من الأعماق الباردة للمحيط بمساعدة تيارات upwelling فتوفرت بذلك ظروف تكون الفوسفات الذي ساهمت في ترسبه في الصخور الكائنات الحية التي تجمعت في الخليجان فادي انغلاق هذه الأخيرة من جهة المحيط إلى موتها).

الاتجاه الثاني ②: يقترح امتداد بحري واحد متصل بالمحيط الأطلسي و يمر وسط وغرب المغرب ويمكن تفسير توزيع التربات الفسفاطية في هذه الحالة بوجود قعور منخفضة توفرت فيها شروط الترسب وأخرى مرتفعة لم تتتوفر فيها.

## الفصل الثاني

# استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبية

### مقدمة:

إن معرفة التسلسل الزمني للأحداث الجيولوجية مسألة جوهرية بالنسبة لعلوم الأرض. فما هي الطرائق المتبعه والوسائل المستعملة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبيه.

### I – المبادئ الاستراتيجية والتاريخ النسبي للتشكلات الجيولوجية.

① خاصية التطبيق لدى المجموعات الرسوبيه. (أنظر الوثيقة 1)

#### الوثيقة 1: تطبق الصخور الرسوبيه

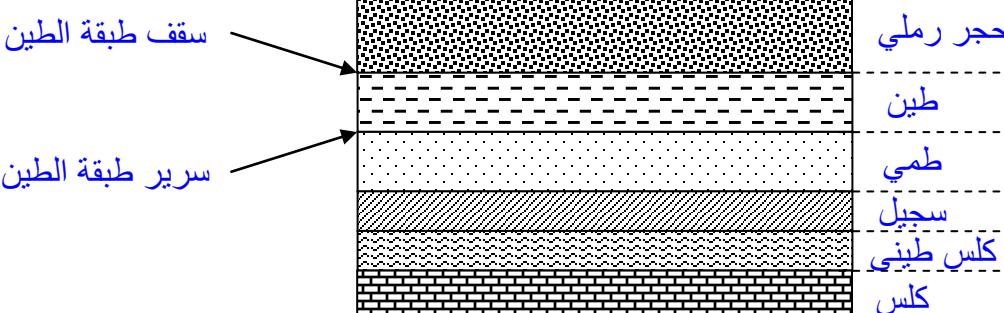
بعد تعريف الطبقة الرسوبيه، حدد على الوثيقة مختلف الطبقات الرسوبيه، ثم رقمها من الأقدم إلى الأحدث.



تختلف الصخور الرسوبيه عموماً من حيث السمك (من بعض سنتيمترات إلى بضع أمتار) واللون والطبيعة الصخرية، لكنها تتميز بتطبقها. تمثل الطبقة وحدة رسوبيه متواجدة بين مساحتين متوازيتين تقريباً، معتبرتين عن توقف أو تغير مفاجئ في المادة الصخرية بشكل يجعل الطبقة تتميز عن الصخور المجاورة.

نسمى المساحتين المتوازيتين بسرير (mur) وسقف (toit) الطبقة، ونرمز لهما بالتطبيق  $S_0$ . (أنظر الرسم التفسيري).

الطبقات من الأقدم إلى الأحدث هي:  
 $a \leftarrow b \leftarrow c \leftarrow d \leftarrow e \leftarrow f$



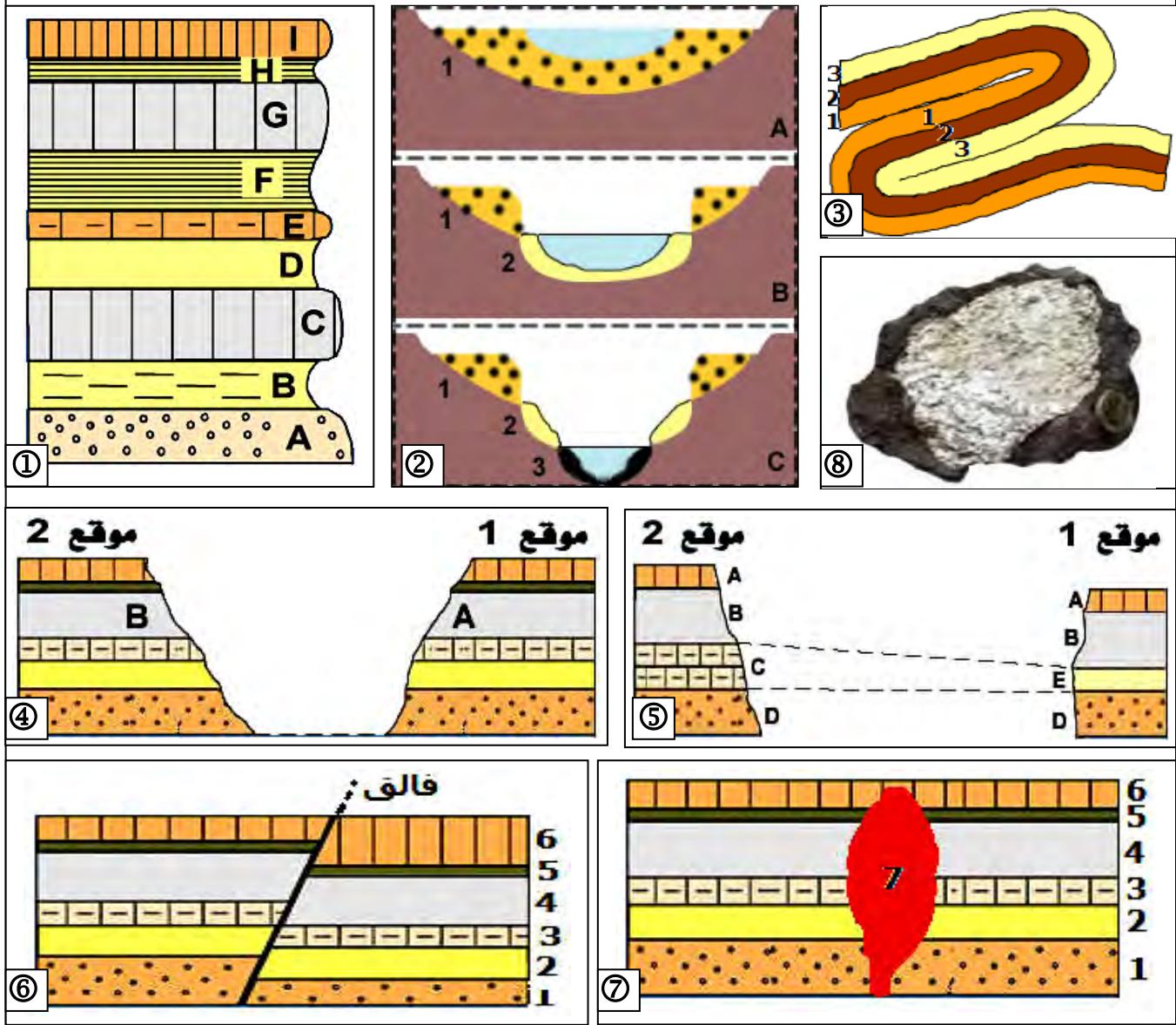
### ② المبادئ الاستراتيجية.

### Les principes stratigraphiques.

يعتمد التاريخ النسبي للطبقات الرسوبيه على مقارنة هذه الأخيرة ببعضها البعض، أو مقارنتها ببعض الأحداث التي طرأت عليها (ترسب، حث، تشوه، اندساس...) وكذلك محتواها الاستثنائي. وقد استخلصت من هذه الملاحظات والدراسات الميدانية مجموعة من المبادئ تسمى مبادئ استراتيجية. (أنظر الوثيقة 2)

## الوثيقة 2: المبادئ الاستراتيجية والتاريخ النسبي للتشكلات الجيولوجية .

- 1) أرخ نسبياً الطبقات C,B,A,...,I من العمود الاستراتيجي ①، ثم صنع مضمون مبدأ التراكب، وبين حدود استعمالاته الجيولوجية بالاعتماد على الشكل ② والشكل ③ من الوثيقة.
- 2) قارن بين الطبقتين A و B في الموقعين 1 و 2 المتبعدين ببعض كيلومترات (الشكل ④ من الوثيقة)، فيما تقييدك نتائج هذه المقارنة بخصوص تأريخهما النسبي؟.
- 3) اقترح التاريخ النسبي للعناصر الجيولوجية الممثلة في الأشكال ⑤ و ⑥ و ⑦ من الوثيقة.



### أ – مبدأ التراكب (Principe de superposition ①) (الوثيقة 2 الشكل ①)

على العمود الاستراتيجي ① تعتبر الطبقة A أقدم من الطبقة B وهذه الأخيرة أقدم من الطبقة C، التي تعتبر أقدم من الطبقة D، بينما تعتبر أحدث طبقة هي الطبقة I.

#### **a – مضمون مبدأ التراكب:**

من بين طبقتين رسوبيتين في وضع تراكب، تكون الطبقة السفلی هي الأقدم.

#### **b – حدود مبدأ التراكب:**

- في الشرفات النهرية المتدرجة تعلو الشرفات القديمة الشرفات الحديثة، مما يصعب معها تطبيق مبدأ التراكب. (الوثيقة 2 الشكل ②)

- تتعرض الأرضي الرسوبي لبعض الظواهر الجيولوجية كالنكتونية أو انزلاق التربة، فتجعل الصخور الرسوبي في وضع معاكس للوضع الأصلي، فيصعب بذلك تطبيق مبدأ التراكب. (الوثيقة 2 الشكل ③)

**ب - مبدأ الاستمرارية** Principe de continuité (الوثيقة 2 الشكل ④)  
 يتبيّن من الوثيقة أن الطبقة A في الموقع 1 هي امتداد للطبقة B في الموقع 2، وبالتالي فلطبقة A والطبقة B نفس العمر.  
 ملحوظة (الشكل ⑤) : تعتبر طبقتان صخريتان من نفس العمر رغم اختلاف ساحتبيهما، إذا كانتا محصورتين بنفس الطبقات. نتكلّم عن التغيير الجانبي للسحنة.

**a - مضمون مبدأ الاستمرارية:**  
 لنفس الطبقة نفس العمر على طول امتدادها.

**b - حدود مبدأ الاستمرارية:**  
 • يصعب تطبيق مبدأ الاستمرارية عندما تكون السلسلة الرسوبيّة مكونة من تعاقب إيقاعي لطبقات متشابهة.  
 • يصعب تطبيق مبدأ الاستمرارية عندما تتغيّر السحنة الصخرية مع امتدادها، نظراً للتغيّر أو سطح التربّ.

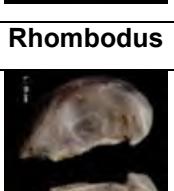
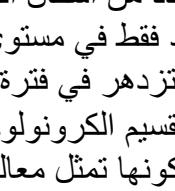
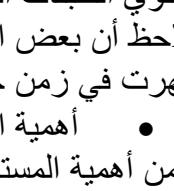
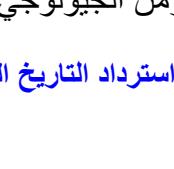
**ج - مبدأ التقاطع والتضمن** P. Recouplement et inclusion (الوثيقة 2 الشكل ⑥، ⑦، ⑧)

**a - مضمون مبدأ التقاطع:**  
 من بين عنصرين جيولوجيَّين (طبقة، فالق، عرق...) يعتبر الأحدث العنصر الذي يخترق الآخر.  
**b - حدود مبدأ التضمن:**  
 كل قطعة صخرية متضمنة داخل طبقة أخرى تعتبر أقدم منها.

**د - مبدأ تماثُل المحتوى الاستحاثي** P.d'identité paléontologique

**a - بعض المستحاثات الموجودة في السلسلة الفوسفاطية:** (أنظر الوثيقة 3)

**الوثيقة 3: بعض أنواع المستحاثات :** اعتماداً على معطيات هذه الوثيقة، استخرج خاصية المستحاثة الاستراتيجية، واستنتج أهميتها في التقسيم الكرونولوجي.

التوزيع الطبقي		بعض أنواع المستحاثات الموجودة في السلسلة الفوسفاطية بأولاد عبدهون					
Répartition stratigraphique							
الكريتاسي Crétacé	الإيوسين Eocène						
ـ	ـ	+	+	+	<b>Odontaspis substriata</b>		
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	<b>Lamna aschersoni</b>		
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	<b>Lamna biauriculata</b>		
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	<b>Rhombodus binkhorsti</b>		
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	<b>Enchodus libycus</b>		
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	<b>Corax pristodontus</b>		
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	<b>Ostrea canaliculata</b>		
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	<b>Pseudaspidoceras</b>		
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	<b>Mosasaurus leidon</b>		

**• تحليل واستنتاج:**  
 تحتوي الطبقات الفوسفاطية على عدد من أشكال المستحاثات، ومن أشهرها أسنان القرش.

نلاحظ أن بعض المستحاثات تتواجد فقط في مستوى معين من المتناظرة الطبقانية. يفسر ذلك بكون بعض الكائنات الحية ظهرت في زمن جيولوجي معين، لتزدهر في فترة معينة وتتقرب في زمان معين.

**• أهمية المستحاثات في التقسيم الكرونولوجي:**  
 تكمن أهمية المستحاثات أساساً في كونها تمثل معايير زمنية تمكن من ترتيب الطبقات، كما يمكن اعتماد بعضها في تقسيم الزمن الجيولوجي.

## b - خصيات المستحاثات المعتمدة في التاريخ النسبي: (أنظر الوثيقة 4)

### الوثيقة 4: نعتبر نموذجين من المستحاثات :

- ✓ الشعب المرجانية **Récifs coralliens**: (الشكل أ) هي حيوانات بحرية ظهرت في الтриاس (الحقب II)، وما زالت تعيش إلى حد الآن في بحر قليل العمق، بمياه ساخنة وغنية بـ  $\text{CO}_2$ .
- ✓ الأمونيت: **Ammonites** (الشكل ب) عبارة عن مستحاثات ظهرت في الтриاس، عرفت انتشارا جغرافيا كبيرا أثناء الجوراسي والكريتاسي. لكنها انقرضت في أواخر الحقب II.
- قارن بين النماذجين من المستحاثات. بما يفيد كل نوع منها؟



- ✓ النموذج الأول (الشعب المرجانية): يعيش في مناطق محدودة، لأنه يتطلب ظروف خاصة، نقول أن له امتداد جغرافي أو أفقي ضيق. كما أنه ظهر في الحقب الثاني واستمر حتى الآن، نقول أن له امتداد عمودي واسع (الزمن): ادن هو يمكننا من استعادة الظروف الجغرافية (ظروف ووسط الترب) لمنطقة ما، ويسمى بمستحاثة السحنة Fossile de facies.
- ✓ النموذج الثاني (الأمونيت): يعيش في مناطق غير محدودة، لأنه لا يتطلب ظروف خاصة، يعني أن له امتداد جغرافي واسع. لكنه عاش في الحقب الثاني فقط، أي له امتداد عمودي ضيق. يمكننا هذا النموذج من إعطاء التاريخ النسبي لطبقة ما، ويسمى بمستحاثة طبقاتية F.stratigraphique.
- ✓ من خلال هذا يمكننا تأريخ طبقات متباينة رغم تغير ساحتهم، إذا كانتا توفران على نفس المستحاثة الطبقاتية الجيدة، وهذا ما يسمى مبدأ تماثل المحتوى الاستثنائي.

## c - مضمون مبدأ تماثل المحتوى الاستثنائي:

تعتبر من نفس العمر كل الطبقات التي تحتوي على نفس المستحاثات الطبقاتية.

## II - التقسيمات الجيوكرونولوجية للزمن الجيولوجي.

### ① الوحدة الاستراتيغرافية الأساسية: (الطابق Etage). (أنظر الوثيقة 5)

### الوثيقة 5: مفهوم التشكيلة النمطية .

يعطي الشكل أ من الوثيقة، التشكيلة النمطية البليونسيكي Pliensbachien

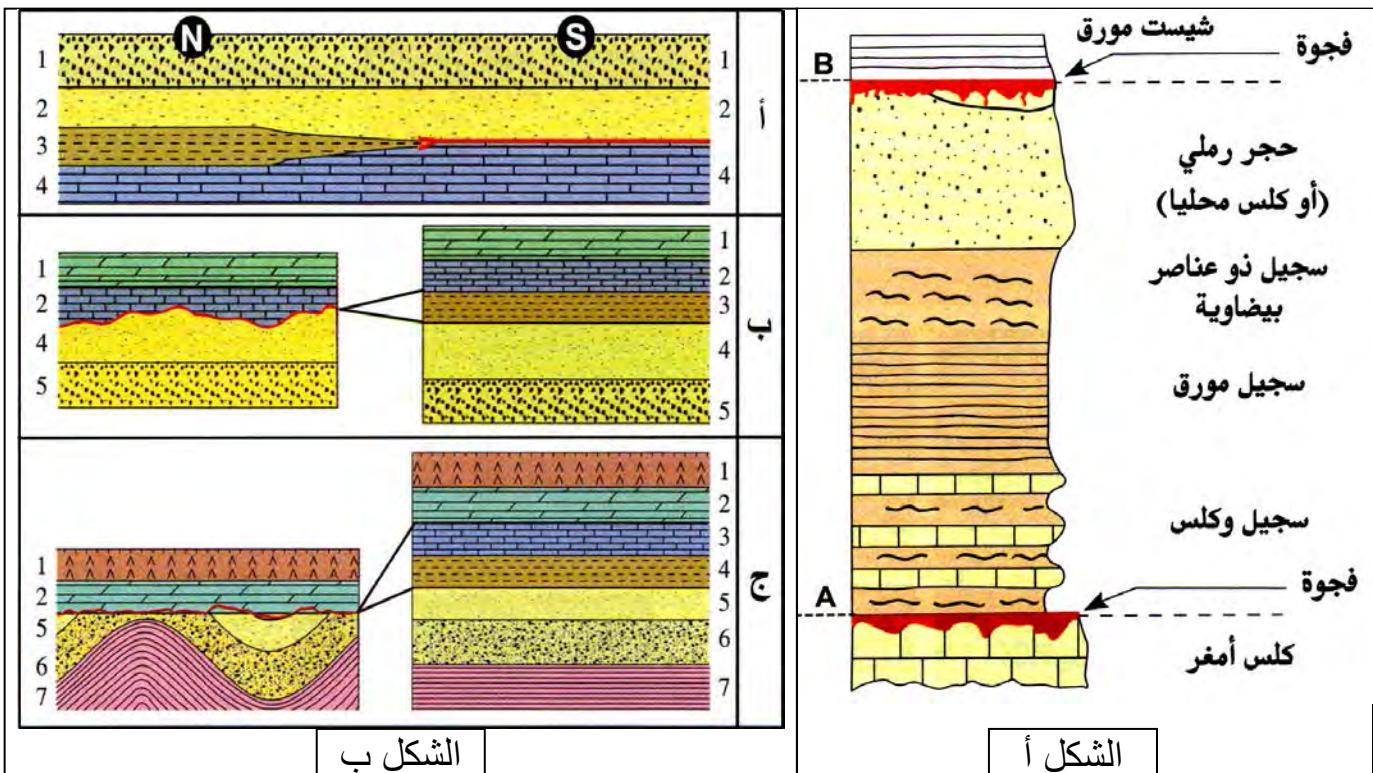
- الحد A به عقيدات فوسفاتية ومستحاثات من أعمار مختلفة مميزة لطبقات غائبة.

- الحد B به حجر رملي وحديد سريري oolithique

1) حدد أهمية التشكيلة النمطية في بناء السلم الاستراتيغرافي وتاريخ الطبقات.

2) تعرف خصيات حدود التشكيلة النمطية البليونسيكية.

3) من خلال تحليل الشكل ب من الوثيقة، عرف الفجوة الاستراتيغرافية وأبرز مختلف أنماطها، وبين أهمية الفجوات الطبقاتية في معرفة حدود التشكيلة النمطية.



1) اختار الجيولوجيون تشكلاً صخريًّا نموذجيًّا توجد في أواسط رسوبية معينة، لا تشهد حركات تكتونية وغنية بالمستحثاثات الطبقاتية، وتحمل مؤشرات مختلفة ويسهل الفصل بين حدودها. فاعتبروها مرجعيات استراتيغرافية، أطلقوا عليها اسم التشكلاً الاستراتيغرافي النموذجي **Stratotype**، تؤرخ تشكلاً جيولوجيًّا آخر طبقاً لمبادئ الاستراتيغرافية. ونسبوها للمنطقة الجغرافية التي وجدت فيها. ويسمى هذا التشكلاً النموذجي طابقاً. مثلاً من منطقة **Pliensbachien** في ألمانيا تم تحديد الطابق **Pliensbachien**، وذلك بإضافة "ien" لاسم المنطقة.

2) تحديد سقف وسرير الطابق.

- الحد A (سرير الطابق): المساحة الفوقيَّة للكلَّس الأمغر بها عقيدات فوسفاطية، ومستحثاثات من أعمار مختلفة مميزة لطبقات صخرية غائبة في المتالية الرسوبية. تسمى هذه المساحة A بمساحة متصلة، وتعبر عن وجود فجوة استراتيغرافية ناتجة عن قوة التيارات البحريَّة التي حالت دون الترسب.
- الحد B (سقف الطابق): وجود الحجر الرملي وال الحديد السرئي اللذان يعبران عن سحن بحرية قليلة العمق، وهذا يعلن عن تراجع البحر عن المنطقة مما سبب فجوة استراتيغرافية.

3) مفهوم الفجوة الاستراتيغرافية:

من خلال تحليل الشكل ب من الوثيقة يتبيَّن أنَّ:

- المقطع أ: غياب الطبقة 3 في الجزء الجنوبي من المقطع، وذلك راجع إلى غياب التربَّس نتيجة بعض العوامل كالتيارات وحركات الأمواج.
- المقطع ب: غياب الطبقة 3 في الجزء الشمالي من المقطع بسبب عملية الحث.
- المقطع ج: غياب الطبقات 3 و4 في الجزء الشمالي من المقطع، نتيجة بروز الطبقات الرسوبية أثر عوامل تكتونية، وتعرضها للحث قبل عودة التربَّس.

انطلاقاً من هذه المعطيات يمكن تعريف الفجوة الاستراتيغرافية كما يلي: تظهر التشكلاً الصخري في بعض المناطق نقصاً في تسلسل الطبقات الرسوبية مقارنة مع المعطيات الجهوَّية أو العالمية. يشار لهذا النقص بالفجوة الاستراتيغرافية، والتي تدل على انقطاع في التربَّس نتيجة عدم التربَّس أو حث بعد التربَّس.

يتبيَّن إذن أنَّ الطوابق تكون محدودة على العموم بانقطاعات في التربَّس، أي فجوات استراتيغرافية.

## ② مفهوم الدورة الرسوبيّة. (Cycle sédimentaire) (أنظر الوثيقة 6)

### الوثيقة 6: مفهوم الدورة الرسوبيّة .

يلخص الجدول التالي خصائص الطبقات الرسوبيّة بمنطقة معينة من المغرب.  
أتمم ملء الجدول بوضع علامات في الخانات المناسبة. ثم اربط هذه العلامات بخطوط، ماذا تلاحظ؟

العمر	السحنة	الوسط		تجاوز	تراجع
		قاري	بحري		
نيوجين	رسيص بعظم وأسنان قوارض		X		X
باليوجين وكريتاسي علوي	رمل، سجيل، رمل فوسفاطي	X			X
جوراسي وسيط	حجر رملي خشن ورسيص بعظم ديناصورات عاشبة		X		X
جوراسي سفلي	كلس وسجل بأمونيت كلس مرجاني	X			X
تریاس علوي	طين أحمر وحجر رملي خشن وجبس لاغوني	X			X
باليوزوي علوي	رسيص بعظم زواحف وسرخسيات		X		X
باليوزوي سفلي	حجر رملي خشن وسجل بثلاثية الفصوص		X		X

نلاحظ تراجعاً خلال الأزمنة الجيولوجية بين أوساط بحرية وأوساط قارية. ويترجم هذا التراجح تغير مستوى البحر بين تجاوز وتراجع بحري.

### أ – تعريف الدورة الرسوبيّة:

هي الفترة الزمنية التي يتم فيها تجاوز بحري والتراجع المואلي بالنسبة لنفس المنطقة. ويطبق كذلك على مجموع الرواسب المتوضعة أثناء هذه الفترة.

### ب – الخصائص السحنية للدورة الرسوبيّة: (أنظر الوثيقة 7)

#### a – الخصائص السحنية للتجاوز البحري: Transgression

لأسباب تكتونية ومناخية يتقدم البحر على منطقة ما ليغطيها تدريجياً، فتتوسع الرواسب تدريجياً على القاعدة الصخرية القديمة حسب درجة تقدم البحر. ويتجلّى التجاوز على مستوى تسلسل الطبقات الرسوبيّة بتواضع رواسب تميز مستوى بحري مرتفع فوق أخرى تميز مستوى بحري منخفض. أو تواضع رواسب ذات سحن بحرية فوق أخرى ذات سحن قارية.

#### b – الخصائص السحنية للتراجع البحري: Régression

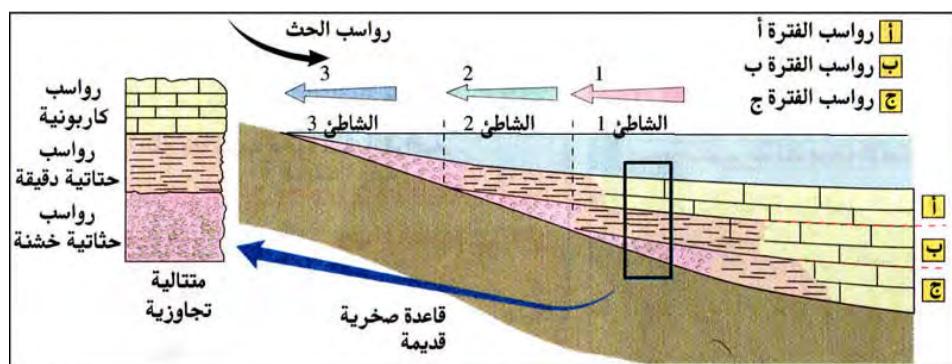
لأسباب تكتونية ومناخية يتراجع البحر عن منطقة ما، فينخفض العمق تدريجياً. وهذا يتجلّى التراجع على مستوى تسلسل الطبقات الرسوبيّة بتواضع رواسب تميز مستوى بحري منخفض فوق أخرى تميز مستوى بحري مرتفع. أو تواضع رواسب ذات سحن قارية فوق أخرى ذات سحن بحرية.

#### c – الخصائص السحنية لدورة رسوبيّة:

تتميز الدورات الرسوبيّة على مستوى المقاطع الجيولوجية بمتالية رسوبيّة تجاوزية متتابعة مباشرة بمتالية تراجعيّة.

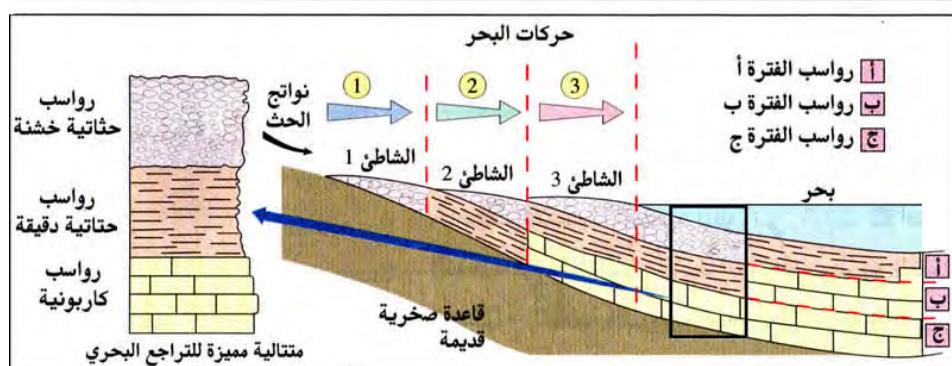
## الوثيقة 7: الخصائص السخنية للدورة الرسوبيّة .

- 1) اعتماداً على الشكل أ من الوثيقة استخرج الخصائص السخنية للمتالية التجاوزية.
- 2) اعتماداً على الشكل ب من الوثيقة استخرج الخصائص السخنية للمتالية التراجعية.
- 3) اعتماداً على الشكل ج من الوثيقة استخرج الخصائص السخنية للمتالية المميزة للدورة الرسوبيّة.



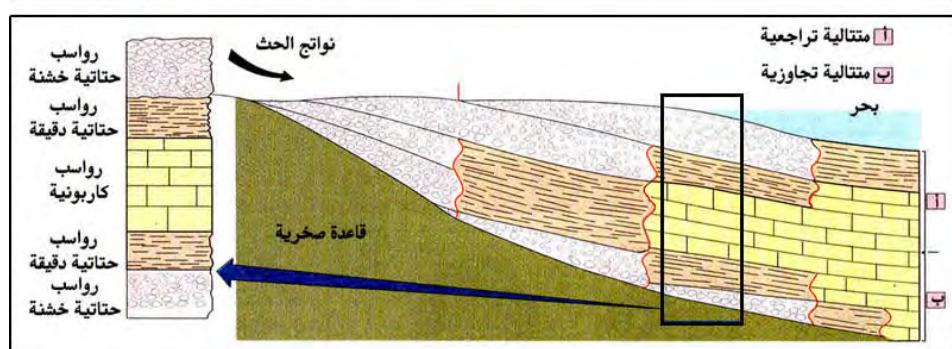
الشكل أ: الخصائص السخنية لتجاوز بحري :

**تقدم البحر ليتجاوز حدوده السابقة وذلك لأنسباب تكتونية ومناخية**



الشكل ب: الخصائص السخنية لتجاوز بحري :

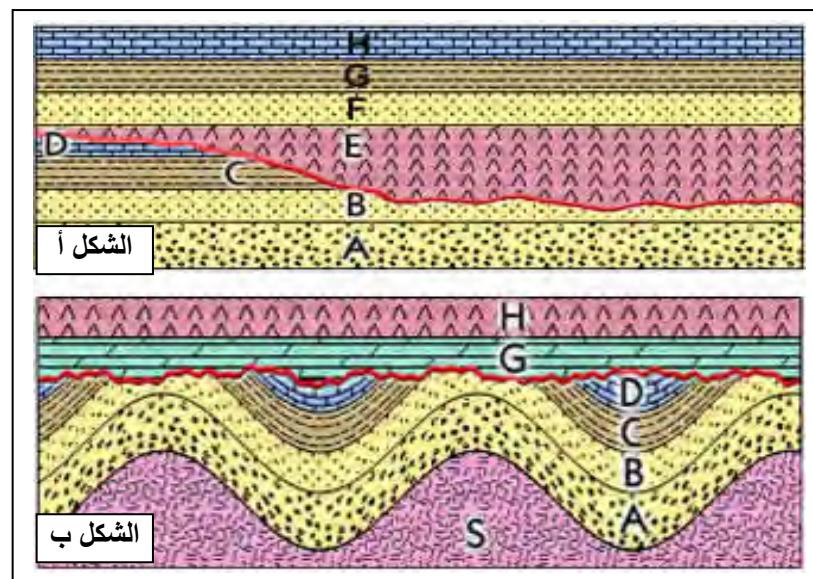
**انسحاب البحر خلف حدوده السابقة وذلك لأنسباب تكتونية ومناخية**



الشكل ج: الخصائص السخنية لدورة رسوبيّة :

**بعد تجاوز للبحر متبع بتراجع، نحصل على متالية تجاوزية متتابعة بممتالية تراجعية**

## ج - وضع الطبقات الرسوبيّة بالنسبة لقاعدة الصخرية: ( الوثيقة 8 )



## الوثيقة 8: مفهوم التناور الجيولوجي .

تترسب الطبقات التجاوزية على طبقات القاعدة القديمة وفق تمويعين هندسيين أساسيين: الشكل أ والشكل ب.

قارن بين الحالتين ثم استخلص طبيعة الملامسات بين طبقات هذه المقاطع الجيولوجية.

تتوسط الطبقات الرسوبية التجاوزية أحياناً على قاعدة صخرية تعرضت للحث، ولها بنية مختلفة عن بنية الغطاء الرسوبي.  
ويسمى الحد الفاصل بين القاعدة والغطاء الرسوبي بالتنافر الجيولوجي **Discordance**  
يجسد التنافر غالباً حداً فاصلاً بين نمطيتين متاليتين، مما يكسبه أهمية في التقسيم الكرونولوجي.

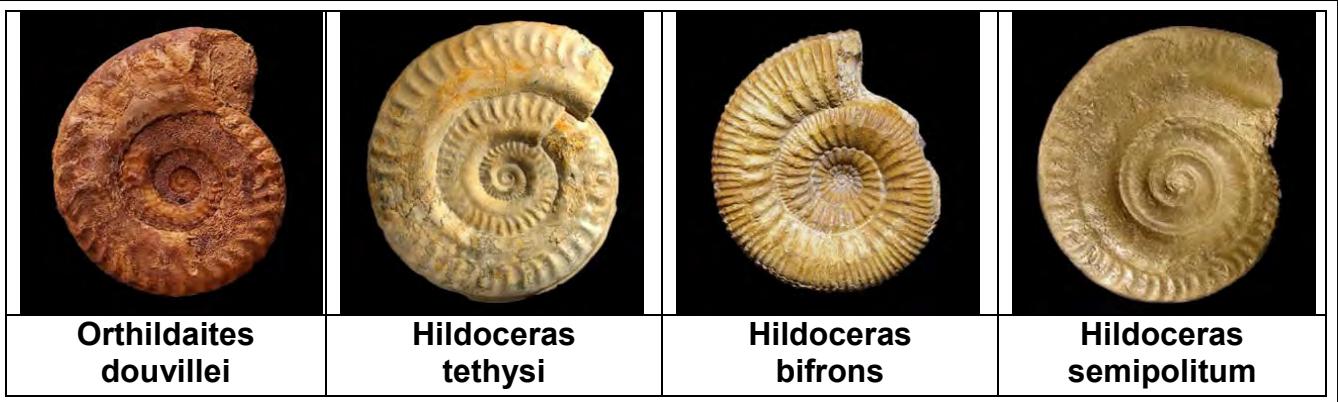
✓ الشكل أ: تغطي الطبقات E, G, F, H طبقات أقدم منها هي D, C, B, A تعرضت للحث ولم تتعرض لأي تشوّه، وبالتالي يحتفظ بالتوازي الأصلي بين الطبقات. نحصل في هذه الحالة على تنافر مواز.

✓ الشكل ب: تغطي الطبقات H و G طبقات أقدم منها هي D, C, B, A تعرضت للتشوه، وللحوت وبالتالي يغيب التوازي الأصلي بين الطبقات. نحصل في هذه الحالة على تنافر رأو.

### ③ مفهوم المنطقة الإحيائية: Biozone (أنظر الوثيقة 9)

الوثيقة 9: تقسيمات بيوستراتيغرافية دقيقة بفضل الأمونيتات داخل الطابق الطورسي .

المنطقة الإحيائية تقسيم جيوكرونولوجي داخل الطابق. ببر ذلك بالاعتماد على معطيات الوثيقة.



الآفاق	جزء من التشكيلة النمطية للطورسي	O.douvillei	H.semipolitum	H.bifrons	H.apertum	H.lusitanicum	H.crassum	H.tethyi	H.sublevisioni	H.caterinii
XIII										
XII			+	+						
XI										+
X										+
IX							+	+	+	+
VIII										
VII									+	+
VI										+

- المنطقة الإحيائية : مجموعة من الطبقات المتالية التي توجد بها مجموعة من المستحاثات والمعرفة بوفرة صنف معين من المستحاثات الاستراتيغرافية الذي يبقى ثابتاً من حيث خصائصه المميزة ويعطي للطبقة الإحيائية اسم هذه المستحاثة.

- الأمونيت: مجموعة من رأسيات الأرجل البحرية، تعيش في قوقة ويمكن أن يتجاوز قطرها المتر الواحد. ونميز بين مختلف أصناف الأمونيتات بواسطة بعض خصائص القوقة التي تعكس التطور السريع لهذه المجموعة مما يجعلها مستحاثات استراتيغرافية جيدة تستعمل في تحديد المناطق الإحيائية.

داخل التشكيلة النمطية للطورسي Toarcien تمكن الأمونيات من التحديد الدقيق لتأريخ الطبقات. وبذلك تساهم هذه المستحاثات الطبقانية في تقسيم الزمن الجيولوجي داخل الطابق. وهكذا فالمنطقة الإحيائية هي وحدة استراتيغرافية من الطابق، تحدد بطبقة أو مجموعة من الطبقات المتتالية التي تحتوي على مستحاثات استراتيغرافية، يبقى نوع منها ثابتًا من حيث خصائصه المميزة. ويعطى لهذه المنطقة اسم هذه المستحاثة.

#### ④ مفهوم الحق والدور. (Ere et Cycle) (انظر الوثيقة 10)

##### الوثيقة 10: نحو سلم استراتيغرافي للزمن الجيولوجي .

مكنت دراسات جيولوجية في أربع مناطق مختلفة من المغرب من تحديد بعض المستحاثات المتواجدة في هذه المناطق (الجدول أسفله)، وتوفير الأعمدة الاستراتيغرافية  $S_4, S_3, S_2, S_1$ .

					
Clypeaster	Pectens	Nummulites	Acanthoceras	Hoplites	Perisphincte
					
العمود $S_4$ منطقة أمصيلة بشمال تازة	العمود $S_3$ منطقة أولماس	العمود $S_2$ الحافة الجنوبية للأطلس المتوسط	العمود $S_1$ السفوح الجنوبي الشرقي لالأطلس الصغير الغربي	سجيل وكلس <b>Clypeaster-pecten</b>	بازلت من بركان المجاور
كلس سجيلي <b>Nummulites</b>	<b>Nummulites</b>	كلس	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	سجيل وكلس <b>Clypeaster-pecten</b>	شيست وحجر رملي كلسي <b>Phacops latifrons</b>
سجيل وكلس <b>Ammonite holrites</b>	سجيل وسجيل <b>Ammonite acanthoceras</b>	كلس وسجيل <b>phillipsia gemmulifera</b>	حجر رملي خشن وشيست	شيست وحجر رملي خشن <b>Trinucleus goldfussi</b>	شيست وحجر رملي خشن <b>Dalmanite caudatum</b>
كلس طيني <b>perisphinctes</b>	سجيل <b>Ammonite holrites</b>	سجيل وكلس <b>Phacops latifrons</b>	حجر رملي خشن شيست وشيست	شيست <b>Paradoxides boemicus</b>	
كلس طيني <b>harpoceras</b>	سجيل وسجيل <b>Ammonite harpoceras</b>	كلس <b>Dalmanites caudatum</b>	شيست	صخور متقطعة كلسية بدون مستحاثات	
	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	حجر رملي خشن <b>Trinucleus goldfussi</b>			
	شيست جد مطوي <b>Trinucleus goldfussi</b>				

1) وظف المبادئ الاستراتيغرافية وقارن بين الأعمدة  $S_1$  و  $S_2$  و  $S_3$  و  $S_4$ . وضع الطبقات المتشابهة في نفس المستوى على جدول.

2) بين أن النتيجة التي حصلت عليها عبارة عن سلم استراتيغرافي مبسط.

1) تتميز طبقات الأعمدة باختلاف السخنات الصخرية والمستحاثية، وبوجود طبقات بدون مستحاثات. كما تتواجد طبقات متشابهة فيما بينها، أما من حيث السخنة الصخرية أو المستحاثية أو هما معاً.

• باعتماد مبدأ التراكب يمكن القول أن الأمونيتات وثلاثية الفصوص لم تعيش في نفس الزمن الجيولوجي لكون ثلاثيات الفصوص توجد في طبقات أصل من الطبقات التي تحتوي على الأمونيتات. كما أن مختلف أنواع ثلاثيات الفصوص لم تعيش في نفس الزمن لكونها تتواجد في طبقات صخرية مختلفة متراكبة، مما يدل على أنها تعرضت للتطور عبر الزمن، وهذه ميزة للمستحاثة الطبقاتية.

• يمكن تفسير غياب الطبقات في الأعمدة الاستراتيجية بغياب الترسب أو حتى الطبقات بعد ترسبيها. وذلك ما يسمى بالفجوة الروسوبية أو الطبقاتية *Lacune stratigraphique*.

• تمثيل نتائج المقارنة على شكل جدول يمثل عمر مختلف طبقات الأعمدة  $S_1$  و  $S_2$  و  $S_3$  و  $S_4$ . (أنظر الجدول على الصفحة المowالية).

2) يصعب أن نعتمد فقط على الطوابق كسلم جيوكرونولوجي، نظراً لعددها الهائل ونظراً لوجود ظواهر جيولوجية وبيولوجية كبيرة (كالانقراضات) ميزت مراحل معينة من الزمن الجيولوجي. لهذا لجأ العلماء إلى البحث عن تقسيمات أخرى تعتمد على معايير مستحاثية ومعايير استراتيجية تكتونية.

• **المعايير الاستحاثية:** باعتماد هذه المعايير استطاع العلماء تقسيم الزمن الجيولوجي إلى حقب:

✓ ما قبل الكمبري *Précambrien* (-570 Ma): يتميز بعدم وجود مستحاثات. وتسمى هذه الفترة أيضاً بفترة الكربيتوزوي *Cryptozoïque* عكس الأحقب الأخرى التي ظهرت فيها مستحاثات فسميت بذلك الفانيروزووي *Phanérozoïque*.

✓ الحقب الأول (الباليوزوي *Paléozoïque*) حيث نجد أغلب الحيوانات التي ظهرت على الأرض والتي أغلبها قد انقرض. مثلاً ثلاثيات الفصوص.

✓ الحقب الثاني (الميزوزوي *Mésozoïque*) حيث أن نصف الحيوانات التي ظهرت في هذا الحقب قد انقرض كالديناصورات، والنصف الثاني لا زال يعيش حالياً. ويتميز هذا الحقب بالأمونيتات.

✓ الحقب الثالث (السينوزوي *Cénozoïque*) حيث أن أغلب الحيوانات التي ظهرت في هذا الحقب لا زالت تعيش حالياً.

• **المعايير الاستراتيجية التكتونية:**

يترب عن حركة الصفائح المكونة لسطح الأرض، نشأة مجالات للترسب كالبحار والمحيطات، ثم اختفاءها نتيجة الطرmer والاصطدام، مما ينتج عنه تكون سلاسل جبلية تحل محل المحيطات المختلفة. فتخضع هذه الأخيرة لعوامل الحث لتكون بذلك نهاية دورة تكتونية.

لقد عرفت الكرة الأرضية عدة دورات تكتونية اعتمدت في تقسيم الزمن الجيولوجي:

✓ الدورات قبل الكمبرية: من نشأة الأرض إلى 570- مليون سنة.  
✓ الدورة الكلدونية والهرسينية *Hercynien et calédonien* من 570- إلى 245 Ma.  
✓ الدورة الألبية *Alpin* ابتداء من 245 Ma.

يعرف النظام أو الدور *Système* كمجموعة الطوابق التي توضعت أثناء فترة زمنية تسمى العصر الجيولوجي. وتحدد أسرة وأسقف الأنظمة بواسطة دورات روسوبية. واعتمد في تسميتها معايير مختلفة:

✓ التفحمي *Carbonifère*: غنى الطوابق بالفحم.  
✓ الطباشيري أو الكريتاسي *Crétacé*: وفرة التشكيلات الطباشيرية.

السلم الاستراتيغرافي	:S <sub>4</sub> العمود	:S <sub>3</sub> العمود	:S <sub>2</sub> العمود	:S <sub>1</sub> العمود
طبقة الثقباء	-----	بازلت من بركان مجاور	-----	-----
	سجيل وكلس <i>Clypeaster-pesten</i>	-----	سجيل وكلس <i>Clypeaster-pesten</i>	-----
	كلس سجيلى <i>Nummulites</i>	كلس <i>Nummulites</i>	-----	-----
طبقة الثقباء	-----	كلس وسجيل <i>Ammonite acanthoceras</i>	-----	-----
	سجيل <i>Ammonite hoplites</i>	سجيل <i>Ammonite hoplites</i>	-----	-----
	كلس طيني <i>perisphinctes</i>	-----	-----	-----
	كلس طيني <i>harpoceras</i>	كلس وسجيل <i>Ammonite harpoceras</i>	-----	-----
	-----	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	-----
طبقة الثقباء	-----	-----	حجر رملي خشن <i>phillipsia gemmulifera</i>	-----
	-----	-----	حجر رملي خشن كلاسي وشيسٌت <i>Phacops latifrons</i>	شيسٌت وحجر رملي <i>Phacops latifrons</i>
	-----	-----	شيسٌت <i>Dalmanites caudatum</i>	شيسٌت أسود <i>Dalmanite caudatum</i>
	-----	-----	حجر رملي خشن <i>Trinucleus goldfussi</i>	شيسٌت وحجر رملي خشن بحري <i>Trinucleus goldfussi</i>
	-----	-----	-----	شيسٌت <i>Paradoxides bohemicus</i>
ما قبل الكمبri	-----	شيسٌت جد مطوى <i>Trinucleus goldfussi</i>	-----	صخور متقطعة كلاسية بدون مستحاثات

• **السلم الاستراتيجي**. (Echelle stratigraphique) (انظر الوثيقة 11)

يعتمد تقسيم الزمن الجيولوجي أساساً على تطور أشكال الحياة (الأزمات البيولوجية) والدورات الروسية وكذا على التغيرات الكبرى في الجغرافيا القديمة لكوكب الأرض وفي هندسة المجموعات الجيولوجية (الدورات التكتونية).

## **الوثيقة 11: تمثيل مبسط للسلم الاستراتيجي**

### III - الخريطة الجيولوجية، حصيلة تركيبية للدراسات الاستراتيجية.

#### ① الخريطة الجيولوجية وثيقة تركيبية.

أ - تذكير الخريطة الطبوغرافية: Carte topographique

الخريطة الطبوغرافية هي تمثيل للتضاريس سطح الأرض، ومميزاتها الميدانية من حيث الارتفاع والشكل، على مساحة مسطحة. ويشار إلى التضاريس بوسائلتين:

- نقط الارتفاع: وهي نقط مرقمة تشير إلى ارتفاع نقطة عن مستوى سطح البحر.

- منحنيات المستوى: وهي خطوط تربط بين نقاط لها نفس الارتفاع، وتتجزء على الخريطة بفارق ارتفاع ثابت ينبع

- بتساوي البعد Equidistance بين منحنيين متاللين.

ويتم تمثيل التضاريس بين نقطتين من الخريطة الطبوغرافية بانجاز الجانبيّة الطبوغرافية.

ب - الخريطة الجيولوجية: Carte géologique (أنظر الوثيقة 12)

الشكل أ				الوثيقة 12: الخريطة الجيولوجية .																																																															
				<p>الشكل أ: الإسقاط العمودي لثلة ① على الخريطة ② .</p> <p>الشكل ب: رموز وألوان تعبر عن عمر الطبقات الصخرية وترتيبها الزمني.</p> <p>الشكل ج: رموز تمثل المعلومات الصخرية.</p> <p>الشكل د: رموز اصطلاحية تمثل ميلان الطبقات الصخرية.</p>																																																															
				<p>وظف المعطيات المقترنة وتعرف باستعمال خرائط جيولوجية جهوية أو محلية مختلف المعلومات والرموز، ثم أبرز أهمية المعطيات الاستراتيجية والتكتونية في بناء الخريطة الجيولوجية.</p>																																																															
<p>الشكل ب: تمثيل المعلومات الاستراتيجية</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>اللون</th> <th>الرمز</th> <th>النظام</th> <th>الحقب</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>بيج</td> <td>a,q,A...</td> <td></td> <td>الرابع</td> </tr> <tr> <td>أصفر</td> <td>p</td> <td>البليوسين</td> <td rowspan="2">الثالث</td> </tr> <tr> <td></td> <td>m</td> <td>الميوسين</td> </tr> <tr> <td>ليموني</td> <td>g</td> <td>الأوليوكوسين</td> <td rowspan="2">الثاني</td> </tr> <tr> <td></td> <td>e</td> <td>الإيوسين</td> </tr> <tr> <td>أخضر فاتح</td> <td>c</td> <td>الكريتاسي العلوي</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>n</td> <td>الكريتاسي السفلي</td> </tr> <tr> <td>أزرق</td> <td>j</td> <td>الجوراسي الأوسط والعلوي</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>l</td> <td>الجوراسي السفلي</td> </tr> <tr> <td>وردي</td> <td>t</td> <td>الтриاس</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td>بنفسجي</td> <td>r</td> <td>البرمي</td> </tr> <tr> <td>رمادي</td> <td>h</td> <td>التفحمي</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td>بني</td> <td>d</td> <td>الديفوني</td> </tr> <tr> <td>أخضر قاتم</td> <td>s</td> <td>السيلوري</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>o</td> <td>الأردوفيسى</td> </tr> <tr> <td>بيج داكن</td> <td>b,k</td> <td>الكمبri</td> <td rowspan="3">قبل الكمبri</td> </tr> <tr> <td>أحمر</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				اللون	الرمز	النظام	الحقب	بيج	a,q,A...		الرابع	أصفر	p	البليوسين	الثالث		m	الميوسين	ليموني	g	الأوليوكوسين	الثاني		e	الإيوسين	أخضر فاتح	c	الكريتاسي العلوي			n	الكريتاسي السفلي	أزرق	j	الجوراسي الأوسط والعلوي			l	الجوراسي السفلي	وردي	t	الтриاس		بنفسجي	r	البرمي	رمادي	h	التفحمي		بني	d	الديفوني	أخضر قاتم	s	السيلوري			o	الأردوفيسى	بيج داكن	b,k	الكمبri	قبل الكمبri	أحمر		
اللون	الرمز	النظام	الحقب																																																																
بيج	a,q,A...		الرابع																																																																
أصفر	p	البليوسين	الثالث																																																																
	m	الميوسين																																																																	
ليموني	g	الأوليوكوسين	الثاني																																																																
	e	الإيوسين																																																																	
أخضر فاتح	c	الكريتاسي العلوي																																																																	
	n	الكريتاسي السفلي																																																																	
أزرق	j	الجوراسي الأوسط والعلوي																																																																	
	l	الجوراسي السفلي																																																																	
وردي	t	الтриاس																																																																	
بنفسجي	r	البرمي																																																																	
رمادي	h	التفحمي																																																																	
بني	d	الديفوني																																																																	
أخضر قاتم	s	السيلوري																																																																	
	o	الأردوفيسى																																																																	
بيج داكن	b,k	الكمبri	قبل الكمبri																																																																
أحمر																																																																			
<p>الشكل ج: تمثيل المعلومات الصخرية</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>الصخور المقابلة</th> <th>الرموز الصخرية</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calcaire</td> <td>الكلس</td> </tr> <tr> <td>Dolomite</td> <td>الدولوميت</td> </tr> <tr> <td>Argile</td> <td>الطين</td> </tr> <tr> <td>Marne</td> <td>السجيل</td> </tr> <tr> <td>Grès</td> <td>الحجر الرملي</td> </tr> <tr> <td>Conglomérat</td> <td>الرصاص</td> </tr> <tr> <td>Sel</td> <td>الملح</td> </tr> </tbody> </table>				الصخور المقابلة	الرموز الصخرية	Calcaire	الكلس	Dolomite	الدولوميت	Argile	الطين	Marne	السجيل	Grès	الحجر الرملي	Conglomérat	الرصاص	Sel	الملح	<p>الشكل د: تمثيل الطبقات المشوهة</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>الرمز</th> <th>درجة الميلان</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+</td> <td>ميلان منعدم = طبقات أفقيّة</td> </tr> <tr> <td>- - -</td> <td>ميلان عمودي ( 90 ° ) = طبقات عمودية</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>ميلان ضعيف ( 30 ° - 10 ° )</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>ميلان متوسط ( 60 ° - 30 ° )</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>ميلان قوي ( 80 ° - 60 ° )</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>ميلان معكوس a &gt; 90 °</td> </tr> </tbody> </table>		الرمز	درجة الميلان	+	ميلان منعدم = طبقات أفقيّة	- - -	ميلان عمودي ( 90 ° ) = طبقات عمودية	↓	ميلان ضعيف ( 30 ° - 10 ° )	↓	ميلان متوسط ( 60 ° - 30 ° )	↓	ميلان قوي ( 80 ° - 60 ° )	↓	ميلان معكوس a > 90 °																																
الصخور المقابلة	الرموز الصخرية																																																																		
Calcaire	الكلس																																																																		
Dolomite	الدولوميت																																																																		
Argile	الطين																																																																		
Marne	السجيل																																																																		
Grès	الحجر الرملي																																																																		
Conglomérat	الرصاص																																																																		
Sel	الملح																																																																		
الرمز	درجة الميلان																																																																		
+	ميلان منعدم = طبقات أفقيّة																																																																		
- - -	ميلان عمودي ( 90 ° ) = طبقات عمودية																																																																		
↓	ميلان ضعيف ( 30 ° - 10 ° )																																																																		
↓	ميلان متوسط ( 60 ° - 30 ° )																																																																		
↓	ميلان قوي ( 80 ° - 60 ° )																																																																		
↓	ميلان معكوس a > 90 °																																																																		

## a - تعريف الخريطة الجيولوجية:

تعتبر الخريطة الجيولوجية إسقاطا عموديا على مساحة أفقية للمكونات الجيولوجية لمنطقة معينة، حيث تمثل الاستساطات بالألوان ورموز اصطلاحية، ويراعى في هذا التمثيل عمر الطبقات وطبيعتها الصخرية (السحنة) وسلسلتها الزمنية والتشوهات التكتونية التي أصابت الصخور ودرجة الميلان.

## b - العناصر الأساسية للخريطة الجيولوجية:

العنوان: عادة المنطقة التي تمثلها الخريطة الجيولوجية بالإضافة إلى موقعها الجغرافي على الكره الأرضية. المقياس مثلا 1/1000000. منحنيات المستوى وقيمة تساوي البعد. التوجيه: سهم يشير إلى الشمال الجغرافي. المفتاح: السحنة، العمر، التسلسل الزمني، مجاري المياه، المناجم، الطرق، المساكن... الميلان والاتجاه والفوائق.

## c - خلاصة:

تمثل الخريطة الجيولوجية مختلف التشكيلات والظواهر الجيولوجية التي حدثت في حوض تربسي خلال الأزمنة الجيولوجية. وتتطلب قراءة الخريطة الجيولوجية ترجمة المعطيات الخرائطية وتحديد العلاقات الهندسية بين الطبقات وتمثيلها على مقاطع جيولوجية.

## ② المقطع الجيولوجي. Coupe géologique.

### a - تعريف المقطع الجيولوجي:

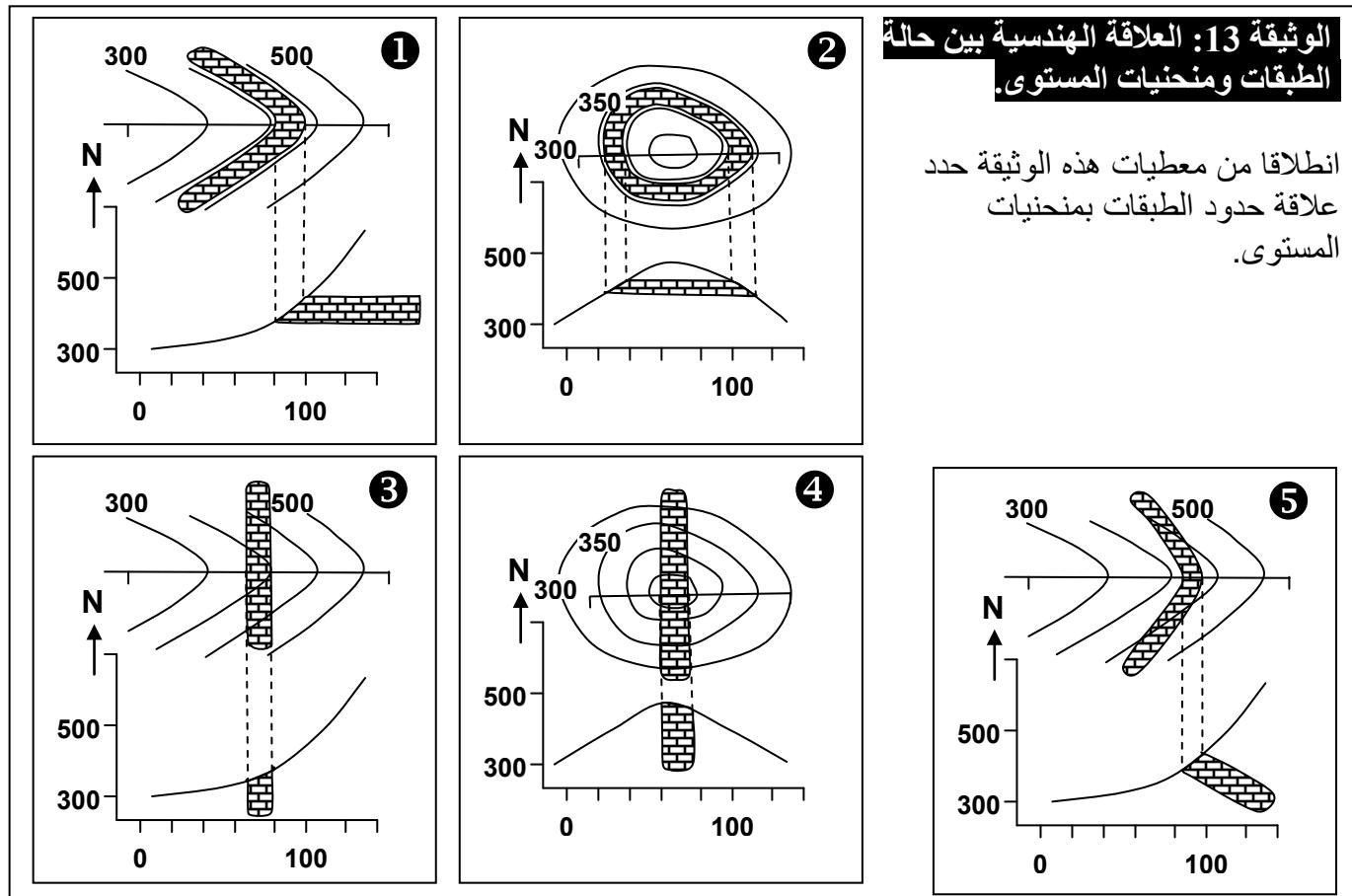
المقطع الجيولوجي هو تمثيل للتشكيلات الصخرية في العمق، انطلاقا من خط طبوغرافي وحسب سطح عمودي.

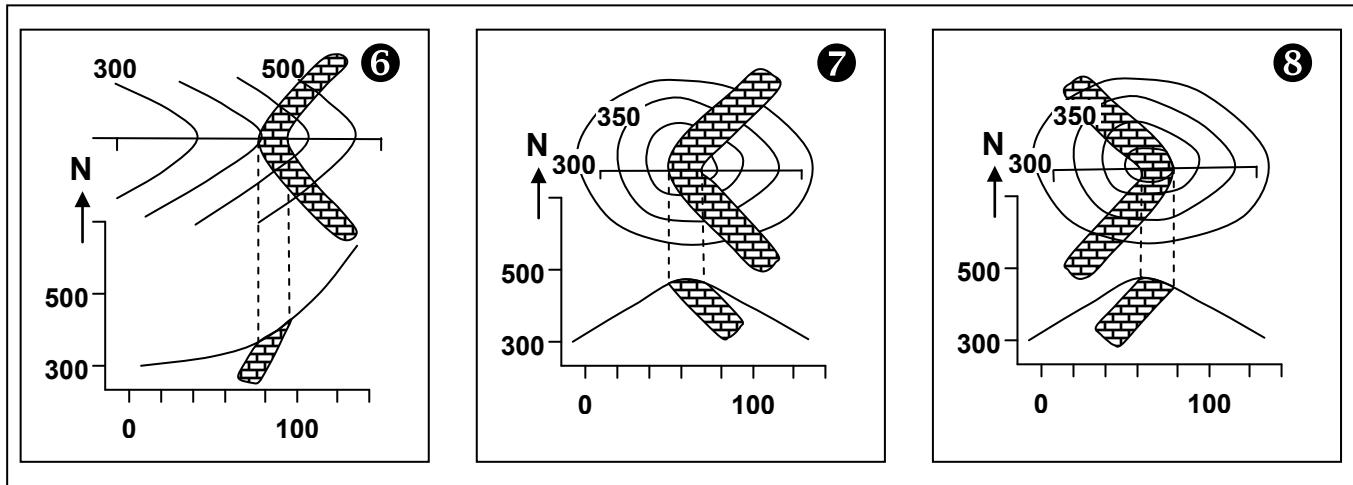
### b - عناصر المقطع الجيولوجي:

العنوان: عنوان الخريطة التي هي أصل المقطع. المقياس: مقياس الخريطة الأصلي. التوجيه: يحدد على طرفي المقطع التوجيه المناسب. المفتاح: رموز طبقاتية يشار إليها إلى سمك الطبقات.

### ج - طريقة انجاز المقطع الجيولوجي:

#### a - العلاقة الهندسية بين حالة الطبقات ومنحنيات المستوى: (أنظر الوثيقة 13)

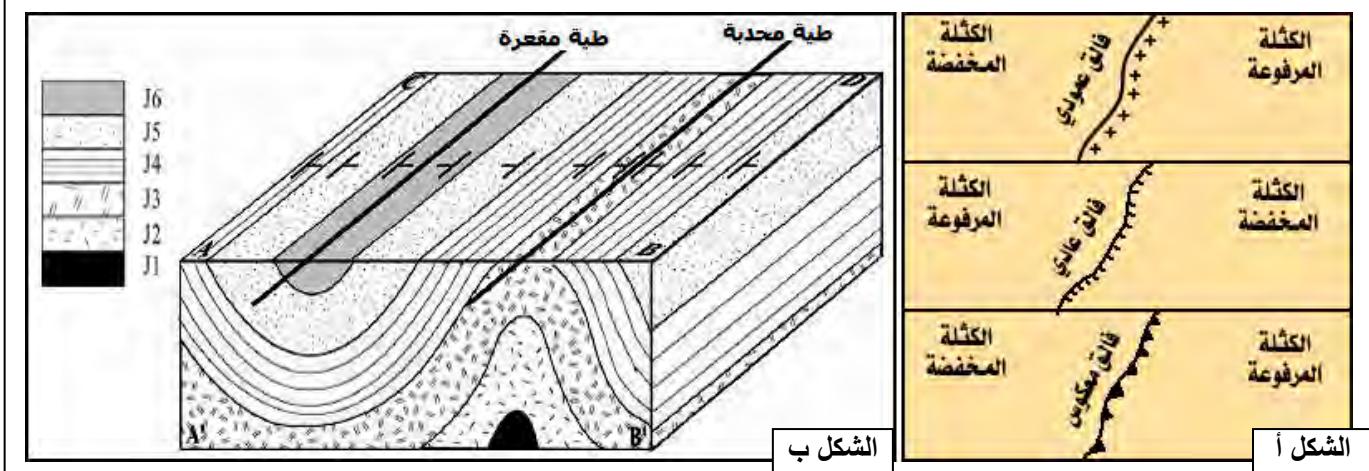




- تعطي حدود استسطاح الطبقات على الخريطة الجيولوجية أشكالاً متعددة يمكن استغلالها في تحديد اتجاه ميلان الطبقات.
- إذا كانت حدود استسطاح الطبقات موازية لمنحنيات المستوى فان هذه الطبقات أفقية (الشكل ① و ② من الوثيقة).
  - إذا كانت حدود استسطاح الطبقات على شكل رسم مستقيم فهذا يعني أن الطبقات عمودية (الشكل ③ و ④ من الوثيقة).
  - إذا كانت حدود استسطاح الطبقات تقطع منحنيات المستوى فهذا يعني أن الطبقة مائلة، وهذا التقاطع يرسم حرف V يتجه رأسه نحو اتجاه الميلان في حالة الوادي (الشكل ⑤ و ⑥ من الوثيقة)، ويشير رأسه إلى عكس منحى الميلان في حالة التلال (الشكل ⑦ و ⑧ من الوثيقة).

#### b – البنية التكتونية على الخرائط والمقطوعات الجيولوجية: (أنظر الوثيقة 14)

الوثيقة 14: تمثيل البنية التكتونية على الخرائط والمقطوعات الجيولوجية .

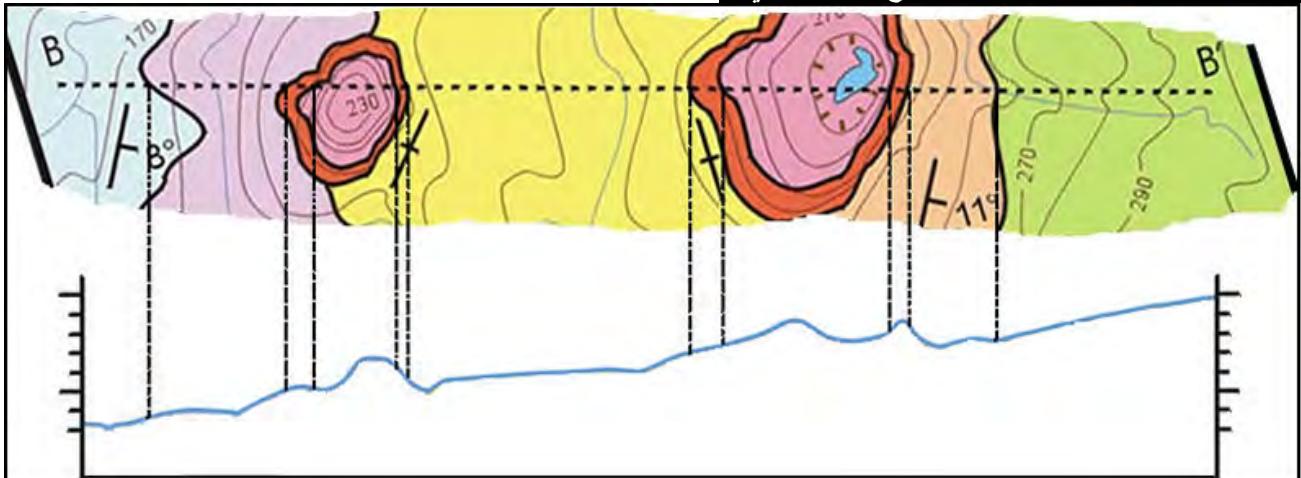


- الفوالق:** (الشكل أ) يعبر عنها في الخريطة الجيولوجية بخطوط أكثر سماكة من حدود الطبقات ويصاحب أحياناً هذه الخطوط رموز تدل على نوع الفوالق ومنحى الميلان إذا كان مائلاً.

- الطيات:** (الشكل ب) يتم التعرف على الطيات المحدبة في الخريطة أما برموز الميلان التي تكون كلها ذات منحى خارجي، أو بالسلسل الزمني للطيات حيث يكون قلب الطية أقدم من جوانبها. أما بالنسبة للطيات المقعرة تكون رموز الميلان ذات منحى داخلي، ويكون قلب الطية أحدث من جوانبها.

#### c – طريقة إنجاز المقطع الجيولوجي: (أنظر الوثيقة 15)

## الوثيقة 15: طريقة انجاز المقطع الجيولوجي .



**المرحلة الأولى:** انجاز المظهر الجانبي على الورق الميلمتر (في معلم مطابق لمسافة المقطع وعلو التضاريس الممثلة عليه ) ، وذلك بإسقاط نقط التقاطع بين منحنيات المستوى وخط المقطع، وربط النقط المحصل عليها. ولا يكون المظهر الجانبي كاملا إلا إذا كان مرفقا بمفتاح يبين اسم الخريطة والسلم المعتمد واتجاه المقطع وبعض المعالم الطبوغرافية كالوديان والمدن... .

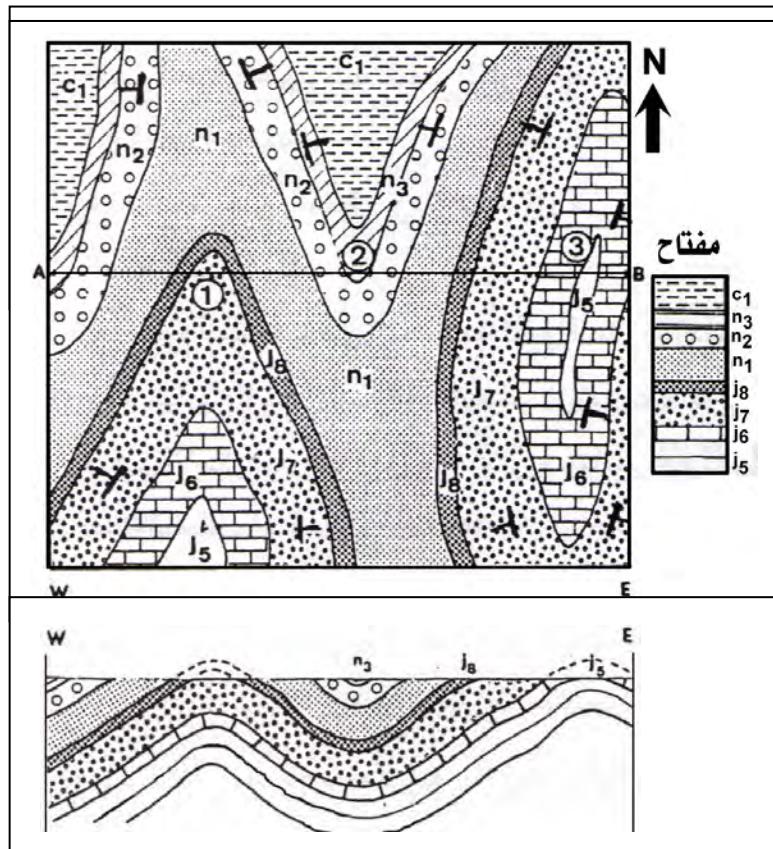
**المرحلة الثانية:** انجاز المقطع الجيولوجي ويطلب:

- ✓ فحص الخريطة الجيولوجية لتحديد خصائص الطبقات التي يمر منها المقطع.
- ✓ إسقاط حدود الاستسطاحات على المظهر الجانبي مع كتابة رمز كل طبقة.
- ✓ ربط الحدود العليا والسفلى لكل طبقة على حدة ابتداء من الطبقة الأحدث التي يعرف لها سرير وسقف.
- ✓ إذا كانت الطبقات مشوهة يجب الأخذ بعين الاعتبار قيمة ومنحى الميلان عند تمثيل أول طبقة من هذه الطبقات.
- ✓ تمثيل الطبقات برمز صخري أو لون مناسب، مع تحديده في المفتاح.

## d - تمرن تطبيقي: (أنظر الوثيقة 16)

### الوثيقة 16: تمرن تطبيقي .

- 1) لاحظ الخريطة الجيولوجية الممثلة أسفله وحدد الطبقة الأحدث والطبقة الأقدم ( بالنظر إلى الترتيب الوارد في المفتاح ).
- 2) حدد البنية التي تظهر في المنطقة .
- 3) أنجاز المقطع الجيولوجي AB.



## IV - استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة معينة

يتمثل استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة ما في تحديد الأحداث الجيولوجية التي عرفتها المنطقة، وترتيبها حسب تسلسلها الزمني وذلك بالاعتماد على المعطيات الاستراتيجية والمستحاثية والتكتونية للمنطقة، وتحليل الخريطة الجيولوجية والمقطع الجيولوجي والأعمدة الاستراتيجية.

### ① المثال الأول: هضبة الفوسفات (أنظر الوثيقة 17)

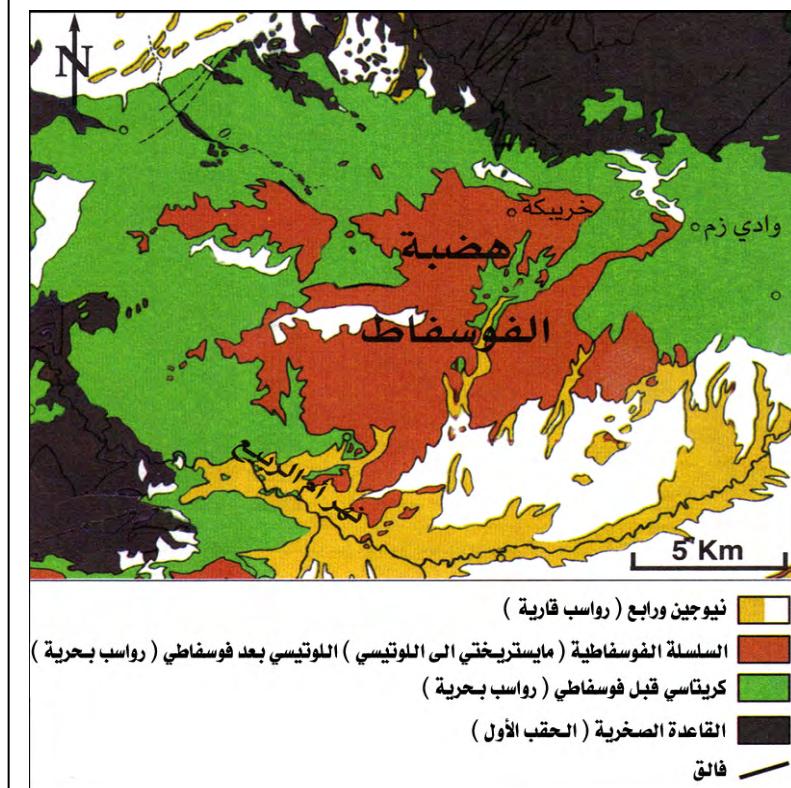
#### الوثيقة 17: استرداد التاريخ الجيولوجي لهضبة الفوسفات

تمثل السلسلة الفوسفاتية لأولاد عبدون آخر جزء من سلسلة رسوبية تكونت فوق القاعدة الصخرية القديمة (الحقب الأول). وقد تعرضت الطبقات المكونة لهذه القاعدة الصخرية لتشوهات في آخر الحقب الأول على شكل طيات وفالق، بينما لم تتعرض طبقات الحقب الثاني لأي تشوه وبقيت منضدية.

نعطي أهم مراحل التاريخ الجيولوجي غير مرتبة:

- 1) تشوه طبقات القاعدة الصخرية (الدورة الهرسينية).
- 2) تربس طبقات القاعدة الصخرية (الحقب الأول).
- 3) تجاوز بحري.
- 4) تراجع بحري بعد لوتيسي.
- 5) تراجع بحري (الحقب الأول).
- 6) حت.
- 7) تربس طبقات الكريتاسي قبل فوسفاطي.
- 8) تربس السلسلة الفوسفاتية.
- 9) تربس الطبقات الحديثة (نيوجين الرابع) وحت حديث.

بعد تحديد نوع الملامة بين السلسلة قبل فوسفاطية والقاعدة الصخرية، استرداد التاريخ النسبي لهضبة الفوسفات وذلك بترتيب المراحل من 1 إلى 9.



القاعدة الصخرية مشوهة (طيات، فالق) بينما لم تتعرض السلسلة قبل فوسفاطية (الحقب الثاني) لأي تشوه وبقيت منضدية، فالملامسة بين المجموعتين هي إذن تنافر زاوي.

يمكن استرداد التاريخ الجيولوجي للمنطقة بترتيب المراحل على الشكل التالي:  
9 ← 8 ← 7 ← 3 ← 6 ← 5 ← 1 ← 2

بعد التراجع البحري للحقب الأول تم حت طبقات القاعدة الصخرية المشوهة خلال الدورة الهرسينية.

خلال الميسترختي (الكريتاسي II) تتوضع تربسات بحرية قليلة العمق ذات خاصيات تجاوزية، أعطت تربس طبقات الكريتاسي قبل الفوسفاتية.

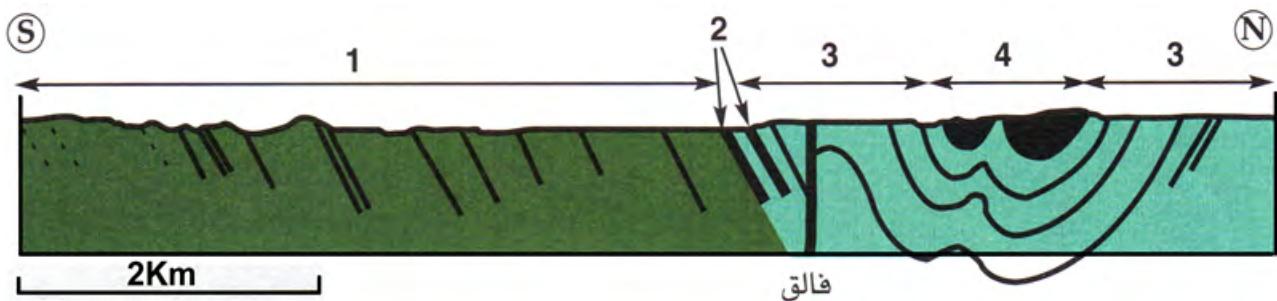
خلال الكريتاسي العلوي والباليوجين (III السفلي) توضعت الرواسب الفوسفاتية وذلك ابتداء من الطابق الميسترختي (II علوي) إلى غاية الطابق اللوتيسي (III)، تميزت هذه التربسات بخاصيات تجاوزية بحيث تشكل خليج بحري قبلي العمق.

بعد اللوتيسي ظهرت رواسب (حجر رملي...) تعبّر عن تراجع بحري ناتج عن الحركات التكتونية الأطلسية.

## ② المثال الثاني: الحوض الفحمي لجرادة (أنظر الوثيقة 18)

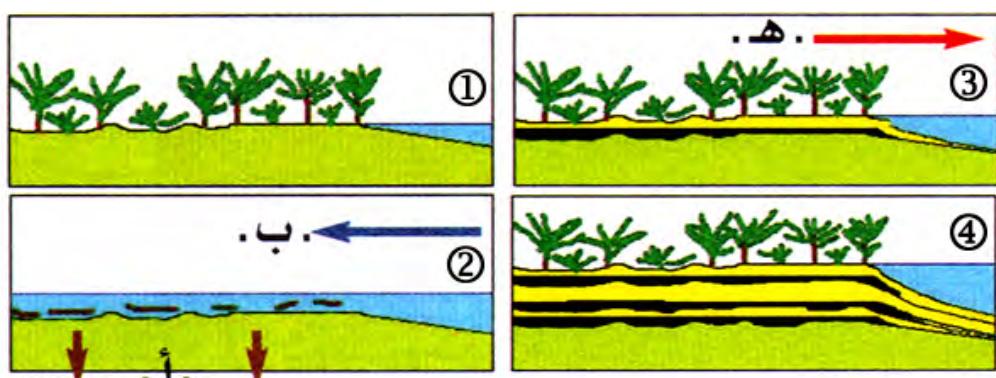
### الوثيقة 18: استرداد التاريخ الجيولوجي للحوض الفحمي لجرادة .

يقع حوض جرادة على بعد 60 كم جنوب غرب مدينة وجدة. ويمتد الحوض على مدى 25 كم، وهو منجم للفحم الحجري ذو أصل تربسي يظهر توالي التربسات البحرية والقارية المناسبة لتكون الفحم، وذلك ما بين -300Ma إلى 315Ma.



- مفتاح: 1 = سلسلة بحرية تحتوي علة غونياتيت Goniatite (الحقب الأول).
  - 2 = أول رواسب شاطئية تحتوي على فحم وسرخسيات Fougères (الحقب الأول، ويستفالي).
  - 3 = رواسب بحرية تحتوي على غونياتيت (الحقب الأول،أحدث من السلسلة 1).
  - 4 = سلسلة فحمية مع طبقات جرادة (الحقب الأول، ويستفالي، أحدث من المستويات 2).
- ملحوظة: تغطي الطبقات الكلسية للجوراسي كل هذه الطبقات بتنازف أعظم.

يتطلب تكون الفحم الحجري مناطق رسوبية تميز بكتافة الغطاء النباتي (مناخ مداري)، وإمدادات قارية ضعيفة: مستنقعات شاطئية معرضة لتجاوزات بحرية دورية. كما يتطلب أيضا الانغراز السريع لقعر الحوض الذي يحمي البقايا من الأكسدة. أنظر الصورة أسفله.



وظف المعطيات الواردة في الوثيقة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لحوض جرادة.

يعتبر الحوض الفحمي لجرادة حوضاً جانبياً بحرياً، ينتمي الفحم فيه الطابق الوستفالي من النظام التقحمي (315- إلى 300- مليون سنة)، (الحقب الأول).

خلال الطابق الناموري كان الترب بحرياً وبقي كذلك خلال الوستفالي السفلي على شكل تجاوز بحري.

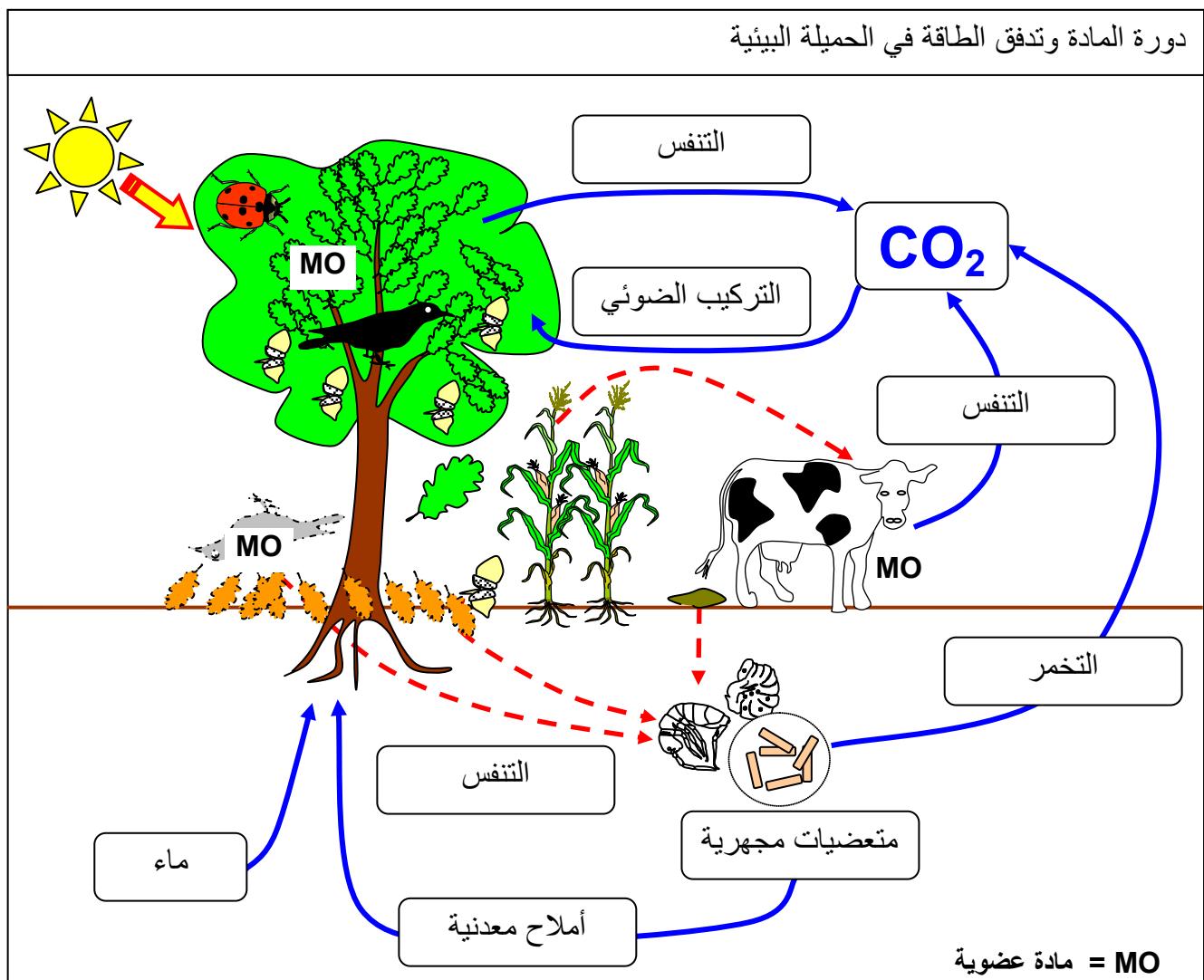
خلال الوستفالي بدأت التربسات قارية مصحوبة بتكون الفحم حيث استمرت هذه التربسات إلى نهاية الوستفالي.

تأثرت الرواسب الفحمية بالأطوار الأخيرة للدورة الانتهاضية الهرسينية، وبقيت عرضة للتحلل مع الهرسيني إلى حين توضع الرواسب الميزوزووية (II) وتتدفق البازلت لنفس الحقب في شكل تنازف زاو.

## إنتاج المادة العضوية و تدفق الطاقة

### مقدمة

تحتل النباتات الخضراء المستوى الأول داخل السلسل الغذائية، وتسمى كائنات منتجة لأنها قادرة على تركيب المادة العضوية انطلاقاً من المادة المعدنية (ماء، أملاح معدنية وثنائي أكسيد الكربون)، وباستعمال الطاقة الضوئية. تسمى هذه العملية بالتركيب الضوئي (*La photosynthèse*). فنقول أن النباتات ذاتية التغذية **autotrophe** عكس الحيوانات العاجزة عن تركيب مادتها العضوية انطلاقاً من مادة معدنية، والتي تعتمد في اقتنياتها على النباتات، إما بطريقة مباشرة (حيوانات عاشبة)، أو بطريقة غير مباشرة (حيوانات لاحمة) فنقول أنها غير ذاتية التغذية **Hétérotrophe**.

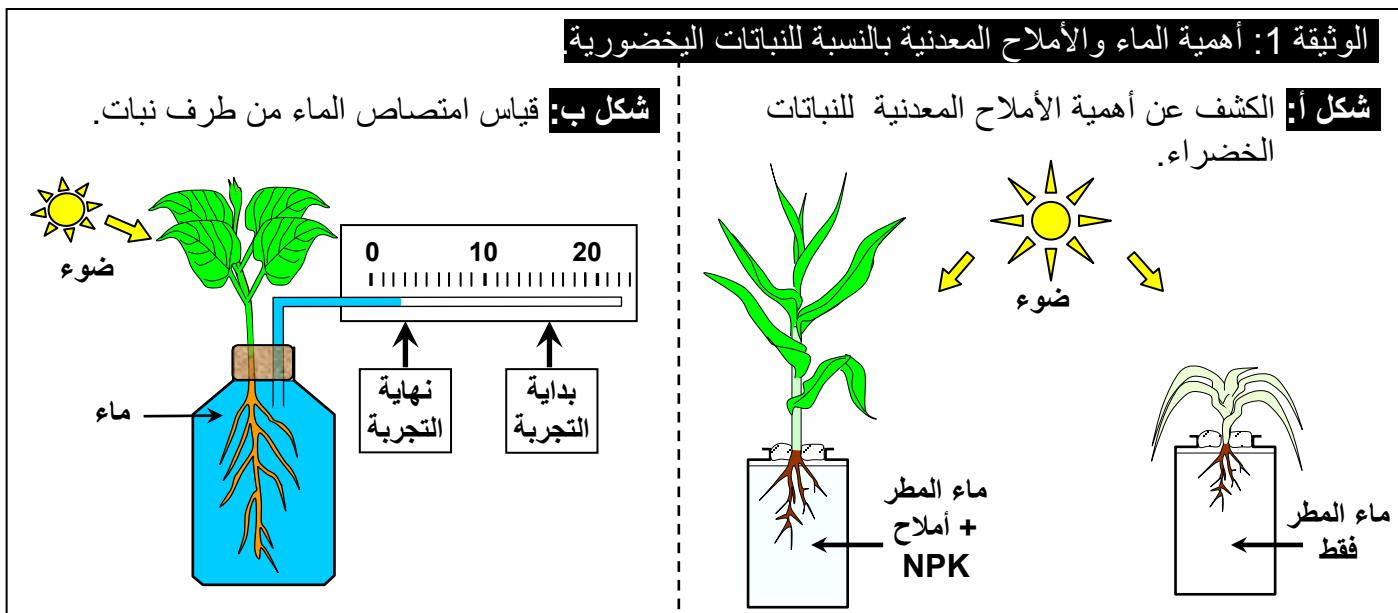


- (1) ما هي الآليات المسئولة عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية من طرف النباتات اليخضورية؟
- (2) كيف تركب النباتات اليخضورية مادتها العضوية؟

## الفصل الأول

# آليات امتصاص الماء والأملاح المعدنية عند النباتات الخضرورية

**مقدمة:** أنظر الوثيقة 1. انطلاقاً من معطيات هذه الوثيقة أبرز أهمية الماء والأملاح المعدنية بالنسبة للنباتات الخضراء.



تحتاج النباتات الخضرورية في نموها إلى الماء والأملاح المعدنية التي تأخذها من الوسط الذي تعيش فيه.

- فكيف تتمكن النباتات الخضرورية من امتصاص الماء والأملاح المعدنية؟
- وما هي البنيات الخلوية المسؤولة عن امتصاص هذه المواد؟

## I - الكشف عن تبادلات الماء عند النباتات الخضرورية.

### ① ملاحظات بالعين المجردة

أ - مناولة: أنظر الوثيقة 2

الوثيقة 2: الكشف عن تأثير نسبة تركيز محلول على قطع البطاطس.

- ➊ تقطيع سبع قطع من درنة البطاطس متقايسة الأبعاد ( طولها 5cm وقاعدتها مربعة ضلعها 1cm<sup>2</sup> ).
- ➋ تحضير سبعة أنابيب اختبار، الأول نضع فيه 12ml من الماء والأنابيب الأخرى من رقم 2 إلى رقم 7 نضع فيها بالتدريج 12ml من محليل السكروز مختلف التركيز كما هو مبين في الجدول أسفله.

رقم الأنابيب	تركيز السكروز ب M	طول القطع في البداية ب mm	طول القطع بعد ساعة ب mm	الفرق بين الطول البدائي والطول النهائي
7	6	5	4	3
1	0.5	0.4	0.3	0.2
50	50	50	50	50
47	47.8	48.1	48.9	51.8
-3	-2.2	-1.9	-1.1	1.8
				2.9
				3.8

- ➌ نضع في كل أنبوب قطعة من البطاطس مع التحقق من أنها مغمورة كليا.
- ➍ بعد مرور ساعة نقوم بقياس طول كل قطعة من قطع البطاطس ثم ندونها في الجدول أعلاه.

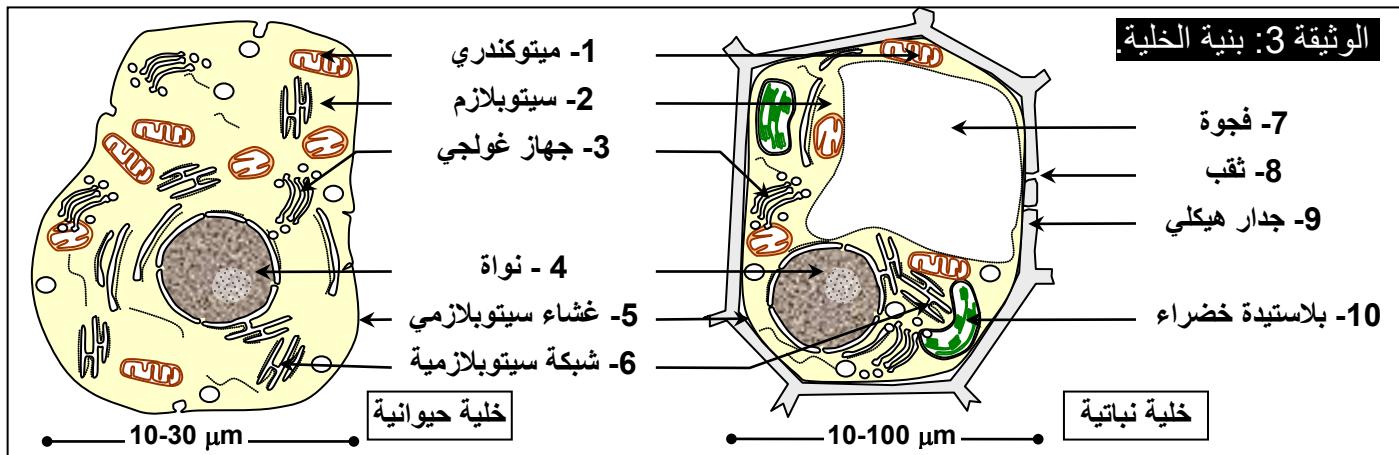
ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذه المناولة؟ وما هي الفرضية الممكن إعطائها لتفسير التغيرات الملاحظة؟

## ب - تحليل واستنتاج:

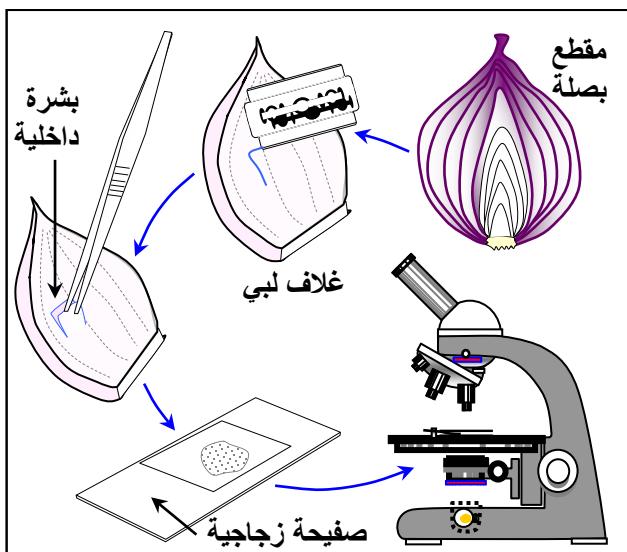
- نلاحظ أن طول قطع البطاطس يتناقص مع تزايد تركيز المحلول.
- نستنتج من هذه الملاحظة أن اختلاف نسبة تركيز المحلول يسبب تغيرات في طول قطع البطاطس.
- لتفسير التغيرات الملاحظة يمكن افتراض دخول بعض المواد إلى قطع البطاطس فيؤدي ذلك إلى الزيادة في طولها، أو خروج بعض المواد من قطع البطاطس فيؤدي ذلك إلى نقصان في طولها. وبما أن الأنوب 1 يحتوي على الماء فقط، فيمكن إرجاع الزيادة في طول القطع إلى دخول الماء.
- بما أن قطع البطاطس هي عبارة عن نسيج يتكون من خلايا، فتبادلات الماء تم إذن على مستوى هذه الخلايا.

## ② ملاحظات مجهرية

### أ - ذكر بنية الخلية: انظر الوثيقة 3



### ب - التحضير المجهي لبشرة البصل: انظر الوثيقة 4، مناولة 1.



### الوثيقة 4: التحضير المجهي لبشرة البصل.

- ★ مناولة 1:** يتشكل البصل من عدد من الأغلفة الليبية متراكمة بعضها على بعض ومحاطة ببرعم مركزي.
- ➊ نزع البشرة الداخلية للغلاف الليبي للبصل من جهةه الداخلية المقرعة بواسطة ملقط، ثم نقطعها إلى عدة قطع صغيرة.
  - ➋ نضع فوق صفيحة زجاجية قطرة ماء أو قطرة محلول بتركيز معين، نغمر كل قطعة صغيرة في القطرة مع الحرص على تمديد القطعة جيداً.
  - ➌ نغطي التحضير بصفحة زجاجية مع الحرص على طرد الفقاعات الهوائية وذلك بوضع الصفيحة بطريقة مائلة.
  - ➍ نضع التحضير فوق لوحة المجهر ونلاحظ بالتكبير الصعب ثم المتوسط، فالتكبير القوي.

- ★ مناولة 2:** نستعمل 5 محليل ذات تركيز مختلفة من السكروز: 0.0 mole/l، 0.1 mole/l، 0.5 mole/l، 0.6 mole/l، 0.7 mole/l، 0.9 mole/l. ثم نوزعها على زجاجات ساعتين.

- ➊ تحضير قطعاً من البشرة الداخلية لغلاف لحمي للبصل.
- ➋ نضع القطع في محليل السكروز مع إضافة 1ml من محلول أحمر المتعادل، ونتركها لمدة 15 دقيقة.
- ➌ نلاحظ بالمجهر الضوئي القطع بين صفيحة وصفحة داخل قطرة من نفس محلول الذي أخذت منه.

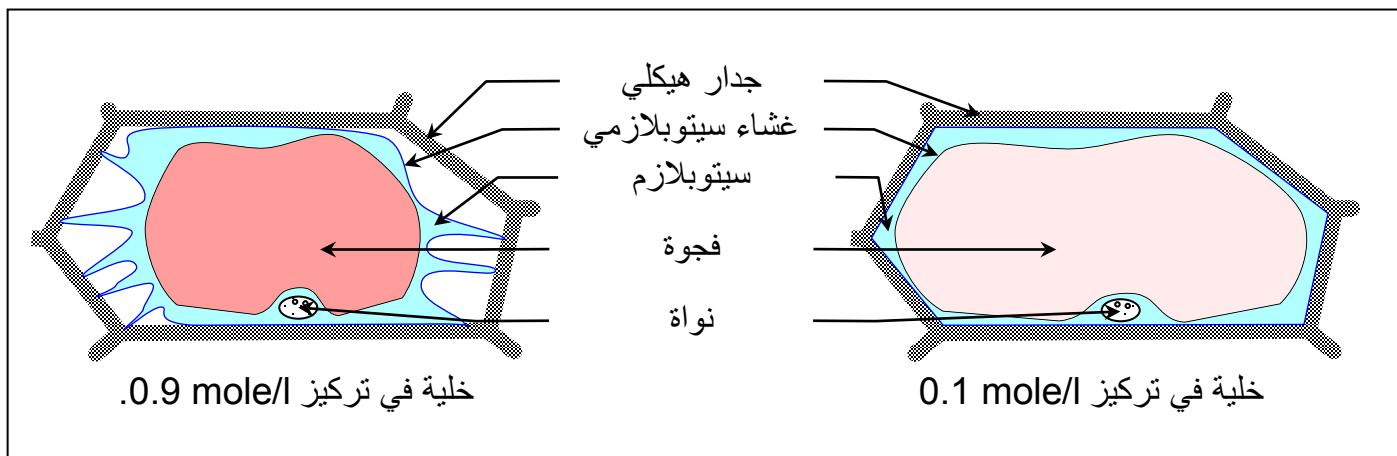
لاحظ بالمجهر الضوئي حالة الخلايا في مختلف التراكيز. وأجب عن الأسئلة التالية.

- (1) أرسم حالة الخلايا النباتية في التراكيزين التاليين: 0.1 mole/l، 0.5 mole/l.
- (2) أعط تفسيراً لحالة الخلايا في كل من التراكيزين السابقين.
- (3) على شكل جدول أعط حالة الخلايا في كل تركيز.

## ج - الملاحظة المجهرية: أنظر الوثيقة 4، مناولة 2.

تبين الملاحظة المجهرية وجود عناصر على شكل مستويات هي عبارة عن خلايا محاطة بإطار هو الجدار الهيكلي الذي يسمى كذلك الغشاء السيليلوزي Membrane squelettique ou cellulosique. (أنظر الوثيقة 5).

(1) أنظر الرسم.



(2) تبين الملاحظة المجهرية أن شكل الخلايا يتغير حسب تركيز الوسط:

⇨ في محلول السكرور ذي التركيز 0,1 mole/l : تحتوي الخلايا على فجوات ذات حجم كبير، تضغط على الغشاء السيتوبلازمي الذي يلتتص بالجدار السيليلوزي، فنقول أن الخلية ممتلة: إنها حالة الامتلاء Turgescence. ويمكن تفسير ازدياد حجم الفجوة (امتلاء الخلية) بدخول الماء إلى الخلية.

⇨ في محلول السكرور ذي التركيز 0,9 mole/l : تحتوي الخلايا على فجوات ذات حجم صغير، و تظهر عدة انقلاءات للغشاء السيتوبلازمي عن الجدار السيليلوزي، فنقول أن الخلية مبلزمة: إنها حالة البلزمه Plasmolyse. ويمكن تفسير نقصان حجم الفجوة (بلزمه الخلية) بخروج الماء إلى الوسط الخارجي.

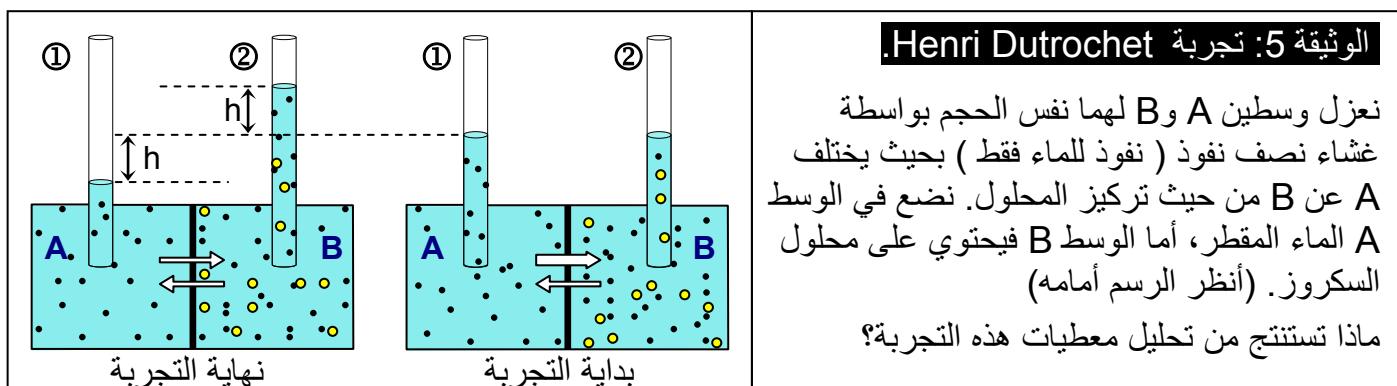
(3) حالة الخلايا في كل التراكيز:

تركيز السكرور	0,9	0,7	0,6	0,5	0,1	0
حالة الخلية	مبلزمة	مبلزمة	بداية البلزمه	ممتنلة	ممتنلة	ممتنلة

## II - نموذج فيزيائي لتفسير تبادلات الماء بين الخلية ومحيتها

### ① مفهوم التنافذ عند الخلايا النباتية

أ - تجربة Dutrochet: أنظر الوثيقة 5



## ب - تحليل واستنتاج:

★ نلاحظ أن مستوى الماء قد انخفض بالنسبة للوسط A وارتفع بالنسبة للوسط B. وتفسر هذه الملاحظة بتدفق الماء من الوسط A الأقل تركيزا (ناقص التوتر Hypotonique) إلى الوسط B الأكثر تركيزا (مفرط التوتر Hypertonique) وتسمي هذه الظاهرة بالأوسموز Osmose = التنافذ.

★ تفسر ظاهرة التنافذ تكون محلول الأكثر تركيزا يحدث ضغطا يسمى الضغط التناافي Pression Osmotique تتناسب قيمته مع تركيز محلوله وبتأثير درجة حرارة الوسط. وتتضمن هذه الظاهرة تنافذ جزيئات الماء وتجانس الوسطين وبالتالي تساوي التوتر بين الوسطين.

★ نستنتج مما سبق أن تغير حجم وشكل الفجوات الخلوية الملاحظ سابقا ناتج عن دخول أو خروج الماء عبر الغشاء السيتو بلازمي:

• **حالة الامتلاء:** توفر الفجوة على عصارة يكون تركيزها في هذه الحالة أكبر من تركيز الوسط الخارجي، إذن حسب قانون التنافذ فإن الماء سيتدفق إلى داخل الفجوة وبالتالي امتلاؤها.

• **حالة البزلمة:** في هذه الحالة يصبح الوسط الخارجي أكثر تركيزا من الفجوة، فيتدفق الماء من الفجوة إلى الوسط الخارجي، وبالتالي تقلص الفجوة.

## ② قياس ضغط التنافذ $\Pi$ أو $P$ La pression osmotique

يعتبر الضغط التناافي خاصية فيزيائية لأي محلول يحتوي على مواد مذابة. ويعبّر عن القوة الماصلة للماء بواسطة المواد المذابة وبالتالي فهو مرتبط أساسا بالتركيز المولى للمحلول (أي عدد مولات الجزيئات أو الأيونات المذابة في 1 لتر من محلول). ويعبّر عن الضغط التناافي باستعمال الصيغة التالية:

$$\Pi = R \cdot C \cdot T \cdot n$$

$\Pi$  أو  $P$  = الضغط التناافي ب atm.

$R$  = ثابتة الغازات = 0.082

$T$  = درجة الحرارة المطلقة  $^{\circ}K = t^{\circ}C + 273$ ,

$C$  = التركيز المولى للمادة المذابة في المحلول (Mol/l) = الكتلة المولية (mol/l) / التركيز (l)

$n$  = معامل التفكك (يساوي 2 بالنسبة لجزيئ NaCl التي تتفكك في الماء لتعطي  $Na^+$  و  $Cl^-$ )

**مثال:** نذيب 700 mg من الكليكوز  $C_6H_{12}O_6$  في 25ml من الماء في درجة حرارة  $20^{\circ}C$ .  
علماً أن  $M(O) = 16g/mole$  و  $M(H) = 1g/mole$  و  $M(C) = 12g/mole$ .

(1) أحسب التركيز المولى والتركيز الكتلي و C%.

(2) أحسب الضغط التناافي للمحلول.

## جواب:

★ التركيز المولى:  $C = n/v$  (mol/l) =  $C_m/M$

★ التركيز الكتلي:  $C_m = m/v$  (g/l)

★ التركيز بالنسبة المئوية:  $C\% = C_m/100$  هو الكتلة المذابة في 100ml من الماء.

(1) التركيز المولى:  $I = n/v = m/(M \cdot v) = 0,7 / (180 \cdot 0,025) = 0,15 \text{ mole/l}$

التركيز الكتلي:  $C_m = m/V = 0,7 / 0,025 = 28 \text{ g/l}$

التركيز بالنسبة المئوية:  $C\% = C_m/100 = 28/100 = 2,8\%$

(2) الضغط التناافي للمحلول هو  $\Pi$ :

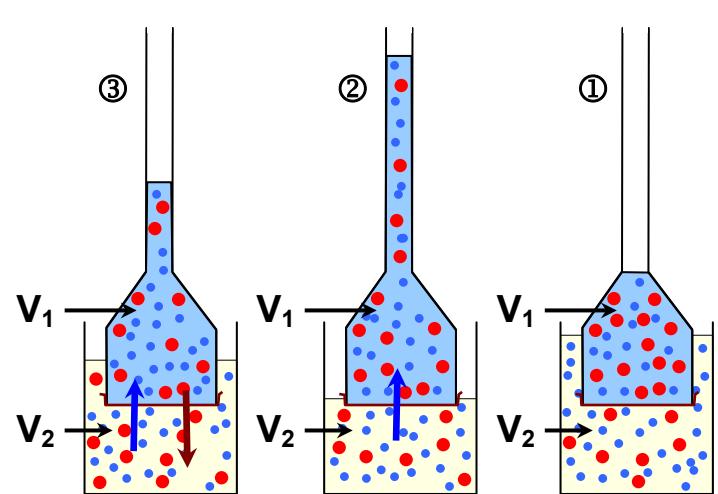
$$\Pi = n \cdot R \cdot T \cdot C = 1 \cdot 0,082 \cdot (20 + 273) \cdot 0,15 = 3,6039 \text{ atm}$$

### III - الكشف عن تبادلات المواد المذابة عند الخلايا النباتية

#### ① الكشف عن ظاهرة الانتشار La diffusion

أ - تجربة: أنظر الوثيقة 6

الوثيقة 6: تجربة مقياس التنافذ.



نستعمل مقياس التنافذ كما هو مبين في الأشكال أمامه. في بداية التجربة ① يحتوي الوسط  $V_1$  على ماء مقطر والوسط  $V_2$  على محلول السكرورز. يفصل بينهما غشاء نفوذ لجزيئات الماء والمادة المذابة. وتنتبع حالة التجربة بعد بضع دقائق (الحالة ②) وبعد بضع ساعات (الحالة ③).

اعتماداً على معلوماتك وعلى تحليل النتائج المحصل عليها، كيف يمكنك تفسير نتيجة الحالة ③؟

#### ب - تحليل واستنتاج:

- ★ بعد دقائق نلاحظ ارتفاع مستوى المحلول في الوسط  $V_1$  وانخفاض مستوى المحلول في الوسط  $V_2$ . وبعد ساعات ينخفض مستوى المحلول في الوسط  $V_1$  ويرتفع في الوسط  $V_2$ .
- ★ إن ارتفاع مستوى المحلول في الوسط  $V_1$  في الحالة ① هو ناتج عن تدفق الماء المقطر إلى محلول السكرورز المفرط التوتر وذلك تبعاً لقانون التنافذ.
- ★ إن انخفاض مستوى المحلول في الوسط  $V_1$  في الحالة ③ هو ناتج عن خروج السكرورز إلى الوسط  $V_2$  عبر الغشاء النفوذ وذلك من الوسط الأقل تركيز إلى الوسط الأقل تركيز، مما أدى إلى ارتفاع تركيز الماء المقطر وبالتالي خروج الماء من محلول السكرورز (الوسط  $V_1$ ) إلى الماء المقطر (الوسط  $V_2$ ). وتسمى ظاهرة تسرُّب الماء المذابة من الوسط الأقل تركيز إلى الوسط الأقل تركيز (حسب الدرجة التنازليَّة للتركيز) بظاهرة الانتشار الحر La diffusion libre.

#### ② النفاذية الموجة وظاهرة زوال البذمة

أ - معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 7

الوثيقة 7: الكشف عن النفاذية الموجة وظاهرة إزالة البذمة.

لفهم بعض آليات التبادلات الخلوية، أُنجزت التجارب التالية:

- ★ نضع خلايا نباتية في محليل لها نفس التركيز. ثم تتم ملاحظتها مجهرياً في فترات زمنية مختلفة. ويبيّن الجدول أسفله ظروف ونتائج هذه التجارب.

نتيجة الملاحظة بالمجهر الضوئي					الكتلة المولية	الظروف التجريبية
بعد مرور 30 دقيقة	بعد مرور 20 دقيقة	بعد مرور 10 دقيقة	بعد مرور 5 دقائق			
ممتلئة	ممتلئة	ممتلئة	مبازمة	58.5 g/l	كلورور الصوديوم	
ممتلئة	ممتلئة	مبازمة	مبازمة	97 g/l	أسيتات الأمونيوم	
مبازمة	مبازمة	مبازمة	مبازمة	342 g/l	السكرورز	

- (1) كيف تفسر حالة الخلايا في محلول كلورور الصوديوم بعد مرور 5 دقائق وبعد مرور 10 دقائق؟
- (2) كيف تفسر الاختلاف الملاحظ بين المحاليل الثلاثة؟
- (3) ماذا يمكن استنتاجه من هذه التجارب؟

★ نضع خلايا البشرة الداخلية للبصل الأبيض في محلول الأحمر المتعادل. تبين الملاحظة المجهرية أن فجوات الخلايا أخذت لوناً أحمراً بسرعة. وعندما نقلنا هذه الخلايا إلى الماء المقطر تبين أن الفجوات احتفظت بلونها الأحمر وأن الماء المقطر لم يتغير لونه.

(4) ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذه التجربة؟

## ب - تحليل واستنتاج:

(1) بعد مرور 5 دقائق تظهر الخلايا مبلزمة لأن الوسط الخارجي يكون أكثر تركيزاً من الوسط الداخلي، الشيء الذي يؤدي إلى خروج الماء من الخلية وبالتالي حدوث ظاهرة المبلزنة.

(2) نلاحظ أن الخلايا تصبح ممتلئة بعد 10 دقائق في محلول كلورور الصوديوم، وبعد 20 دقيقة في محلول أسيتات الأمونيوم، نتكلم عن ظاهرة إزالة المبلزنة والتي لا تظهر في حالة محلول السكرورز. تفترض ظاهرة زوال المبلزنة بأن المواد المذابة تنتشر داخل الخلية حتى يتساوى التركيز بين الوسط الداخلي والوسط الخارجي. وتختلف سرعة انتشار المواد باختلاف الكثافة المولوية. في حالة السكرورز لا يتم زوال المبلزنة خلال مراحل التجربة، لكون هذا الأخير لم ينتشر داخل الخلية. ويرجع ذلك إلى كثافته المولوية الكبيرة.

(3) تستنتج من المعطيات السابقة أن سرعة انتشار المواد المذابة بين الخلية والوسط الخارجي تختلف حسب الكثافة المولوية لهذه المواد. وتسمى النفاذية التي تختلف حسب نوعية المواد بالنفاذية التفاضلية أو النفاذية الاختيارية  
 $\text{La perméabilité sélective} = \text{La perméabilité différentielle}$

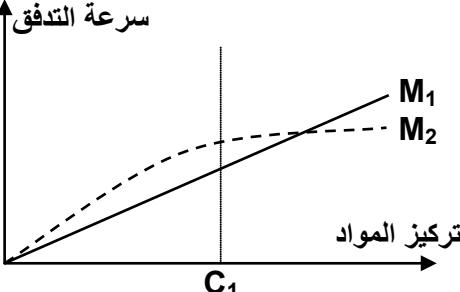
(4) إن تلون فجوات الخلايا بالأحمر يعني دخول الأحمر المتعادل إلى داخل الخلية. واحتفاظ الخلية بلونها الأحمر في الماء المقطر يعني عدم خروج الأحمر المتعادل من الخلية إلى الوسط الخارجي. تستنتج من هذه المعطيات أن أحمر المتعادل يتدفق داخل الخلية ولا يتتدفق نحو الوسط الخارجي فنتكلم عن النفاذية الموجهة .  $\text{La perméabilité orienté}$

## ج - خلاصة:

النفاذية الموجهة والاختيارية تدل على أنه لا يمكن اعتبار انتشار المواد المذابة بين الخلايا ووسطها مجرد ظاهرة فيزيائية تتمثل في الانتشار الحر، بل هناك آليات أخرى تتدخل في تبادل المواد المذابة عند الخلايا.

## ③ الكشف عن النفاذية الموجهة والنقل النشيط

### أ - معطيات تجريبية: انظر الوثيقة 8

الوثيقة 8: النفاذية الموجهة والنقل النشيط		
لتفسير آلية تدفق بعض المواد عبر الغشاء السيتو بلازمي. نقترح التجارب التالية:		
تركيز المواد	تركيز الماء	تركيز الماء
	$C_1$	$M_1$
تركيز في الفجوة ب / g	تركيز في الماء g / l	الإيون
2.1	10.9	$\text{Na}^+$
20.1	0.5	$\text{K}^+$
21.2	19.6	$\text{Cl}^-$

★ التجربة 1: نضع كريات حمراء في وسط يحتوي على مادتين لهما نفس الكثافة، موسومتين بنظائر مشعة ( $\text{M}_1^*$  و  $\text{M}_2^*$ ) ونقوم بقياس الإشعاع داخل الكريات الحمراء لكل مادة وفي تركيز متزايدة من كل مادة. وبين المنهجى جانبه النتائج المحصل عليها.

★ التجربة 2: نقوم بمقارنة تركيز بعض الأيونات بين ماء البحر وفجوة طحلب بحري يسمى Valonia. ويتبيّن باستعمال النظائر المشعة لهذه الأيونات أن هناك تبادلاً مستمراً لهذه الأيونات بين الخلية والوسط الخارجي رغم بقاء التركيز مستقرة. إذا تعرضت هذه الطحالب لسموم تكبح التنفس، يحدث توازن في تركيز هذه الأيونات بين الوسط الداخلي والخارجي. وبين الجدول أمامه النتائج المحصل عليها.

ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات التجريبية؟

## ب - تحليل واستنتاج:

⇨ تحليل:

❖ في التجربة 1

- المنحنى 1: نلاحظ أنه كلما ارتفع تركيز المادة  $M_1^*$  في الوسط الخارجي ترتفع سرعة تدفتها إلى داخل الخلية.

- المنحنى 2: حتى تركيز معين ( $C_1$ ) نلاحظ أنه كلما ارتفع تركيز المادة  $M_2^*$  في الوسط الخارجي ترتفع سرعة تدفتها إلى داخل الخلية. بعد هذا التركيز تبقى سرعة التدفق مستقرة في قيمة قصوى رغم ارتفاع التركيز الخارجي.

❖ في التجربة 2: نلاحظ أن هناك اختلاف في التراكيز، فالوسط الداخلي للخلية غني بـ  $K^+$  (20,1 g.L<sup>-1</sup>) و فقير من  $Na^+$  (2,1g.L<sup>-1</sup>) عكس الوسط الخارجي (10,9g.L<sup>-1</sup> من  $Na^+$  و 0,5 g.L<sup>-1</sup> من  $K^+$ ). أما بالنسبة لأيون  $Cl^-$  نلاحظ أنه هناك فرق جد طفيف بين التركيز الداخلي للخلية والتركيز الخارجي.

⇨ تفسير واستنتاج:

❖ في التجربة 1

- المنحنى 1: ترتفع سرعة التدفق كلما ارتفع التركيز الخارجي وتنتقل المادة  $M_1^*$  من الوسط الأكثر تركيزا نحو الوسط الأقل تركيزا، إنها ظاهرة الانتشار الحر.

- المنحنى 2: تدفق المادة  $M_2^*$  في الجزء الأول من المنحنى أكبر من تدفق المادة  $M_1^*$ ، يمكن تفسير هذا الفارق بتدخل بروتينات غشائية تسهل عملية نقل  $M_2^*$ . و يفسر استقرار سرعة التدفق بعد التركيز  $C_1$  رغم استمرار ارتفاع التركيز بتدخل جميع البروتينات الناقلة لـ  $M_2^*$  (تشبع البروتينات الناقلة). يسمى هذا النوع من النقل حسب الدرجة التنازلية للتركيز بالانتشار المسهل *Le transport facilité*.

❖ في التجربة 2: إن الاختلاف الملاحظ في التراكيز لا يمكن تفسيره بظاهرة الانتشار الحر، لأن التوازن الكيميائي غير متحقق. وبما أنه عند كبح التنفس أي إنتاج الطاقة من طرف الخلية تتواءن التراكيز، نستنتج أن الخلية تعمل على نقل أيونات  $Na^+$  و  $K^+$  عكس الدرجة التنازلية للتركيز وذلك باستعمال الطاقة. تسمى هذه العملية بالنقل النشط (transport actif) وتتدخل فيه بروتينات غشائية تسمى مضخات بروتينية.

## ③ خلاصة:

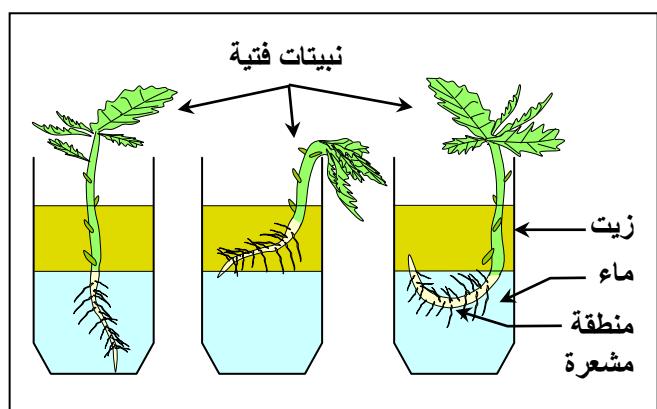
تخصيص تبادلات المواد المذابة عند الخلايا النباتية ل:

- ✓ ظواهر فيزيائية: كالانتشار الحر أي مرور الجزيئات المذابة من الوسط الأكثر تركيزا إلى الوسط الأقل تركيزا (حسب الدرجة التنازلية للتركيز).
- ✓ ظواهر بيولوجية: مرتبطة بحياة الخلية والتي تمكن من تسهيل انتشار بعض المواد المذابة من الوسط الأكثر تركيزا إلى الوسط الأقل تركيزا. وهي حالة الانتشار المسهل. أو من انتشارها عكس الدرجة التنازلية للتركيز وهي حالة النقل النشط.
- ✓ كل هذه التبادلات تتم عبر الأغشية الخلوية. مما هي إذن البنيات المتدخلة في التبادلات الخلوية؟

## IV - آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية

### ① البنيات المسؤولة عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية

أ - الكشف عن دور زغب الامتصاص: أنظر الوثيقة 9



الوثيقة 9: الكشف عن دور زغب الامتصاص.

يشكل زغب الامتصاص Poils absorbants منطقة مشعرة في طرف الجذر. وهي أولى البنيات التي تظهر عند نبتة فتية بعد إنبات البذرة. يتراوح طول كل زغبة بين 0.7 mm و 1 mm، وقطرها بين 12 و 15 μm.

نهيئ ثلاثة كؤوس في كل منها كمية من الماء تعلوها طبقة من الزيت. نضع في كل كأس نبتة فتية ذات جذور كما هو مبين في الشكل أمامك.

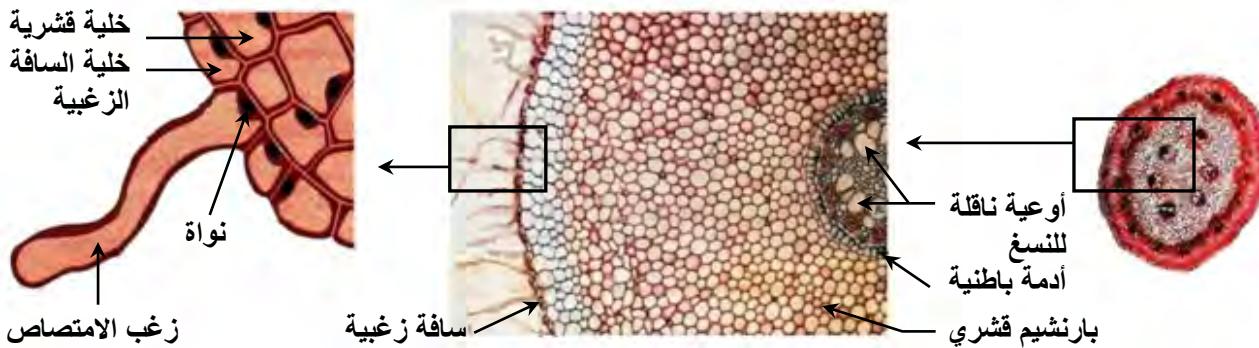
ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذه التجربة؟

عندما يكون زغب الامتصاص داخل الماء تنمو النبتة، وعندما يكون زغب الامتصاص خارج الماء تذبل النبتة. يتبيّن من هذه المعطيات أن النباتات تمتّص الماء والأملاح المعدنية على مستوى زغب الامتصاص.

## ب - بنية زغب الامتصاص: انظر الوثيقة 10

### الوثيقة 10: بنية زغب الامتصاص.

تعطي الوثيقة التالية ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي في جذر نبات (الشكل أ) على مستوى المنطقة المشعرة Zone Pilifère (المنطقة المكسوّة بزغب الامتصاص). مع رسم تخطيطي تفسيري لهذه الملاحظة (الشكل ب). من خلال تحليّك لمعطيات هذه الوثيقة استخرج الخاصيّة الأساسيّة التي تميّز زغب الامتصاص.



شكل ب: رسم تفسيري للمقطع العرضي

شكل أ: مقطع عرضي مجهرى على مستوى جذر نبتة

يبين المقطع العرضي للجذر على مستوى المنطقة المشعرة أن زغب الامتصاص هو عبارة عن امتداد لخلايا السافة الزغبية (Assise pilifère)، وهي خلايا مختصّة ومكيفة مع وظيفة الامتصاص، نظراً لتوفرها على امتداد سيتوبلازمي يبرفع مساحة اتصالها بالترابة. فكيف إذن يتم امتصاص الماء والأملاح المعدنية على مستوى زغب الامتصاص؟

## ② آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية انظر الوثيقة 11

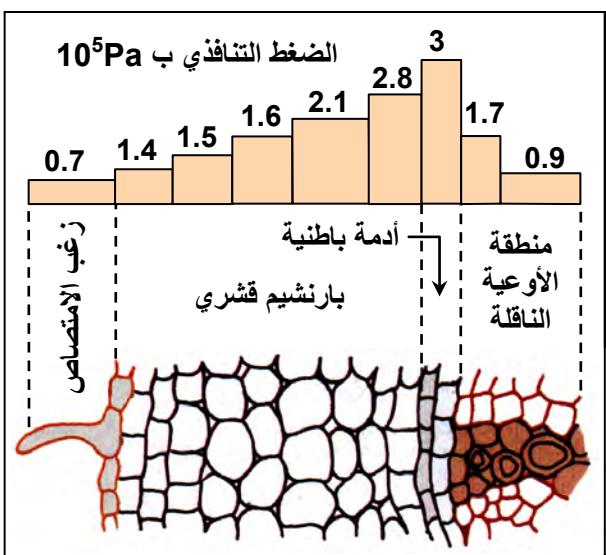
### الوثيقة 11: آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية.

تضم فجوة زغب الامتصاص عصاره مفرطة التوتر بالنسبة للوسط الخارجي الممثل في ماء التربة. ويبيّن الشكل جانبه نتائج قياس الضغط التنافدي في مختلف الخلايا المكونة للجذر على مستوى المنطقة المشعرة.

(1) كيف يتغيّر الضغط التنافدي حينما ينتقل من زغب الامتصاص نحو منطقة الأوّعية الناقلة؟

(2) كيف تفسّر ذلك؟

(3) اعتماداً على معطيات الوثيقة وعلى معلوماتك، حدد الآليّات المسؤولّة عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية.

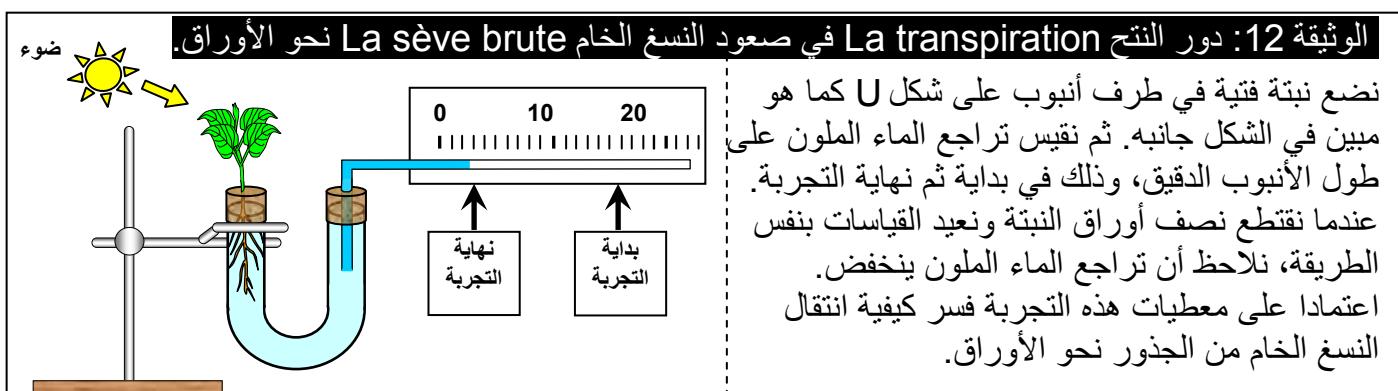


(1) بصفة عامة حينما ينتقل من زغب الامتصاص نحو منطقة الأوّعية الناقلة، يرتفع الضغط التنافدي في الخلايا.

(2) تحافظ الخلايا بداخلها على ضغط تنافدي مرتفع، لأنّها تحافظ على تركيز مرتفع للمواد المذابة بداخلها.

(3) من خلال قيمة الضغط التنافدي يتبيّن أن تركيز الأيونات مرتفع داخل الجذر، إذن امتصاص الأملاح المعدنية سيُتم عكس المجرى الطبيعي لظاهرة الانتشار. لذا فخلايا الجذور تمتّص الأيونات المعدنية بفعل ظاهرة النقل النشيف. أما الماء فإنه سيتدفق عن طريق ظاهرة الأسموز (الانتشار الحر) إلى حدود الأدمة الباطنية. ومن الأدمة الباطنية إلى منطقة الأوّعية الناقلة سيتم امتصاصه عن طريق ظاهرة النقل النشيف.

### ③ دور النتح في صعود النسغ الخام نحو الأوراق (transpiration, sève) أنظر الوثيقة 12



التح هو ظاهرة تبخر الماء على مستوى الأوراق وتعويضه بالماء الممتص على مستوى الجذور. إذن يعتبر التتح هو المحرك الأساسي لصعود النسغ الخام عبر الأوعية النافلة. بعد امتصاص الماء والأملاح المعدنية يتشكل النسغ الخام الذي يصل إلى منطقة الأوعية النافلة في الجذور. وتؤدي ظاهرة التتح التي تتم على مستوى الأوراق إلى تبخر الماء وجلب النسغ الخام نحو الأوراق مروراً بالساقي والأغصان.

## V - البنيات الخلوية المتدخلة في امتصاص الماء والأملاح المعدنية

يعبر الماء والمواد المذابة الأغشية الخلوية النباتية قبل ولوج الخلية حيث تلعب هذه الأغشية دوراً أساسياً في تنظيم التبادلات بين الخلية والوسط الخارجي. فما هي بنية هذه الأغشية؟ وما تركيبها؟

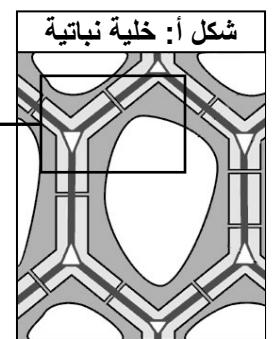
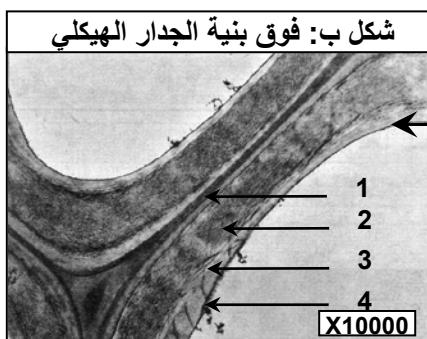
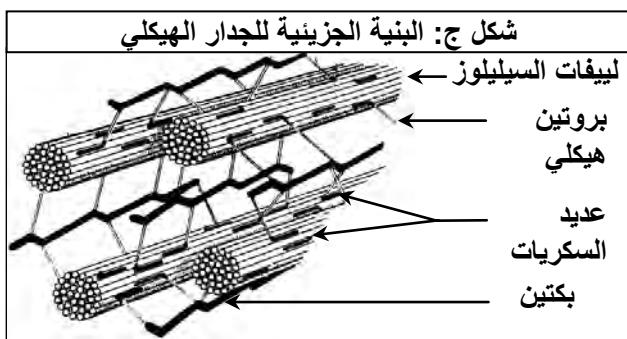
### ① تعرف بنية الجدار الهيكلي والغشاء السيتوبلازمي

أ - **بنية الجدار الهيكلي:** أنظر الوثيقة 13

#### الوثيقة 13: بنية فوق بنية الجدار الهيكلي: La paroi squelettique

خلافاً للخلايا الحيوانية تتميز الخلايا النباتية بوجود جدار هيكلي سميك وصلب يحيط بها. تعطي أشكال الوثيقة أهم الخصائص البنوية للجدار الهيكلي.

صف بنية الجدار الهيكلي وحدد الدور الذي يلعبه في استقرار شكل الخلية وفي التبادلات.



★ تبين الملاحظة المجهرية للجدار الهيكلي أنه يتتشكل من طبقتين من السيليلوز تتوسطها صفيحة متوسطة مكونة من البكتين وهي مركبات سكرية.

★ يشكل البكتين سمنت بيلولوي، أما السيليلوز فيتكون من ألياف تضم عدة جزيئات من الكليكوز تجتمع فيما بينها لتشكل ليف سيليلوزي لذلك ينعت الجدار الهيكلي بالغشاء البكتوسيليلوزي Membrane pectocellulosique.

★ تتخلل الجدار الهيكلي ثقوب تسمى بلاسموديسمات Plasmodesme تصل بين سيتوبلازمات الخلايا المجاورة والتي تسمح بانتقال الماء والأملاح المعدنية.

**الوثيقة 14: بنية وفوق بنية الغشاء السيتوبلازمي | La Membrane cytoplasmique**

★ يعطي الشكل أ من الوثيقة ملاحظة جزئية بالمجهر الإلكتروني للغشاء السيتوبلازمي بتكبير جد قوي (X 300000). Tetroxyde d'osmium وباستعمال مثبت.

★ يعطي الشكل ب نموذج لبنية الغشاء السيتوبلازمي حسب تصور Danielli و Davson .

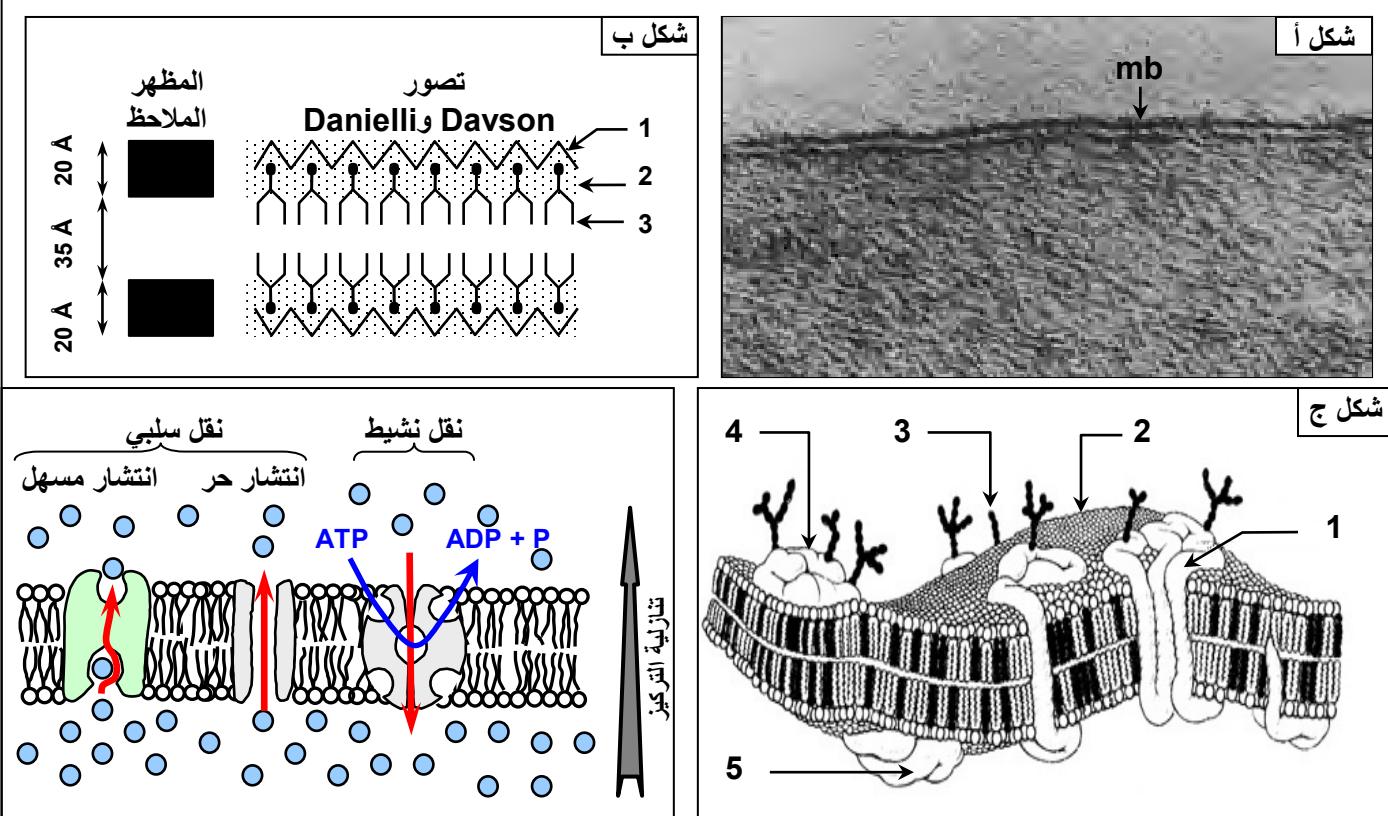
★ يعطي الشكل ج نموذج لبنية الغشاء السيتوبلازمي حسب تصور Nicolson و Singer .

★ يعطي الشكل د نموذج تفسيري لآلية التبادل في مستوى الغشاء السيتوبلازمي.

(1) ماذا تستخلص من ملاحظة الشكل أ من الوثيقة؟

(2) بعد إعطاء التسميات المقابلة للعناصر المرئية في الشكل أ وج، قارن بين نموذج Danielli و Davson و نموذج Nicolson و Singer محدداً المميزات التي يجعل من نموذج الفسيفساء السائلة بنية ملائمة للتبادلات الخلوية.

(3) اعتماداً على الشكل د من الوثيقة بين كيف يسمح الغشاء السيتوبلازمي بعبور الماء والأملاح المعدنية؟



(1) تظهر الملاحظة بالمجهر الإلكتروني أن الغشاء السيتوبلازمي يتكون من طبقتين داكنتين مفصولتين بطبقة فاتحة.

(2) الأسماء المناسبة لأرقام الشكل ب من الوثيقة:

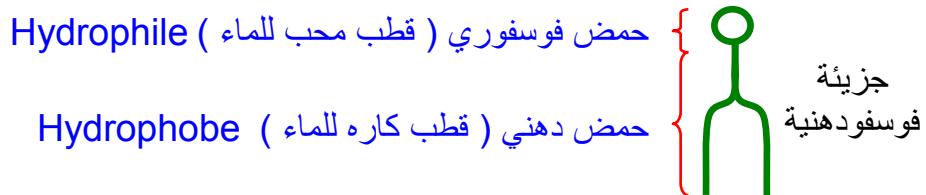
1 = بروتينات ليفية، 2 = جزيئات تيتروكسيد الأسميوم، 3 = فوسفودهنيات

الأسماء المناسبة لأرقام الشكل ج من الوثيقة:

1 = بروتين مدمج، 2 = فوسفودهنيات، 3 = كليكودهنيات،

5 = بروتين سطحي، 4 = كليكوبروتينات،

تستعمل مادة رابع أكسيد الأسميوم كمثبت للتحضيرات المجهر الإلكتروني، وتتراكم حسب قابلية البنيات الخلوية لهذه المادة. وبما أن أكسيد الأسميوم يثبت على الجزيئات الدهنية فإن كل طبقة داكنة تتكون أساساً من جزيئات دهنية. وهي جزيئات الفوسفودهنيات.



★ نموذج James Danielli و Hugh Davson (1935):

إن هذا النموذج يتوافق مع الملاحظة المجهرية، إلا أنه لا يتوافق وخصائص الغشاء السيتوبلازمي إذ أن الماء لا يمكنه عبور الطبقتين الذهنيتين الكارهة للماء.

★ نموذج Singer و Nicolson (1972):

يرى هذان العالمان أن جزيئات الغشاء ليست ثابتة في وضع قار بل تتحرك بالنسبة لبعضها البعض على شكل فسيفساء سائلة **Mosaïque fluide**. حيث تنتظم الفوسفودهنيات على شكل طبقتين تندمج بداخلها أغلب البروتينات الغشائية. وتنتمي هذه البنية بالمروءة، مما يسمح للجزيئات بالتحرك بعضها بالنسبة لبعض. هذا التصور يفسر مختلف الخصائص البنوية والوظيفية للغشاء السيتوبلازمي.

(3) يتكون الغشاء السيتوبلازمي من مجموعة من الجزيئات النشطة والقادرة على إنجاز تبادلات المواد على مستوى الخلية:

★ تكون بعض البروتينات قنوات مائية مؤقتة تسمح بمرور الماء والأملاح الذائبة فيه تبعاً لدرجة التركيز، نتكلم عن الانشار الحر.

★ ترتبط بعض البروتينات الناقلة ببعض الجزيئات وتعبر بها الغشاء تبعاً لدرجة التركيز، نتكلم عن الانشار المسهل.

★ تتدخل بعض البروتينات المدمجة كمضخات تحمل الجزيئات في اتجاه معاكس لدرجة التركيز مع استهلاك الطاقة على شكل ATP.

## الفصل الثاني

# التبادلات الغازية الخضورية وإنتاج المادة العضوية

### مقدمة:

النباتات الخضورية كائنات حية ذاتية التغذية، أي أنها قادرة على تركيب مادتها العضوية انطلاقاً من مواد معdenية (ماء،  $\text{CO}_2$ ). يستلزم تركيب هذه المواد العضوية الضوء لذلك نتكلم عن التركيب الضوئي La photosynthèse يصاحب التركيب الضوئي تبادلات غازية خضورية مع المحيط الخارجي.

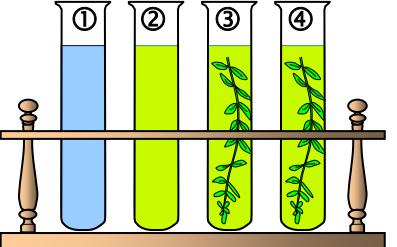
- فكيف يتم تركيب المواد العضوية من صرف النباتات الخضورية؟
- وما هي البنيات الخلوية المتدخلة في هذه العملية؟

## I - الكشف عن التبادلات الغازية عند النباتات الخضورية

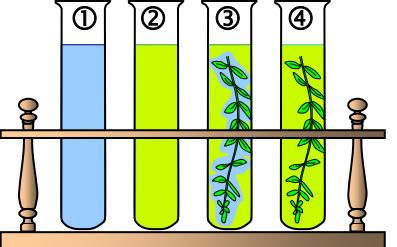
### ① الكشف عن امتصاص $\text{CO}_2$

أ - مناولة: أنظر الوثيقة 1

بداية التجربة



نهاية التجربة



الوثيقة 1: الكشف عن امتصاص  $\text{CO}_2$  من طرف نبات يخضوري.

للكشف عن امتصاص  $\text{CO}_2$  عند النباتات الخضورية (مثال عند نبات مائي: نبات عيلودة Elodée) نقوم بالتجارب المبينة جانبـه.

نستعمل كاشف أزرق البروموتيمول الذي يتغير لونه حسب تركيز  $\text{CO}_2$  المذاب في محلولـ. يكون أزرق في وسط قليل  $\text{CO}_2$  وأخضر مائلاً إلى الصفرة في وسط غني بـ  $\text{CO}_2$ .

نحضر 4 أنابيب اختبار بنفس حجم أزرق البروموتيمول المخفـف، حيث نضيف إلى الأنابيب ① ماء الصنبور فقط، ونغنـي الأنابيب الباقـية بـ  $\text{CO}_2$ . نضع في الأنابيب ③ غصن عيلودة ونعرضـه للضـوء. ونضع في الأنابيب ④ غصن عيلودة ونضعـه في الظـلام.

النتائج: الأنابيب ① يبقى لونـ محلولـ أزرـقـ. الأنابيب ② يحافظـ محلـولـ على لونـ أخـضرـ مصـفـرـ. الأنابـب ③ يـظهـرـ اللـونـ الأـزرـقـ حولـ غـصـنـ عـيلـودـةـ. الأنابـب ④ يـحافظـ محلـولـ علىـ لـونـ أـخـضرـ مصـفـرـ.

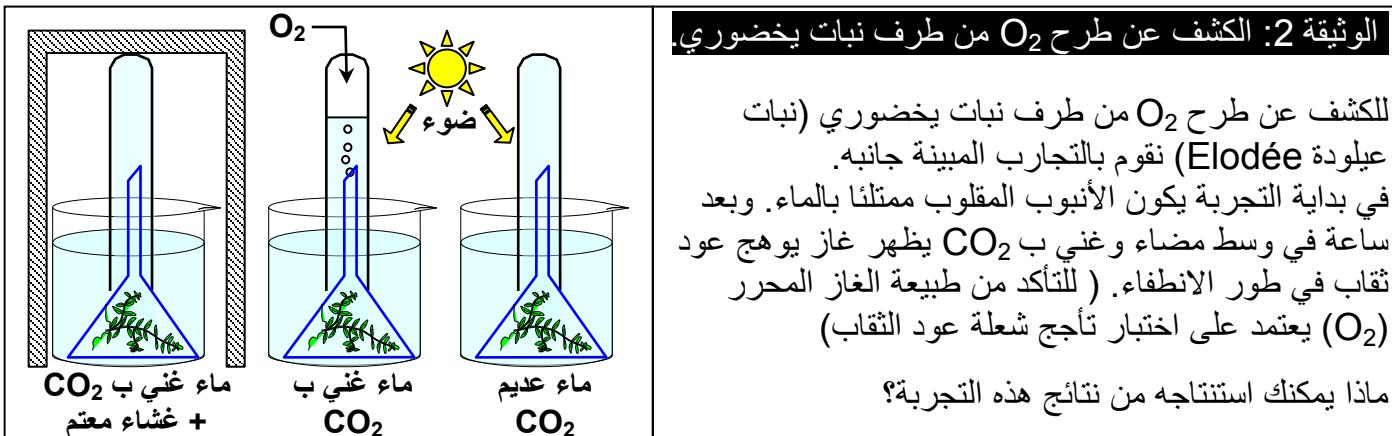
قارـنـ بينـ النـتـائـجـ المـحـصـلـةـ فيـ الأنـابـيـبـ ③ـ وـ ④ـ وـ اقتـرحـ تقـسيـراـ لـذـكـ.

### ب - تحليل واستنتاج:

في بداية التجربة يكون الأنابيب ① أزرق لغياب  $\text{CO}_2$ ، والأنابيب ② و ③ و ④ خضراء مصفـرة لاغتنـاءـ الوـسـطـ بـ  $\text{CO}_2$ . في نهاية التجربة لا يتغيرـ لـونـ الأنـابـيـبـ ①ـ وـ ②ـ لـعدـمـ تـغـيـرـ ظـرـوفـ الـوـسـطـ. ويـتـغـيـرـ لـونـ الأنـابـبـ ③ـ منـ الأخـضرـ المصـفـرـ إلىـ الأـزرـقـ، الشـيءـ الذـيـ يـدـلـ عـلـىـ اـفـقـارـ الـوـسـطـ  $\text{CO}_2$ ، ويفـسـرـ بـامـتصـاصـهـ مـنـ طـرـفـ النـبـتـةـ. أماـ الـوـسـطـ ④ـ فـلاـ يـتـغـيـرـ تـلوـينـهـ ويفـسـرـ ذـلـكـ بـعـدـ بـعـدـ اـمـتصـاصـ  $\text{CO}_2$ ـ مـنـ طـرـفـ النـبـتـةـ. نـسـتـنـتـجـ مـنـ هـذـاـ أـنـ النـبـاتـ الخـضـورـيـةـ فـيـ الضـوءـ تـمـتـصـ ثـنـائـيـ أـكـسـيدـ الـكـرـبـونـ ( $\text{CO}_2$ )ـ.

### ② الكشف عن طرح $\text{O}_2$

أ - مناولة: أنظر الوثيقة 2



### ب - تحليل واستنتاج:

نلاحظ أن النبتة في الإضاءة وبوجود  $CO_2$  تطرح غازا يؤدي إلى تأجج عود الثقب، فطبيعة هذا الغاز إذن هو الأكسجين  $O_2$ . نستنتج من هذا أن الضوء و $CO_2$  ضروريان لطرح  $O_2$  من طرف النباتات الخضراء.

### ③ خلاصة:

بوجود الضوء وتوفير  $CO_2$  واليخصوص تقوم النباتات بتبدلاتها الغازية تتمثل في طرح  $O_2$  وامتصاص  $CO_2$ ، تسمى الظاهرة المسؤولة عن هذه التبدلاته الغازية اليخصوصية بالتركيب الضوئي. أما في الظلام فتقوم النباتات اليخصوصية بظاهرة التنفس حيث تستهلك  $O_2$  وتطرح  $CO_2$ .  
ملحوظة: بوجود الضوء تقوم النباتات بالظاهرتين معا التنفس والتركيب الضوئي، إلا أن ظاهرة التركيب الضوئي هي التي تسود.

## II - العوامل التي تؤثر على شدة التبدلاته الغازية اليخصوصية

تتأثر التبدلاته الغازية اليخصوصية بعوامل داخلية متعلقة بالنبتة نفسها، وبعوامل خارجية مرتبطة بالوسط الذي تعيش فيه. ومن أهم هذه العوامل الخارجية نجد: نسبة  $CO_2$  وشدة الإضاءة ودرجة الحرارة.

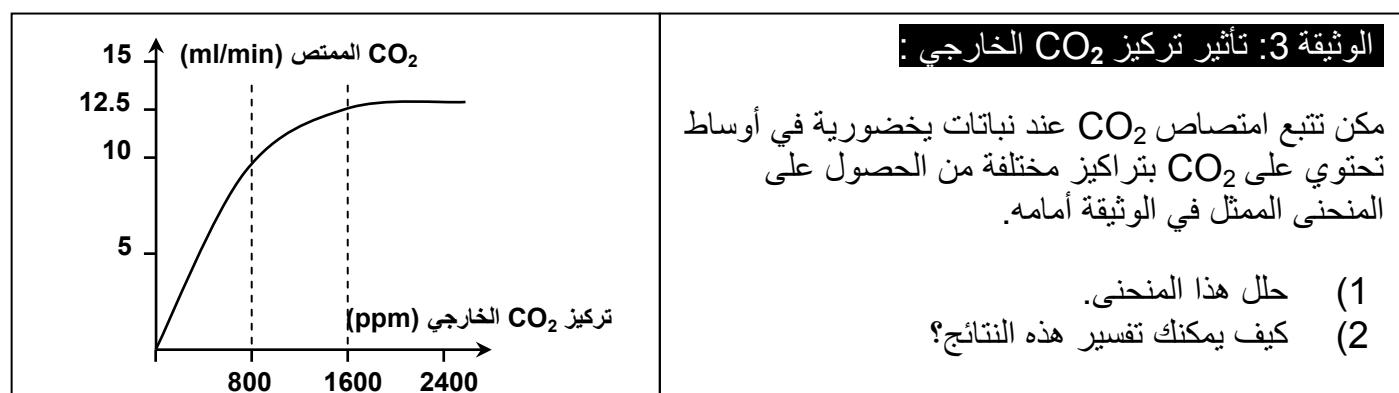
### ① تعريف شدة التبدلاته الغازية اليخصوصية

تقاس شدة التبدلاته الغازية اليخصوصية بحجم الأكسجين المطروح أو ثانوي أكسيد الكربون الممتص خلال وحدة زمنية معينة (دقيقة) وحسب وحدة وزن النبات (كيلوغرام) أو المساحة الورقية ( $m^2$ ).

نعبر عن شدة التبدلاته ب  $IP$ :  $IP = P(O_2 \text{ ou } CO_2) / \text{min} / \text{kg} \text{ (ou } m^2\text{)}$

ملحوظة: يمكن معainنة حجم الأكسجين المطروح بعد عدد الفقاعات المطروحة، لكن هذا الحجم لا يمثل الحجم الحقيقي للأكسجين المطروح، لهذا يجب الأخذ بعين الاعتبار حجم  $O_2$  المستهلك أثناء عملية التنفس.

### ② تأثير تركيز $CO_2$ : انظر الوثيقة 3



(1) تحليل المنحنى: يمكن أن نقسم المنحنى إلى ثلاثة مجالات:

★ في التراكيز المنخفضة لـ  $\text{CO}_2$  الخارجي (أقل من 800 ppm)، نلاحظ أن كمية  $\text{CO}_2$  الممتص من طرف النبتة ترتفع بشكل كبير مع ارتفاع  $\text{CO}_2$  الخارجي.

★ في التراكيز المتوسطة لـ  $\text{CO}_2$  الخارجي (بين 800 و 1600 ppm) نلاحظ أن كمية  $\text{CO}_2$  الممتص من طرف النبتة ترتفع بشكل طفيف مع ارتفاع تركيز  $\text{CO}_2$  الخارجي.

★ في التراكيز المرتفعة لـ  $\text{CO}_2$  الخارجي (أكبر من 1600 ppm) نلاحظ استقرار في كمية  $\text{CO}_2$  الممتص من طرف النبتة رغم استمرار ارتفاع تركيز  $\text{CO}_2$  في الوسط الخارجي.

(2) تأويل النتائج:

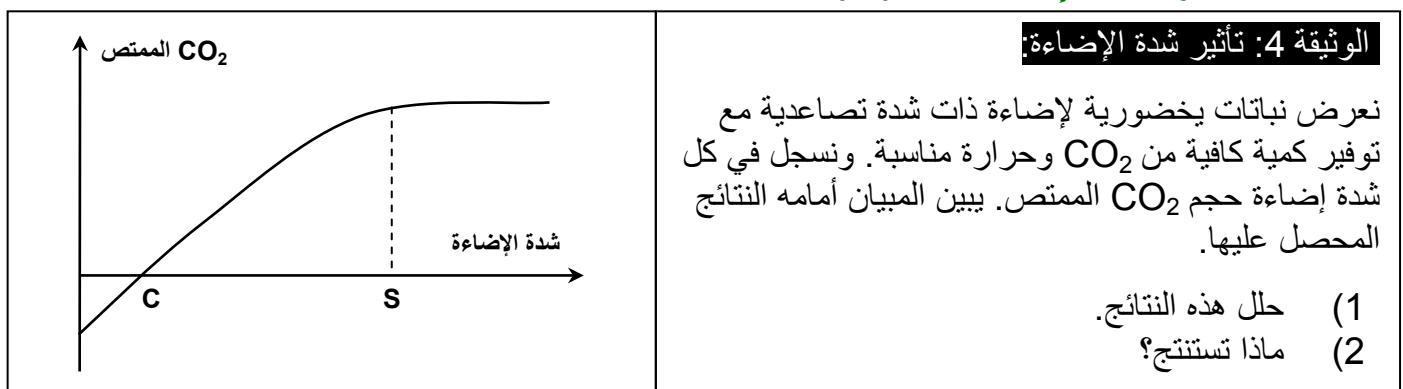
★ عندما يكون تركيز  $\text{CO}_2$  دون 1600 ppm، فإن قدرة النبتة على امتصاص  $\text{CO}_2$  تفوق هذا التركيز الخارجي لـ  $\text{CO}_2$  ومن ثم فإن كمية  $\text{CO}_2$  الممتص تزداد كلما ارتفع تركيز  $\text{CO}_2$  الخارجي.

★ عندما يصل تركيز  $\text{CO}_2$  الخارجي إلى القيمة 1600 ppm، تصل قدرة النبتة على امتصاص  $\text{CO}_2$  قيمتها القصوى التي تسمى نقطة التشبع، بحيث تبقى مستقرة رغم استمرار ارتفاع تركيز  $\text{CO}_2$  الخارجي.

### خلاصة:

يتوفر الهواء الأرضي على نسبة من  $\text{CO}_2$  لا تتعدي 0,03% (أي 300 ppm) وهذا التركيز لا يمكن النباتات من بلوغ نقطة التشبع وبالتالي لا يمكنها بلوغ مردوديتها القصوى Rendement maximal إذن عامل محدداً طبيعياً يحد من مردودية النباتات. إذن يمكن رفع مردودية النباتات برفع نسبة تركيز  $\text{CO}_2$  في الهواء المحيط بها، وذلك باستعمال الغبار مثلًا الذي يت弟兄 ويطرح  $\text{CO}_2$  في البيوت المغطاة.

### ③ تأثير شدة الإضاءة: انظر الوثيقة 4



(1) تحليل النتائج: يمكن تقسيم المنحنى إلى ثلاث مجالات:

★ عندما تكون شدة الإضاءة أصغر من القيمة C نلاحظ أن قيمة  $\text{CO}_2$  الممتص سالبة أي أن النبتة لا تمتص  $\text{CO}_2$  بل تطرحه في الوسط الخارجي (تنفس). وعندما تصل شدة الإضاءة إلى القيمة C يتساوى حجم  $\text{CO}_2$  المطروح مع حجم  $\text{CO}_2$  الممتص. تسمى القيمة C نقطة التكافؤ Point de compensation.

★ عندما تكون شدة الإضاءة محصورة بين القيمتين C و S، نلاحظ ارتفاعاً في حجم  $\text{CO}_2$  الممتص (التركيب الضوئي) إلى أن يصل إلى قيمته القصوى أي قيمة التشبع (S).

★ عندما تصبح شدة الإضاءة أكبر من القيمة S نلاحظ استقراراً في حجم  $\text{CO}_2$  الممتص رغم استمرار ارتفاع شدة الإضاءة.

(2) استنتاج:

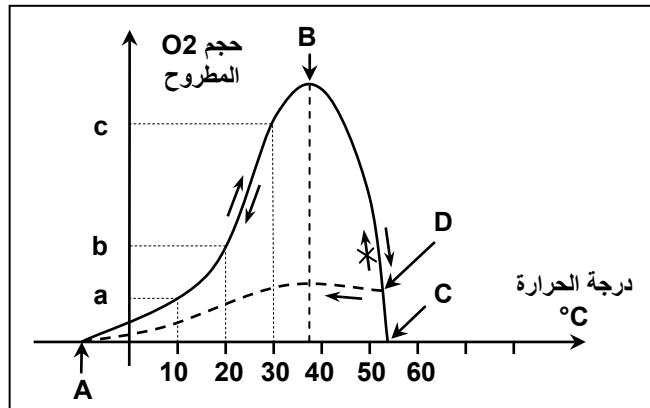
تعتبر شدة الإضاءة من العوامل الرئيسية التي تؤثر في التبادلات الغازية، وبالتالي في تغذية ونمو النباتات الخضورية. في الظروف الطبيعية تختلف شدة الإضاءة على سطح الأرض حسب المناطق وحسب الفصول، الشيء الذي يؤثر في التوزيع الجغرافي وال زمني للنباتات. فقيمة C و S تختلف من نبات لآخر، إذ يمكن تمييز صفين رئисيين من النباتات حسب تأثيرها بشدة الإضاءة:

★ نباتات الظل Sciaphytes التي تبلغ تبادلاتها الغازية قيمتها المثلث في شدة إضاءة خفيفة.

★ نباتات الشمس Héliophytes التي تحتاج إلى شدة إضاءة مرتفعة لكي تبلغ تبادلاتها الغازية قيمتها المثلث.

#### ④ تأثير درجة الحرارة: انظر الوثيقة 5

الوثيقة 5: تأثير درجة الحرارة



للكشف عن تأثير درجة الحرارة على التبادلات الغازية الخضورية عند نبات الصنوبر نقوم بتعديل هذا العامل مع الإبقاء على العوامل الأخرى في قيم ثابتة. موازاة مع هذا التغيير نقوم بقياس نسبة  $O_2$  المطروح من طرف النبتة. ويمثل المبيان أمامه النتائج المحصل عليها.

- (1) حل المنحنى.
- (2) ماذا تستنتج؟

(1) تحليل النتائج: يمكن تقسيم المنحنى إلى مجالين:

- ★ نلاحظ أن طرح  $O_2$  يبدأ من  $10^\circ C$ - وهي الحرارة الدنيا (A)، ويبلغ أقصاه في درجة حرارة  $37^\circ C$  وهي الحرارة المثلثي (B).
- ★ عندما تفوق درجة الحرارة  $37^\circ C$  نلاحظ أن حجم  $O_2$  المطروح من طرف النبتة يبدأ في الانخفاض إلى أن نصل إلى درجة الحرارة القصوى (C).

(2) استنتاج:

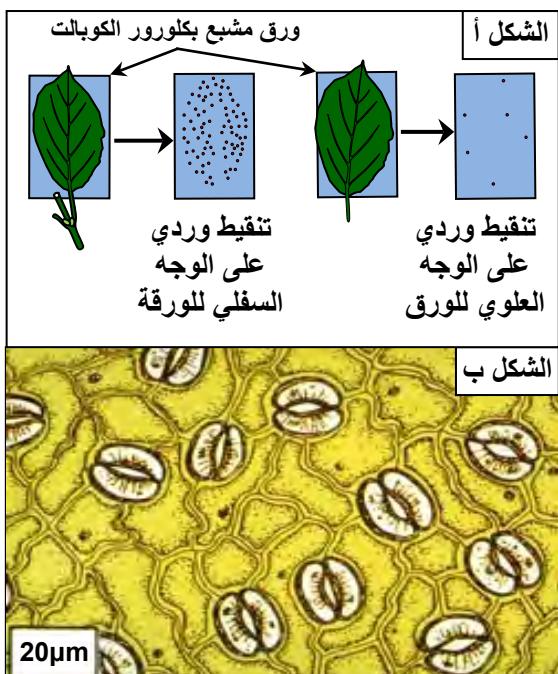
تمثل درجة الحرارة أهم العوامل الطبيعية التي تتحكم في توزيع النباتات وذلك من خلال تأثيرها على التبادلات الغازية.

#### ⑤ خلاصة:

إن شدة الإضاءة ونسبة  $CO_2$  ودرجة الحرارة عوامل تؤثر على شدة التبادلات الخضورية حسب قانون الحد الأدنى الذي مفاده أن العمل الأقل تواجداً يحد من أهمية هذه الظاهرة، ويكون عاماً محدداً. فما هي البنيات المسئولة عن التبادلات الغازية الخضورية عند النباتات؟

### III - البنيات المسئولة عن التبادلات الغازية الخضورية

#### ① ملاحظة مجهرية لورقة خضراء انظر الوثيقة 6



الوثيقة 6: البنيات المسئولة عن التبادلات الغازية

- ★ يتميز كلورور الكوبالت chlorure de cobalt بتغيير لونه من الأزرق في وسط جاف إلى اللون الوردي في وسط رطب.
- نأخذ قطعتين من ورق مشبع بكلورور الكوبالت (أزرق).
- نضع القطعة الأولى فوق الجهة السفلية من ورقة نبات يخضوري ونضع القطعة الأخرى فوق الجهة العليا لنفس الورقة (تبقي الورقة مرتبطة بالنبات).
- بعد مدة نزيل القطعتين ثم نلاحظ حالة ورق كلورور الكوبالت.

يبين الشكل أ من الوثيقة النتائج المحصل عليها في نهاية التجربة.

- (1) ماذا تستنتج من تحليلك لنتائج التجربة؟
- ★ نأخذ ورقة من نبات يخضوري، ثم نزيل قطعة صغيرة من بشرة الوجه السفلي ونلاحظ هذه القطعة بالمجهر الضوئي.
- يعطي الشكل أ ملاحظة مجهرية للوجه السفلي للورقة.
- (2) أنجز المناولة المقترنة ولاحظ بالمجهر الضوئي.
- (3) قارن بين ملاحظتك والنتائج المبينة على الشكل ب ثم استنتاج.

★ يعطي الجدول أسفله عدد الثغور في  $\text{mm}^2$  في أوراق بعض النباتات اليخصوصورية.

أنواع النباتات								عدد الثغور
زيزفون	زان	بلوط	قمح	ذرة	عبد الشمس	لوببا	الوجه العلوي	
0	0	0	33	52	175	40	الوجه السفلي	
60	100	346	14	68	325	281		

(4) قارن بين معطيات الجدول واستنتج.

(1) نلاحظ أن البقع الوردية تظهر بنسبة كبيرة من جهة السطح السفلي للورقة اليخصوصورية. هذا يدل على أن الأوراق اليخصوصورية تطرح بخار الماء عبر سطحها السفلي. وتسمى هذه الظاهرة بعملية النتح La transpiration.

(2) تظهر الملاحظة المجهرية لبشرة الوجه السفلي لأوراق النباتات اليخصوصورية أنها تحتوي على عدة ثقوب (مسام) منتشرة بين خلايا البشرة تسمى الثغور stomates.

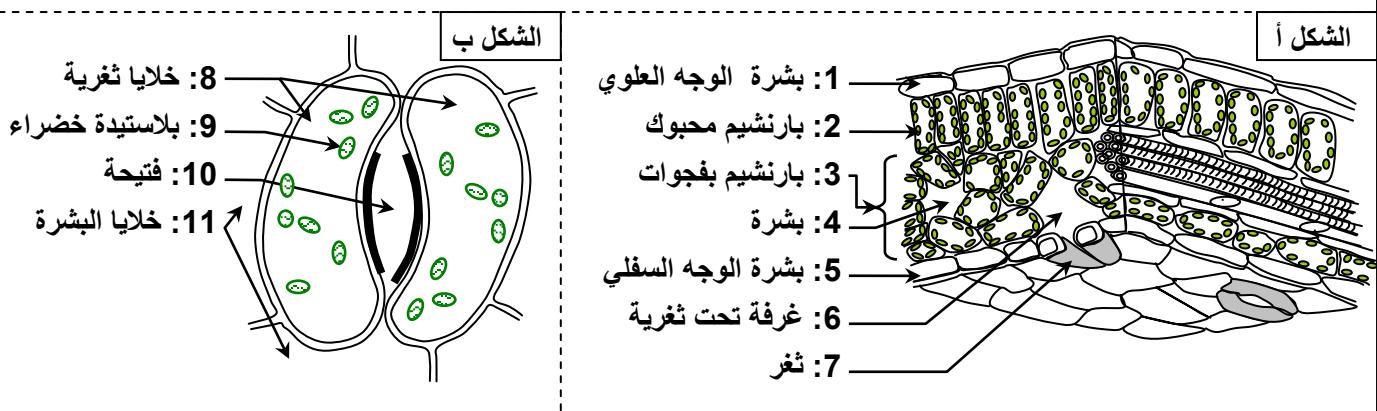
(3) نستنتج من هذه الملاحظات أن التبادلات الغازية عند النباتات اليخصوصورية تتم عبر الثغور.

(4) يختلف عدد الثغور حسب وجه الورقة من جهة وحسب نوعية النبات. فإذا كانت الورقة أفقية يكون الوجه العلوي معرضاً أكثر للضوء، ولكي لا تفقد النبتة الماء تتجمع الثغور في الوجه السفلي الأقل إضاءة. أما إذا كانت الورقة عمودية يكون الوجهان معرضان لنفس الإضاءة فيكون عدد الثغور متساوي بين الوجهين. بالنسبة للنباتات المائية لا توجد بها ثغور إلا تلك التي تطفو فوق سطح الماء حيث تظهر ثغوراً في الوجه العلوي للورقة فقط.

## ② بنية الثغور أنظر الوثيقة 7

الوثيقة 7: بنية الثغور. يعطي الشكل أ من الوثيقة نموذج تفسيري لمقطع من ورقة نبات يخصوصري. والشكل ب رسم تخطيطي لثغر ملاحظ على وجه الورقة.

بعد إعطاء الأسماء المناسبة لأرقام الوثيقة، استخرج من هذه الوثيقة ما يبين أن الثغور بنيات مكيفة مع التبادلات الغازية اليخصوصورية، علماً أن الأوراق اليخصوصورية تكون مكسوة بطبقة رقيقة من المواد الدهنية تسمى قشيرة Cuticule، تتميز بنفاذية ضعيفة للماء والغازات.

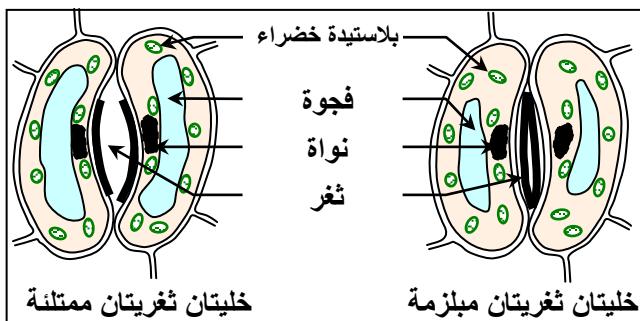


يتبيّن من معطيات هذه الوثيقة أن الثغور تتشكّل من العناصر التالية:

- خلیتان ثغريتان Cellules Stomatiques تفصل بينهما فتحة ostiole. تتوفّر الخلیتان على بلاستیدات خضراء.
- غرفة تحتثغرية chambre sous stomatique وهي عبارة عن حیز يوجد مباشرةً تحت الخلیتين الثغريتين من الجهة الداخلية للورقة و يتصل بالوسط الخارجي عبر الفتحة.

بما أن بشرة الأوراق اليخصوصورية تكون مكسوة بالقشيرة Cuticule، فتبادل الغازات ( $\text{CO}_2$  و  $\text{O}_2$  وبخار الماء) يتم أساساً عبر الثغور.

### ③ آلية افتتاح وانغلاق الثغور انظر الوثيقة 8



#### الوثيقة 8: آلية افتتاح الثغور وانغلقاها:

الشكل أ: حالة الخلويتين الثغريتين عندما يكون الثغر منغلق.

الشكل ب: حالة الخلويتين الثغريتين عندما يكون الثغر منفتح.

انطلاقاً من مقارنتك لحالة الخلايا في الشكلين أ وب، أعط تفسيراً لآلية افتتاح وانغلاق الثغور عند النباتات الخضراء.

يلاحظ أن شكل الفتيحة يتغير حسب حالة الخلايا الثغرية، أي أن افتتاح وانغلاق الثغور مرتبط بتغيير الضغط التناافي داخل هذه الخلايا، وهذا:

\* عندما تكون الخلويتان الثغريتان ممتنلة أي عندما يكون ضغطهما التناافي مرتفعاً بالمقارنة مع الضغط التناافي لخلايا البشرة المجاورة، يتعرج الجدار الداخلي للخلايا الثغرية (المواجه للفتيحة) فينفتح الثغر.

\* عندما تكون الخلويتان الثغريتان مبلزمتان أي عندما يكون ضغطهما التناافي منخفضاً بالمقارنة مع الضغط التناافي لخلايا البشرة المجاورة، يتقلص الجدار الداخلي للخلايا الثغرية فينغلق الثغر.

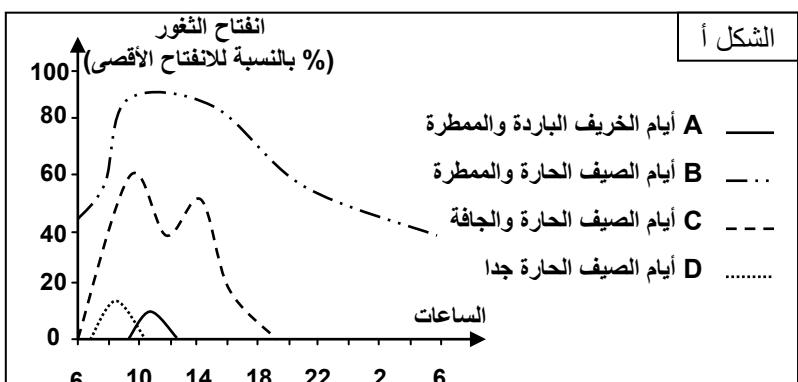
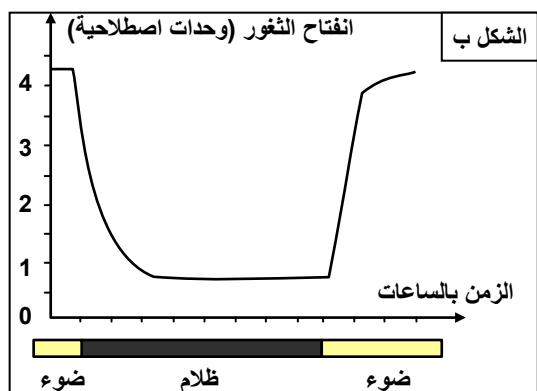
### ④ العوامل المؤثرة في افتتاح الثغور انظر الوثيقة 9

#### الوثيقة 9: العوامل التي تؤثر على افتتاح الثغور وانغلقاها:

ممكن تتبع افتتاح الثغور عند نباتات يخضورية في ظروف مختلفة من الحصول على النتائج المبينة على أشكال الوثيقة:

★ يبين الشكل أ تأثير كل من درجة الحرارة والرطوبة على افتتاح الثغور.

★ يبين الشكل ب تأثير الضوء والظل على افتتاح الثغور.



1) ماذا تستنتج من مقارنتك للمنحنين B و C الشكل أ ؟

2) ماذا تستنتج من مقارنتك للمنحنين A و D الشكل أ ؟

3) ماذا تستنتج من تحليل منحنى الشكل ب من الوثيقة ؟

1) في نفس الظروف من الإضاءة ودرجة الحرارة، تتفتح الثغور أكثر إذا ارتفعت حرارة ورطوبة الجو (B)، بينما تنخفض نسبة افتتاح الثغور إذا كان الجو حاراً وجافاً (C). نستنتج من ذلك أن النبتة في حالة الجفاف تغلق الثغور حتى لا تفقد كمية كبيرة من الماء أثناء عملية النتن.

2) تظهر مقارنة المنحنين A و D أن افتتاح الثغور يتم لفترات وجيزة في بعض الظروف:

★ في الساعات الأولى من الصباح خلال أيام الصيف الشديدة الجفاف، (D) أي عندما تسود حرارة ورطوبة ملائمتين.

★ في منتصف النهار خلال أيام الخريف الباردة والممطرة (A)، أي عندما تكون شدة الإضاءة ودرجة الحرارة ملائمتين.

3) نلاحظ أن الثغور تتغلق في فترات الظلام وتتفتح في الضوء، وأن هذا الانفتاح يتم بسرعة كبيرة عندما نمر من مرحلة إلى أخرى. ويمكن تفسير انغلق الثغور في الفترات المظلمة بكون النبتة تمنع دخول  $\text{CO}_2$  لأنها لن تستفيد منه في غياب الضوء.

## ٥ خلاصة:

تم التبادلات الغازية اليخصوصورية على مستوى الثغور، إذ تمكن الفتيحة من اتصال الهواء الجوي بغرفة تحضرية، الشيء الذي يسهل امتصاص  $\text{CO}_2$  وطرح  $\text{O}_2$  وبخار الماء. ومن العوامل التي تؤثر على انفتاح وانغلاق الثغور: شدة الإضاءة، درجة الحرارة، الرطوبة والجفاف. وذلك بهدف تنظيم عملية التبادل حسب الظروف الخارجية.

## IV - إنتاج المادة العضوية من طرف النباتات اليخصوصورية

### ١ شروط إنتاج النشا عند النباتات اليخصوصورية

#### أ - تجربة: أنظر الوثيقة 10

الوثيقة 10: الشروط الضرورية لإنتاج المادة العضوية: نموذج تركيب النشا:

↳ نضع نباتات من الغرنوق *Péargonium* في الظلام لمدة 48 ساعة ثم نهيء أربعة أوراق على النحو التالي:  
ورقة تعرض للضوء لمدة ساعات عددة ساعات.

① ورقة تعرض للضوء لمدة ساعات بعد حجب جزء منها بواسطة شريط معتم.

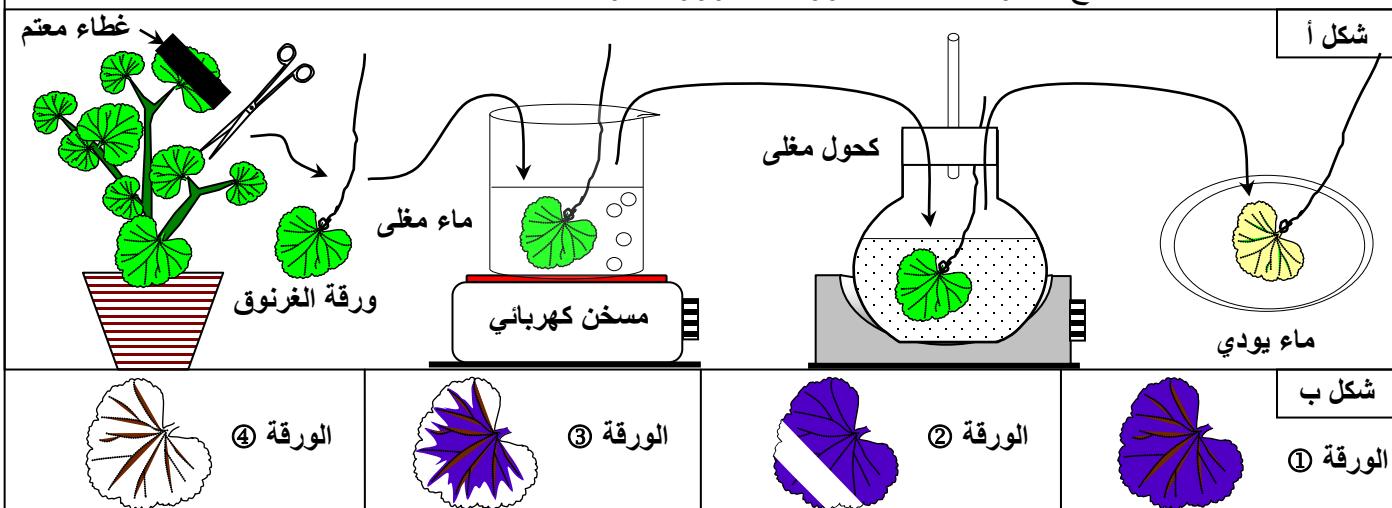
② ورقة بها مناطق ينعدم بها اليخصوصور وتعرض بدورها للإضاءة بنفس الطريقة.

③ ورقة تعرض للضوء وهي داخل غرفة شفافة ومغلقة حيث يعبرها هواء جرد من  $\text{CO}_2$  بواسطة البوتاسي.

↳ نقل الأوراق الأربع ونضع كل واحدة في إناء به ماء مغلى من أجل تلبيين الأنسجة، ثم نضعها في كحول مغلى إلى أن تفقد لونها الأخضر.

↳ ننقل كل ورقة إلى علبة *Pétri* وبعد أن تبرد، نلونها بالماء اليودي الذي يكشف عن النشا، حيث يتلون بالأزرق الداكن. يبين الشكل أ من الوثيقة البروتوكول التجاري. والشكل ب نتائج التجربة.

من خلال تحليل هذه النتائج التجريبية، حدد الشروط الضرورية لتركيب النشا.



#### ب - تحليل واستنتاج:

↳ نلاحظ أن الورقة ① التي تعرضت للإضاءة لمدة ساعات تلون بأكملها بواسطة الماء اليودي. بينما في الورقة ② التي حجب جزء منها بواسطة شريط معتم، لم يلون الجزء المحجوب عن الضوء. نستنتج من الحالتين أن الضوء عنصر أساسي في تركيب النشا.

↳ نلاحظ أن الورقة ③ التي تتوفّر على مناطق ينعدم فيها اليخصوصور، لا تلون الأجزاء التي لا تحتوي على اليخصوصور. نستنتج إذن أن اليخصوصور عنصر أساسي في تركيب النشا.

↳ نلاحظ أن الورقة ④ التي لا يصلها  $\text{CO}_2$ ، لا تلون بأكملها. نستنتج أن  $\text{CO}_2$  ضروري لتركيب النشا.

نستخلص مما سبق أن النباتات الخضراء تقوم بإنتاج مادتها العضوية على مستوى الأوراق. ويطلب إنتاج النشا (سكر معقد) بالإضافة للماء الممتص من طرف الجذور، إلى وجود الضوء و $\text{CO}_2$  والخضور.  
يمكن تمثيل حصيلة التركيب الضوئي بالنسبة للنشا على النحو التالي



## ② الطبيعة الكيميائية للمواد العضوية المركبة

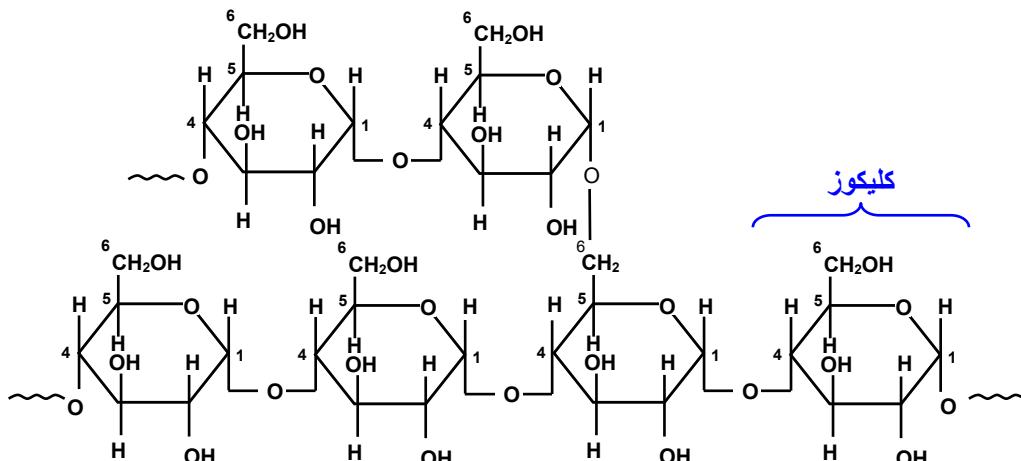
إن النواتج المباشرة لظاهرة التركيب الضوئي هي السكريات، غير أن خلايا النباتات الخضراء تحول السكريات إلى مواد عضوية أخرى، وهي الأساسية البروتيدات والدهنيات.  
فما هي أهم أصناف المواد العضوية المركبة وما هو تركيبها الكيميائي؟

### أ - السكريات: Les glucides

الوثيقة 11: التركيب الكيميائي للسكريات:

السكريات الأحادية: صيغتها الكيميائية الإجمالية: $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$				
				الصيغة الكيميائية المنشورة الحلقية
$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ ربيوز	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ كلاكتوز	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ كليكوز	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ فريكتوز	سكريات أحادية
				الصيغة الكيميائية المنشورة الخطية
السكريات الثنائية: صيغتها الكيميائية الإجمالية: $\text{C}_{2n}(\text{H}_2\text{O})_{2n-1}$				
				الصيغة الكيميائية المنشورة الحلقية
Maltose	Succharose			أمثلة لسكر ثانوي
للكشف عن وجود سكر في محلول معين نضيف محلول Fehling أزرق اللون وبعد التسخين تحصل على لون أحمر أجري يدل على وجود سكر مختزل sucre réducteur.	طريقة الكشف عنها			

**السكريات المعقدة: صيغتها الكيميائية الإجمالية:  $(C_6H_{10}O_5)_n$**



الصيغة الكيميائية  
المنشورة الحلقيّة

**L'amidon النشا**

مثال لعديد السكر

يتم الكشف عن وجود النشا باستعمال الماء اليودي. يتغير لون هذا الأخير من الأصفر إلى الأزرق البنفسجي في حالة وجود النشا. يمكن استعمال الماء اليودي للكشف عن الغليكوجين حيث يتغير لونه إلى اللون الأسمر في حالة وجود هذا السكر المعقد ذو الأصل الحيواني.

طريقة الكشف  
عنها

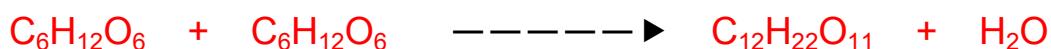
تعتبر السكريات أجساماً ثلاثة عناصر أساسية هي الكربون C والأكسجين O، والهيدروجين H. وتملك عدداً من الوظائف الهيدروكسيلية Fonctions hydroxyles (—OH) لذا نقول أنها متعددة الكحول Polyalcohols، ويمكن تصنيف السكريات إلى:

**a - سكريات أحادية Les oses**

هي سكريات بسيطة تشكل الوحدات الجزيئية الأساسية لجميع السكريات، ونكتب صيغتها الكيميائية الإجمالية كما يلي:  $C_nH_{2n}O_n$ ، بحيث n تترواح بين 3 و 6. وترتبط حسب عدد ذرات الكربون.

**b - سكريات ثنائية (Les disaccharides) Les diholosides**

تتكون عن طريق ارتباط جزيئتين من السكريات الأحادية برابطة كليكوزيدية. خلال هذا الارتباط يتم تحرير جزيئة من الماء حسب التفاعل التالي:

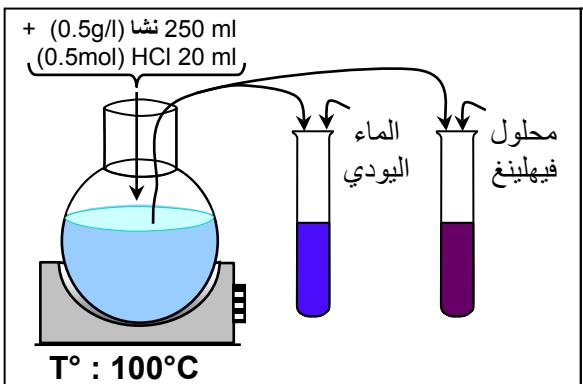


وعلى العكس يمكن أن يتحلل السكر الثنائي ليعطي جزيئتين من السكريات الأحادية، هذا التفاعل يستهلك جزيئة ماء، ويسمى حلماً Hydrolyse.

**c - عديدات السكر Les polysaccharides**

هي عبارة عن جزيئات جد كبيرة مكونة من سكريات أحادية على شكل سلاسل وتفرعات. جزيئه النشا مثلاً تتكون من 2000 إلى 3000 جزيئه كليكوز، نقول إذن أنه عديد الكليكوز (بوليمير الكليكوز)، تترواح كتلته الجزيئية ما بين 1000000 و 1000000.

تعطي حلماً النشا في وسط حمضي النتائج المماثلة على الوثيقة 12:



## الوثيقة 12: تجربة حلماء النشا في وسط حمضي

تتم حلماء النشا عبر مراحل متسلسلة كالتالي:

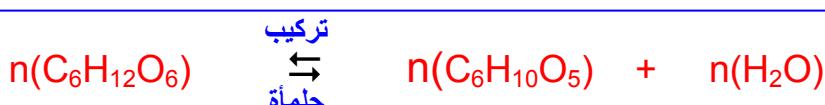
- ① تحضير محلول النشا وتحريكه حتى يصبح متجانسا.
- ② إضافة قليل من حمض الكلوريدريك  $\text{HCl}$  أو حمض الكبريتيك  $\text{H}_2\text{SO}_4$  إلى المحلول.
- ③ تسخين المحلول حتى درجة الغليان.
- ④أخذ عينات من مطبوخ النشا في أوقات مختلفة، لاختبار الحلماء بالماء اليودي ومحلول فهلينغ. (نستعمل محلول فهلينغ بعد إبطال مفعول  $\text{HCl}$  بإضافة  $\text{NaOH}$ ).

نتائج الاختبار مدونة على الجدول أدناه.

قم بالتجربة واستنتج التحول الذي خضع له النشا.

الجسم الكشوف عنه	إضافة الماء اليودي	إضافة محلول Fehling	وقت الاقطاع
النشا	أزرق بنفسجي	أزرق	5mn
دكسترينات	بنفسجي	أزرق	10mn
مالتوز	أحمر بنفسجي	راسب أحمر أحوري	15mn
كليكوز	أصفر	راسب أحمر أحوري	20mn

النشا من السكريات غير المختزلة، إلا أن حلماتها تقود إلى الكليكوز، ويترکب النشا ويتعرض للحلماء على النحو التالي:



## ب - الدهنيات: Les lipides

أنظر الوثيقة 13

### الوثيقة 13: التركيب الكيميائي للدهنيات

المكونات الأساسية للدهون			
$\begin{array}{ccccccccccccccccc} \text{O} & & \text{H} \\ \parallel & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   \\ \text{C} & - & \text{C} \\   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   \\ \text{HO} & & \text{H} \end{array}$ مجموعة كاربوكسيلية	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$ مجموعة كربونية	$\text{H} - \text{C} - \text{OH}$ $\text{H} - \text{C} - \text{OH}$ $\text{H} - \text{C} - \text{OH}$	
$(\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2)$ Acide palmétique	الحمض البالميتي	الغليسرو	
$\begin{array}{ccccccccccccccccccc} \text{O} & & \text{H} \\ \parallel & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   \\ \text{C} & - & \text{C} = \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} \\   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   & &   \\ \text{HO} & & \text{H} \end{array}$	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ Acide oléique	الحمض الزيتي	الغليسرو
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - (\text{CH}_2)_{14} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - (\text{C}_2\text{H})_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{C}_2\text{H})_7 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - (\text{CH}_2)_{14} - \text{CH}_3 \end{array}$ زيت الزيتون = ثلاثي غليسيريد	حمض البالميتيك	حمض الزيتيين	حمض البالميتيك
الكشف عن الدهنيات			
تلون أسود	تلون أحمر	باضافة أكسيد الأسميوم $\text{OsO}_4$ osmium	
تلون أحمر	تلون أسود	باضافة أحمر السودان Rouge soudan	

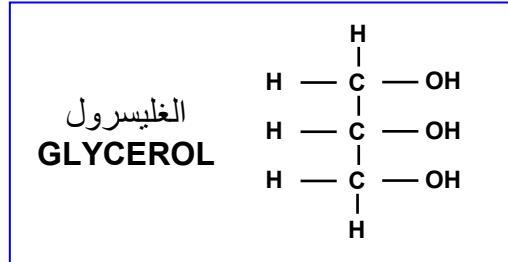
تعتبر الدهنيات أجساماً ثلاثة تتكون من ثلاثة عناصر أساسية هي الكربون C والأكسجين O، والهيدروجين H. كما نجد في بعضها الفوسفور P والأزوت N والكبريت S . وتشكل عادة مدخلات الخلية.

تنتج الدهنيات عن ارتباط جزيئات كحول وجزيئتين أو ثلاث جزيئات من أحماض دهنية .Acides gras

جزئية الكحول ←

نرمز لهذه الجزيئة بـ  $R_1-OH$  = شق عضوي )

غالباً ما يكون الغليسروл Glycérol هو جزيئة الكحول عند الدهنيات وهو عبارة عن جزيئة ثلاثة الكحول تكتب صيغتها المنورة كما يلي:

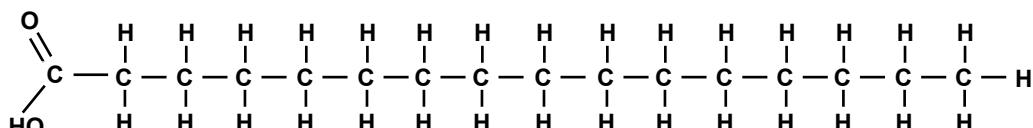


في بعض الدهون، عوض الغليسروول نجد الستيرول Stérol، وتكون كتلته الجزيئية جد ضخمة كحالة الكوليسترول.

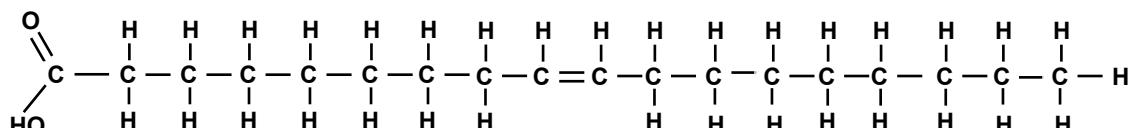
جزئية الحمض الدهني:

يتكون كل حمض دهني من سلسلة من ذرات الكربون تنتهي بمجموعة كربوكسيلية  $\text{COOH}$  – ونرمز للحمض الدهني بـ  $R_2\text{-COOH}$  ( $R_2$  = شق عضوي)، مثلاً:

- الحمض البالميتي  $(\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2)$  Acide palmétique

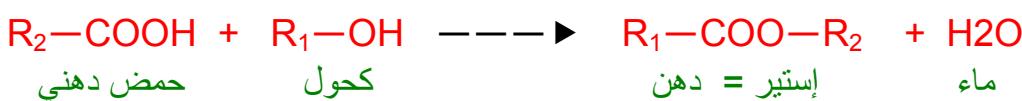


• الحمض الزيتي  $(C_{18}H_{34}O_2)$  Acide oléique

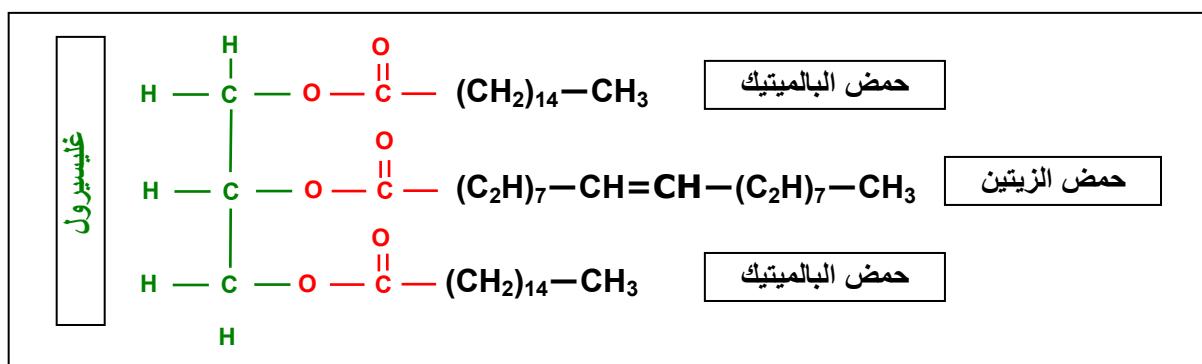


الدهن:

إن كل دهن خالص ينتج عن ترابط كحول وحمض دهني ويسمى استير ester

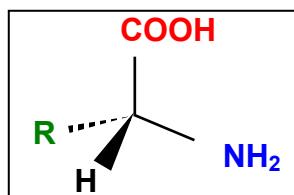


مثال للدهون: زيت الزيتون هو ثلاثي غليسيريد يتكون من توفيق جزئية غليسروول وجزئتين لحمض البالmitيك وجزئية حمض الزيتين.



**ج - البروتيدات: Les protides** انظر الوثيقة 14  
 تتكون البروتيدات أساساً من أربعة عناصر كيميائية هي (C , H, O, N) لذا تسمى أجساماً رباعية. بعضها يحتوي على S و p.  
 تؤدي حلأة البروتيدات إلى ظهور مركبات عضوية تدعى أحماض أمينية **Les acides aminés**، وهي والحدات الجزيئية الأساسية المكونة لجميع البروتيدات.

**↳ الأحماض الأمينية: Les acides aminés**  
 تتكون الأحماض الأمينية من أربع وحدات محمولة على نفس الكربون:



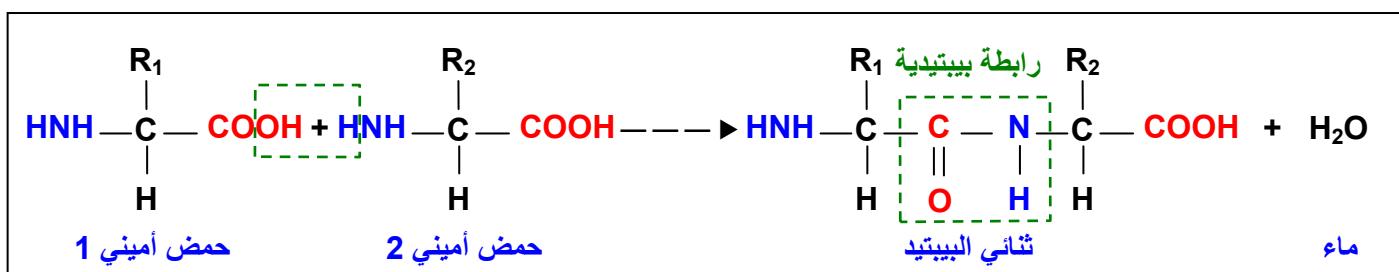
- وظيفة كربوكسيلية  $\text{—COOH}$
- وظيفة أمينية = ازوتية = قلائية  $(\text{—NH}_2)$
- شق عضوي **R**
- ذرة هيدروجين **H**.

كلما تغير الشق العضوي **R** تغير معه الحمض الأميني. ولقد تبين أن عدد الأحماض الأمينية المكونة للبروتينات ينحصر في 20 حمض أميني فقط منها على سبيل المثال:

**Glycine**  $\leftrightarrow$  **R = H**    **Sérine**  $\leftrightarrow$  **R = CH<sub>2</sub>OH**    **L'alaline**  $\leftrightarrow$  **R = CH<sub>3</sub>**

**↳ عيدات البيبيتيد: Les polypeptides**

تتكون عيدات البيبيتيد من اتحاد الأحماض الأمينية. ويتم هذا بواسطة رابطة تساهمية نسميها الرابطة البيبيتيدية. وهي نتيجة التوفيق بين الوظيفة الكربوكسيلية  $\text{COOH}$  للحمض الأميني الأول، والوظيفة الأمينية  $\text{NH}_2$  للحمض الأميني الثاني. ويكتب هذا التفاعل كما يلي:

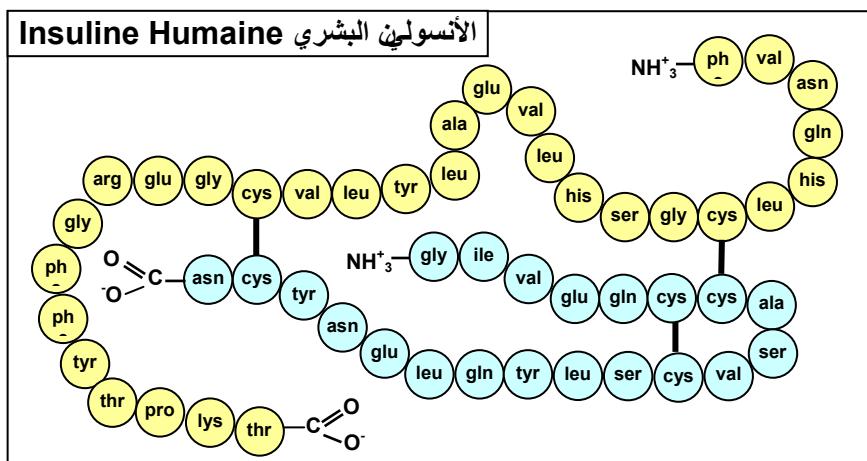


يمكن تأسيس روابط بيبيتيدية جديدة مع ثانوي البيبيتيد بما أن الوظيفة الكربوكسيلية والمجموعة الأمينية لا تزال موجودتين في جزيء ثانوي البيبيتيد. وهذا تتمدد السلسلة البيبيتيدية مكونة عيدات البيبيتيد والتي تختلف عن بعضها البعض حسب نوع الأحماض الأمينية وعدها وترتيبها داخل السلسلة.

**↳ البروتينات: Les protéines**

عندما يصبح عدد الأحماض الأمينية كبيراً (يعادل أو يفوق 100 حمض أميني) يصبح عديد البيبيتيد بروتيناً. مما يدل على أن لها كتلة جزيئية كبيرة وبنية معقدة غالباً ما تتلى على بعضها أو تتغصن، مكونة بنية جزيئية كروية.

مثال للبروتينات: **الأنسولين البشري**



# الفصل الثالث

## إنتاج المادة العضوية وتدفق الطاقة

### مقدمة:

بفضل اليخصوصor La chlorophylle (صبغة خضراء) تلتقط النباتات الخضراء الطاقة الشمسية (الضوء) وتوظفها في إنتاج المواد العضوية انطلاقاً من الماء  $\text{H}_2\text{O}$  والأملاح المعدنية. وهكذا تتمكن النباتات اليخصوصورية من تحويل الطاقة الضوئية إلى مواد عضوية تدخل الطاقة الكيميائية.

- **كيف تتمكن النبتة من تحويل الطقة الضوئية إلى طاقة كيميائية؟**
- **وما هي البنيات والجزيئات المساعدة في هذا التحول؟**
- **ما الآليات البيوكيميائية المسؤولة عن هذا التحول؟**

### I - الصبغات اليخصوصورية ومكان تموضعها داخل الخلية Les pigments chlorophylliens

#### ① استخلاص الصبغات اليخصوصورية

**أ - مناولات:** أنظر الوثيقة 1

##### الوثيقة 1: استخلاص الصبغات اليخصوصورية.

★ المناولة الأولى: استخلاص اليخصوصور (أنظر الشكل أ)

↳ نقوم بقطيع أوراق خضراء إلى أجزاء، ثم نقوم بهرسها في مهراس مع قليل من الرمل من أجل سحق الخلايا.

↳ نضيف بكمية تدريجية  $10\text{ml}$  من الكحول  $90^\circ$  أو الأسيتون Acétone، من أجل تذويب الصبغات اليخصوصورية.

↳ نقوم بترشيح محتوى المهراس باستعمال ورق الترشيح، وبذلك نحصل على محلول كحولي للصبغات اليخصوصورية، انه اليخصوصور الخام Chlorophylle brute.

★ المناولة الثانية: عزل الصبغات اليخصوصورية بواسطة الذوبانية الاختلافية (أنظر الشكل ب).

باعتبار أن قابلية الذوبان للصبغات اليخصوصورية تختلف حسب المذيبات، نقوم بالمناولة التالية:

↳ نسكب  $5\text{cm}^3$  من محلول الأسيتونى لليخصوصور الخام في أنبوب اختبار، ونضيف إليه  $5\text{cm}^3$  من اثير البنزول وقليلًا من الماء (الأنبوب ①) فنحصل على خليطين (الأنبوب ②).

↳ نحتفظ بال الخليط الأكثر اخضرارا وهو الذي يحتوي على اثير البنزول. ثم نضيف لهذا الخليط كحول الميتانول (الأنبوب ③).

★ المناولة الثالثة: عزل اليخصوصور بواسطة التحليل الكروماتوغرافي (أنظر الشكل ج).

↳ نضع قطرة أو قطرتين من محلول اليخصوصور الخام على بعد  $2\text{ cm}$  من أسفل سيفية ورق Wattman.

↳ نترك البقعة الخضراء حتى تجف، ثم نضيف إليها قطرات أخرى، ثم ننتظر حتى تجف البقعة تماماً.

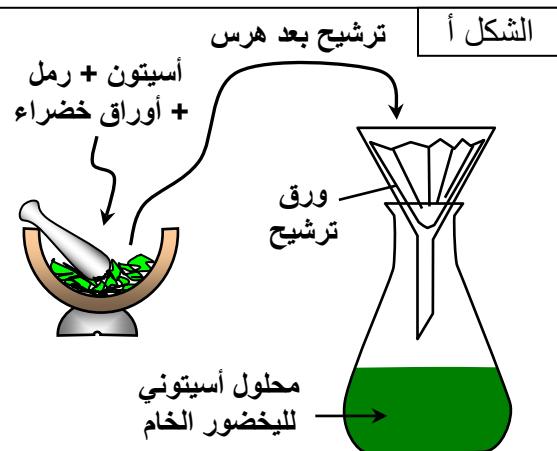
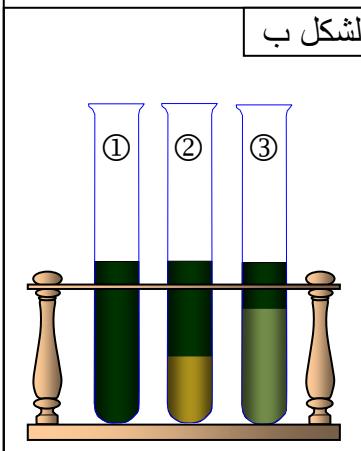
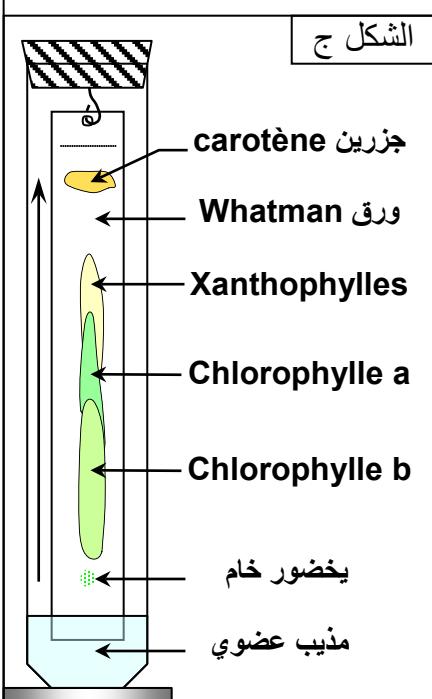
↳ نعلق السيفية بسدادة ونضعها داخل مخار مدرج به خليط من المذيبات العضوية، لا يتعدى علوه  $2\text{cm}$ . مع الحرص أن لا يغمر هذا الأخير إلا بضع مليمترات من أسفل السيفية.

↳ نغلق المخار لم允 تبخر المذيبات مع الحرص على عدم لمس الورقة لجدار المخار.

↳ نحجب التركيب عن الضوء لمدة  $40\text{min}$ .

1) أنجز المناولات الممثلة في الوثيقة.

2) ماذا تستخلص من تحليلك لنتائج هذه المناولات؟



## ب - تحليل النتائج:

1) انجاز المناولات.

2) تحليل واستنتاج:

### ★ المناولة الأولى:

نعتمد في هذه الحالة على خاصية ذوبانة الصبغات الخضورية في المحاليل العضوية (الكحول والأستون.....).

- بعد استخلاص اليخصوص يظهر ورق الترشيح دوائر بألوان مختلفة (خضراء، صفراء، برتقالية)، مما يبين أن اليخصوص الخام يتكون من صبغات مختلفة.

- عند تسليط الضوء الأبيض على محلول اليخصوص الخام نلاحظ أن الإشعاعات التي تعبر محلول تكون ذات لون أخضر هذا يعني أن هذه الإشعاعات لا يتم امتصاصها. لكن عند ملاحظة محلول من جهة المنبع الضوئي تظهر إشعاعات حمراء، نتكلم عن ظاهرة القلور **Fluorescence**. والتي تقسر بكون جزيئات اليخصوص الخام تصدر الطاقة الضوئية الممتصة على شكل إشعاعات حمراء و حرارة.

### ★ المناولة الثانية:

نلاحظ بعد إضافة قطرات من الماء انفصال الكحول الخفيف عن إثير البترول التقليد و ذوبان صبغات يخصوصية مختلفة في كل محلول. تسمى بالذوبانية الإخلاقافية للصبغات الخضورية.

نستنتج أن اليخصوص مكون من نوعين من الصبغات على الأقل: الصفراء والخضراء.

### ★ المناولة الثالثة:

يعطي التحليل الكروماتوغرافي أربع بقع مختلفة الألوان، وعلى مستويات مختلفة من مكان توضع اليخصوص الخام.

نستنتج أن اليخصوص الخام مكون من أربع صبغات تتوضع على الورق الكروماتوغرافي حسب درجة ذوبانيتها في محلول، وهي:

اليخصوص **b**: ذو لون أخضر مصفر واليخصوص **a**: ذو لون أخضر مزرق والجزرين: ذو لون برتقالي والكرينتوفيلات.

## ج - خلاصة:

تحتوي النباتات الخضراء على عدة أنواع من الصبغات الخضورية قادرة على امتصاص الضوء وهي:

اليخصوص ذو اللون الأخضر المصفر، هو اليخصوص **b**.

اليخصوص ذو اللون الأخضر المزرق، هو اليخصوص **a**.

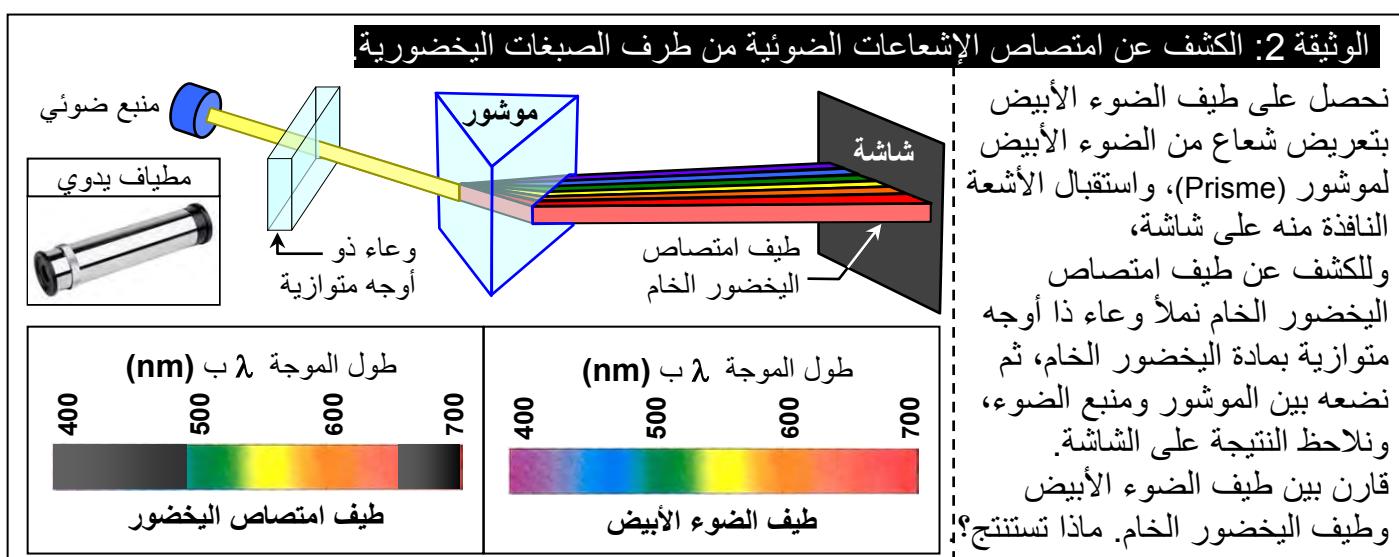
الكرينتوفيلات مصفرة ذات اللون الأصفر.

الجزرين ذو اللون البرتقالي.

## ② خصائص الصبغات الخضورية

### أ - كيف يتعامل اليخصوص مع مختلف الإشعاعات؟

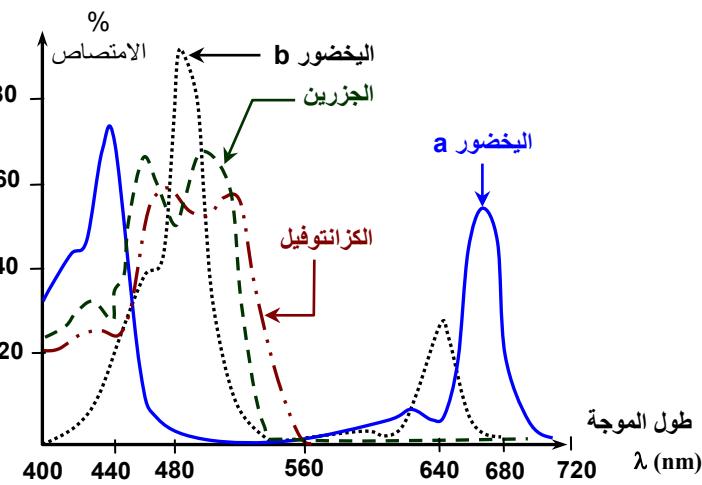
#### ا - الكشف عن طيف امتصاص اليخصوص الخام Le spectre d'absorption (أنظر الوثيقة 2)



### أطياف امتصاص الصبغات اليخصوصية

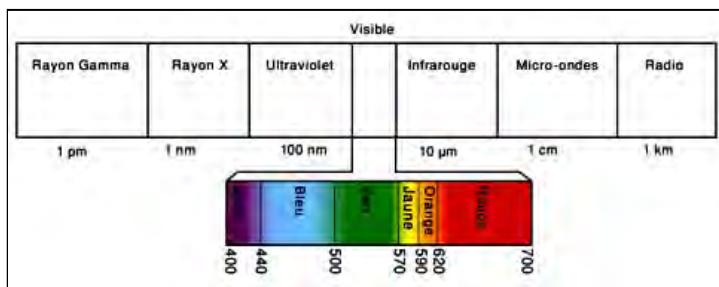
بطريقة مماثلة لطريقة قياس طيف امتصاص اليخصوص الخام، نحصل على قياسات طيف امتصاص الصبغات اليخصوصية بعد عزلها. يعطي المبيان أمامه أطياف امتصاص أهم الصبغات اليخصوصية.

★ ماذا تستخلص من تحليل هذه المعطيات؟



### b - تحليل واستنتاج

★ يتبيّن من ملاحظة طيف الضوء الأبيض أن هذا الأخير يتكون من إشعاعات مختلفة يتراوح طول موجتها من 400nm (البنفسجي) إلى 720nm (الأحمر).



★ عندما نضع محلول اليخصوص الخام بين منبع الضوء والموشور نحصل على طيف من الإشعاعات يظهر أشرطة مظلمة توافق الإشعاعات الممتصة من طرف اليخصوص. نتكلّم عن طيف امتصاص اليخصوص الخام.

★ نستنتج من هذه المعطيات أن اليخصوص الخام يمتص الإشعاعات البنفسجية، والزرقاء والحمراء. ويعكس الإشعاعات الصفراء والخضراء والبرتقالية وخاصة الخضراء مما يعطي اللون الأخضر للنباتات الخضراء.

★ تبيّن منحنيات شدة امتصاص الإشعاعات من طرف الصبغات اليخصوصية أن مجال الموجات الممتصة بهم بالأساس اللونين الأزرق والأحمر والأقل امتصاصاً بهم اللون الأخضر.

نستنتج إذن أن الصبغات اليخصوصية المكونة لليخصوص لا تمتص كل الإشعاعات المكونة للضوء الأبيض. فهل فعالية التركيب الضوئي تختلف حسب نوعية الإشعاعات الممتصة من طرف اليخصوص؟

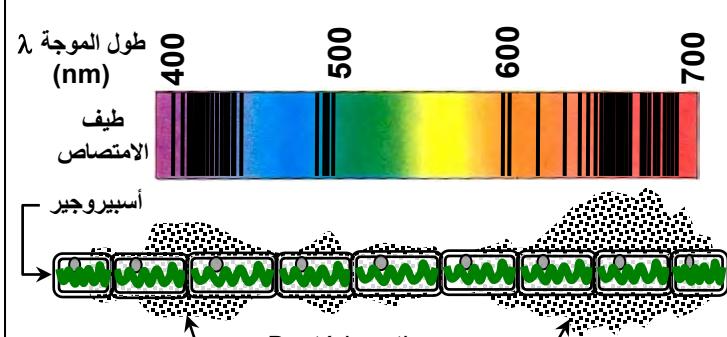
### ب - فعالية الإشعاعات الممتصة

#### a - معطيات تجريبية: انظر الوثيقة 3

#### الوثيقة 3: فعالية الإشعاعات الممتصة

★ التجربة الأولى: تجربة Engelmann 1885: لمعرفة تأثير مختلف الإشعاعات الضوئية الممتصة على شدة التركيب الضوئي. قام Engelmann بوضع طلب الأسپيروجير في وسط يحتوي على عالق من بكتيريا *Bactérium thermo* التي تتميز بالانجداب الكيميائي لـ  $O_2$ . يبيّن الشكل أمامه نتائج هذه التجربة.

(1) فارن بين النتائج التجريبية المحصلة واقتصر تفسيراً لذلك.



**الوثيقة 3 (تابع) : فعالية الإشعاعات الممتصة**

لون المرشح	عدد فقاعات O₂ في الدقيقة
أحمر	12
أصفر	3
أخضر	0
أزرق	6
بنفسجي	8

نبتة عioloda

التجربة الثانية: نضع التركيب التجاري داخل علبة خشبية، ثم نعرض الوجه المفتوح من العلبة لم恭喜 بعد حجب الضوء بأحد المرشحات الزجاجية الملونة (الأحمر، الأصفر، الأخضر، الأزرق والبنفسجي).

نقوم بقياس حجم  $O_2$  المطروح خلال استعمال كل مرشح وذلك خلال نفس المدة الزمنية.

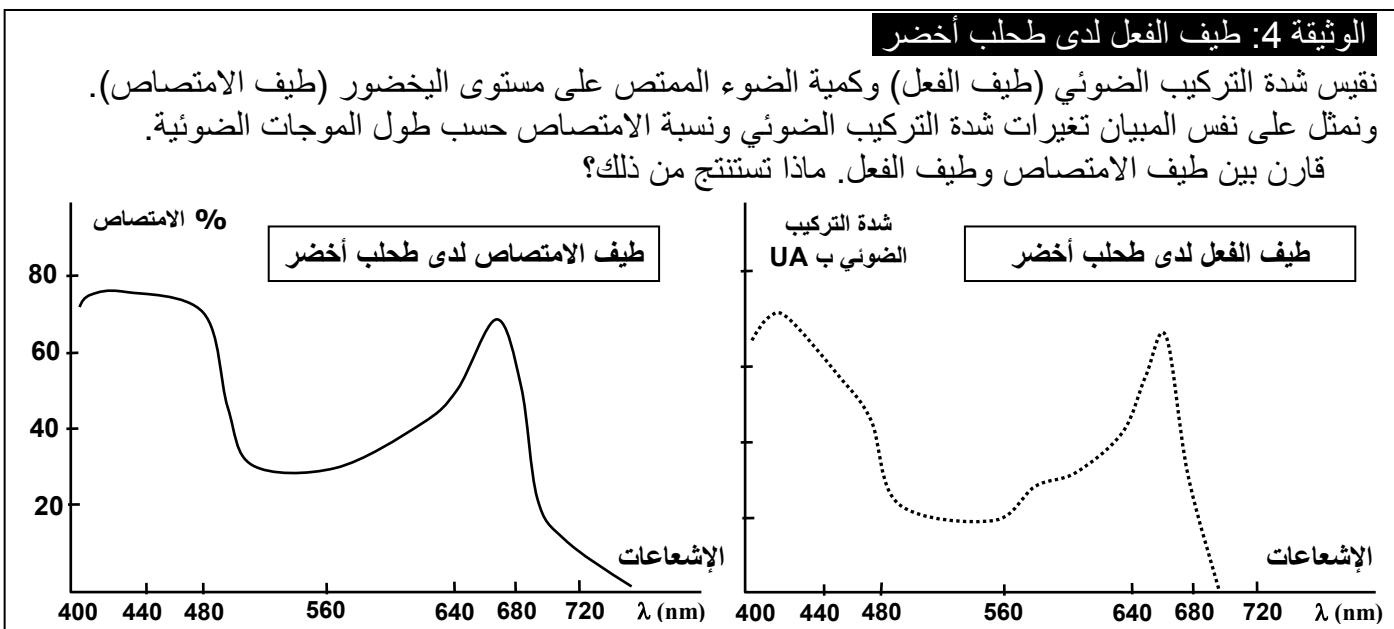
نحصل على النتائج الممثلة أمامه.

(2) ماذا تستنتج من نتائج هذه التجربة؟

### b - تحليل واستنتاج

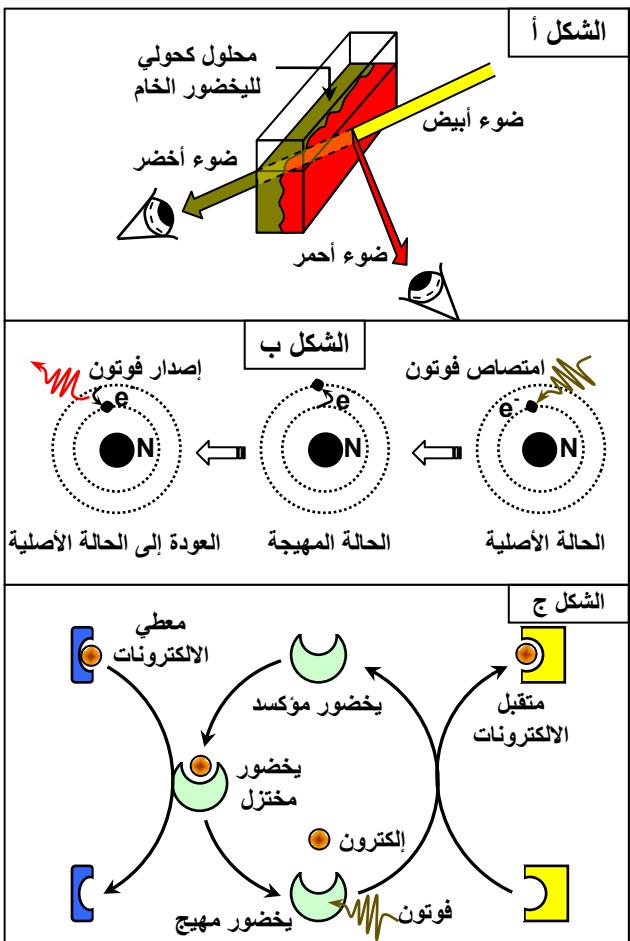
- خلال التجربة الأولى نلاحظ تجمعا كثيفا للمستعمرات البكتيرية حول الطحلب مقابل الإشعاعات الزرقاء والحمراء، في حين تتفاوت البكتيريا من الإشعاعات الخضراء.  
نستنتج من هذا أن المناطق التي تجمعت فيها البكتيريا غنية بالأكسجين نظراً لوجود أشعة تنشط ظاهرة التركيب الضوئي.
- خلال التجربة الثانية نلاحظ تحرير كمية كبيرة من الأكسجين في الأنابيب عند استعمال المرشح الأحمر والبنفسجي، وكمية متوسطة عند استعمال المرشح الأزرق، وكمية ضعيفة عند استعمال المرشح الأخضر. في حين ينعدم تحرير  $O_2$  عند استعمال المرشح الأخضر.  
نستنتج أن الإشعاعات الضوئية لا تتوفر على نفس الفعالية في عملية التركيب الضوئي. ويطلق على فعالية مختلف الإشعاعات الممتصة اسم طيف الفعل Spectre d'action.

### ج - طيف الامتصاص وطيف الفعل انظر الوثيقة 4



نلاحظ أن هناك تطابق بين طيف الامتصاص وطيف الفعل، وبالتالي فالإشعاعات الأكثر امتصاصا هي نفسها الأكثر فعالية في التركيب الضوئي. نستنتج من هذه المعطيات أن الطاقة الضوئية الممتصة من طرف الصبغات اليخصوصورية تستعمل في ظاهرة التركيب الضوئي. وكل إشعاع ممتص يكون إشعاعاً فعالاً.

### د - خاصية التفلور لدى اليخصوصور La fluorescence انظر الوثيقة 5



### الوثيقة 5: خاصية التقلور لدى اليخضور La fluorescence

★ عند تسلیط الضوء الأبيض على محلول اليخضور الخام، تكون الإشعاعات الضوئية التي تعبر محلول خضراء والمنعكسة حمراء. وتسمى هذه الظاهرة بالتقلور (الشكل أ). وتفسر بكون جزيئات اليخضور المعزول تستجيب للضوء بفقدان إلكترون يخرج عن مداره متبعاً عن نواة الذرة ومكتسباً مستوى طاقتياً أكبر مؤقتاً. وعند رجوعه إلى مداره الأصلي يعيد الطاقة المكتسبة على شكل حرارة وتقلور (الشكل ب).

★ تنتظم جزيئات الصبغات اليفضورية على شكل مجموعة وظيفية تسمى اللاقطة المجمعة. تلتقط هذه الجزيئات الطاقة الضوئية وتوجهها إلى جزيئة واحدة من اليخضور *a* التي تصبح في حالة اهتماج.

عند اهتماجها تفقد جزيئة اليخضور *a* الكتروناً لفائدة متقبل الإلكترونات فتكتسب قدرة مؤكسدة عالية تمكنها من انتزاع إلكترون من معطي الإلكترونات لسترجع حالتها الأصلية (الشكل ج).

تسمى الوحدة الوظيفية المكونة من اللاقطة المجمعة وجزيء اليخضور *a* نظاماً ضوئياً.

من خلال معطيات هذه الوثيقة أبرز دور النظام الضوئي في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

بعد امتصاصها لكمية من الطاقة الضوئية تصبح جزيء اليخضور مهيجة، ويمن أن تعود إلى حالتها الأصلية بثلاث طرق:

★ طرح كمية من الحرارة والضوء، طول موجتها أطول من طول الموجة الممتصة وهذا ما يسمى بالتفلور.

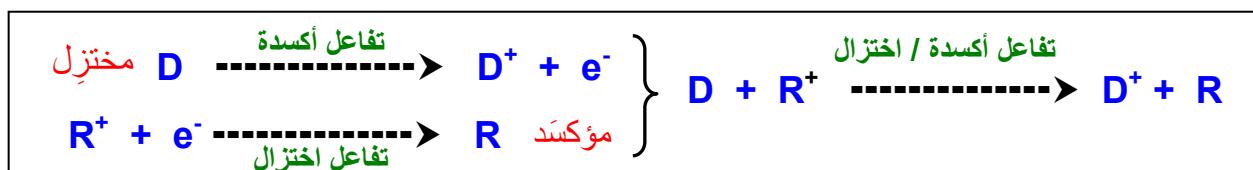
★ نقل الطاقة إلى جزيء آخر، هذه الأخيرة تصبح بدورها مهيجة.

★ تنشيط نقل الإلكترونات بين معط D ومستقبل R، يتميزان بجهد أكسدة - اختزال ( $E_0$ ) بحيث  $E_0D^+/D < E_0R^+/R$  ويتم هذا التنشيط بواسطة اليخضور *a* الذي يهيج تحت تأثير فوتون فيفقد إلكترون ويكتسب قدرة مؤكسدة عالية تسمح له بانتزاع إلكtron من معط للاكترونات لسترجع حالتها الأصلية. انه تفاعل أكسدة - اختزال باستعمال طاقة الضوء، وهكذا يحول اليخضور *a* الطاقة الضوئية إلى عمل كيميائي.

تسمى الوحدة الوظيفية المكونة من اللاقطة المجمعة وجزيء اليخضور *a* نظاماً ضوئياً Photosystème.

★ تفاعلات الأكسدة - اختزال هي تفاعلات كيميائية يحدث خلالها انتقال الإلكترونات بين معط للاكترونات (مختزل) ومتقبل للاكترونات (مؤكسد).

يتميز كل زوج مؤكسد - مختزل بجهد أكسدة - اختزال ( $E_0$ )، يعبر عن قدرته على الاختزال، وفي المثال أسفله تنتقل الإلكترونات من D إلى R دون مصدر خارجي للطاقة مما يعني أن:  $E_0D^+/D < E_0R^+/R$



### ③ على أي مستوى من الخلية يوجد اليخضور؟ أنظر الوثيقة 6

#### أ - ملاحظة مجهرية لورقة خضراء:

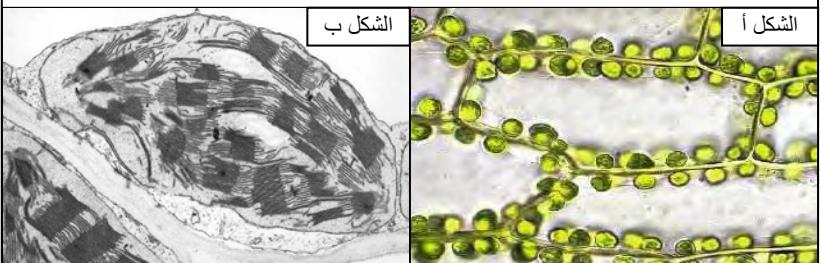
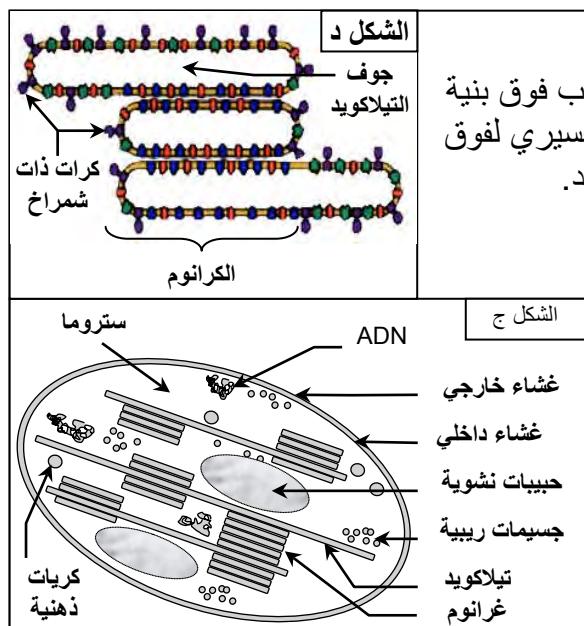
★ يتضح من الملاحظة المجهرية لورقة خضراء (الشكل أ) أنها تتكون من مجموعة من الخلايا تحتوي على عناصر شبه كروية الشكل ذات لون أخضر، نسميتها بلاستيدات خضراء Les chloroplastes. نستنتج إذن أن هذه العضيات الخلوية هي التي تحتوي على اليخضور.

## ب - بنية وفوق بنية البلاستيد الخضراء:

### الوثيقة 6: مكان تموض الصبغات الخضراء

يعطي الشكل أ ملاحظة مجهرية لخلايا ورق عيلودة. ويعطي الشكل ب فوق بنية البلاستيد الخضراء ملاحظة بالمجهر الإلكتروني. والشكل ج رسم تفسيري لفوق بنية البلاستيد الخضراء. والشكل د رسم تفسيري لفوق بنية التيلاكويد.

بالاعتماد على معطيات الوثيقة وعلى ملاحظات مجهرية لورقة خضراء صف بنية وفوق بنية البلاستيد الخضراء وحدد تموض الصبغات الخضراء بها.



★ تبين الملاحظة الالكترونوجرافية (الشكل ب وج) أن البلاستيد الخضراء تتكون من صفائح ممتدة داخل وسط عديم اللون يسمى الستروما Stroma. تظهر البلاستيد الخضراء غشاءين، غشاء خارجي وغشاء داخلي. هذا الأخير يظهر تفرعات هي التي تكون الصفيحات والتي نسماها التيلاكويد Thylacoïde. في بعض المناطق تجتمع الصفيحات على شكل أقراص متراكبة تسمى الكرانوم Granum. تجتمع الصبغات الخضراء في أغشية التيلاكويد. كما تظهر هذه الأغشية عناصر يتراوح قطرها بين 8nm إلى 9nm تسمى كريات ذات شمراح Sphères pédonculées (الشكل د)، وهي عبارة عن مركبات أنزيمية تحتوي على أنزيم ATP Synthétase سانتيتاز ATP. نجد بالستروما عدة جزيئات عضوية أهمها النشا وعدة أنزيمات كالأنزيم المسؤول عن إدماج  $\text{CO}_2$ .

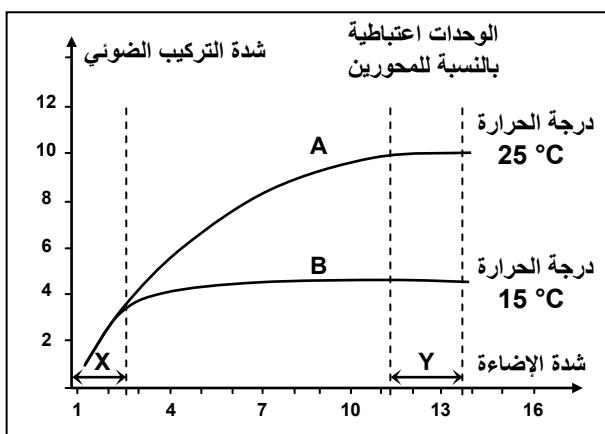
### ج - خلاصة:

تنفرد البلاستيد الخضراء باحتواها على اليخصوص الذي تستمد منه لونها الأخضر. وهي عضيات خلوية تسبح في السيتو بلازم. تحتوي كل بلاستيد على صفيحات التيلاكويد التي تجتمع في مناطق متعددة على شكل كرانوم. وتشبه التيلاكويد في بنيتها الغشاء الغشائي السيتو بلازمي إلا أنها تتميز باحتواها على جزيئات اليخصوص وعلى أنزيمات تساهمن في عملية التركيب الضوئي.

## II - آلية التركيب الضوئي

### ① الكشف عن مراحل التركيب الضوئي

#### أ - ملاحظات Blackman (1905): انظر الوثيقة 7



### الوثيقة 7: الكشف عن تفاعلات التركيب الضوئي

اهتم Blackman بدراسة تأثير درجة الحرارة وشدة الإضاءة على شدة التركيب الضوئي، فحصل على النتائج الممثلة على المبيان أدناه.

اقترض Blackman وجود نوعين من التفاعلات في ظاهرة التركيب الضوئي: تفاعلات ضوكيميائية وأخرى كيميائية حرارية.

أبرز هذا الافتراض انطلاقاً من تحليل معطيات هذه الوثيقة.

## ب - تحليل واستنتاج

★ في المرحلة X عند شدة إضاءة ضعيفة نلاحظ أن شدة التركيب الضوئي تتأثر بشدة الإضاءة، ولا تتأثر بدرجة الحرارة، إذ ترتفع شدة التركيب الضوئي مع ارتفاع شدة الإضاءة. وبالتالي فالعامل المحدد لهذه الفترة هو شدة الإضاءة.

★ في المرحلة Z عند شدة إضاءة مرتفعة نلاحظ أن شدة التركيب الضوئي لا تتأثر بشدة الإضاءة، وتتأثر بدرجة الحرارة، إذ ترتفع شدة التركيب الضوئي عند ارتفاع درجة الحرارة. وبالتالي فالعامل المحدد لهذه الفترة هو درجة الحرارة.

انطلاقاً من هذه المعطيات يمكن افتراض تدخل نوعين من التفاعلات خلال عملية التركيب الضوئي:

✓ تفاعلات ضوكيميائية Réactions photochimiques تستلزم الإضاءة ولا تتأثر بالحرارة.

✓ تفاعلات كيميائية حرارية Thermochimiques لا تستلزم الإضاءة وتتأثر بالحرارة.

## ② التفاعلات الأساسية ل التركيب الضوئي

### أ - تفاعلات المرحلة المضاعفة: أكسدة الماء

تلقط الصبغات اليفخصوصية (اليفخصوص b والمصفر والجزرين) الطاقة الضوئية، وتنقلها إلى اليفخصوص a التي تحرر الكتروناً لفائدة متقبل الكترونات وتصبح قادرة على انتزاع إلكترون من معدن للاكترونات. فما المصدر الطبيعي للاكترونات المنتزعه من طرف اليفخصوص a؟ وما مصير الإلكترون المحرر من طرفه؟

#### a - الكشف عن التحليل الضوكيميائي للماء La photolyse de l'eau

##### الوثيقة 8: الكشف عن التحليل الضوكيميائي للماء La photolyse de l'eau

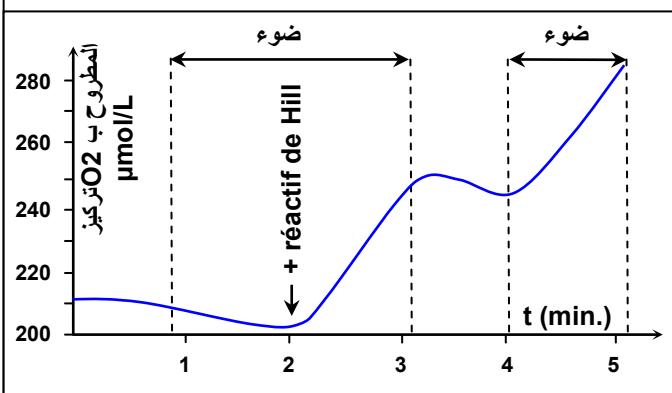
★ تجربة Karmen و Ruben (1941).

لمعرفة أصل  $O_2$  المطروح أثر التركيب الضوئي قام Ruben Karmen بتزويد وسط زرع طحلب يخصوصي أحادي الخلية (الكلوريل Chlorelle) بماء مشع يحتوي على الأكسجين الثقيل  $H_2O^{18}$  وبنائي أكسيد الكربون يحتوي على الأكسجين الخفيف  $CO_2^{16}$ . ثم قاما بتحليل الأكسجين المطروح الذي اتضح أنه يحتوي على  $O^{18}$  بنسبة قريبة من نسبته في الماء المستعمل في بداية التجربة. كما قاما بتجربة مضادة حيث زودت الكلوريلات بماء يحتوي على الأكسجين الخفيف  $H_2O^{16}$  وبنائي أكسيد الكربون مشع يحتوي على الأكسجين الثقيل  $CO_2^{18}$ . وتبين أن الأكسجين المطروح يحتوي على  $O^{16}$  بنفس النسبة الموجودة في الماء المستعمل في التجربة المضادة.

- 1) ماذا يمكنك استخلاصه من هذه التجارب؟
- 2) أكتب معادلة التفاعل.

★ تجربة Hill (1939)

استعمل Hill محلولاً عالقاً للبلاستيدات الخضراء المعزولة في وسط بدون  $CO_2$ . وقام بقياس حجم  $O_2$  المطروح تحت إضاءة مستمرة. أضاف إلى الوسط متقبلاً غير طبيعي للاكترونات (Ferricyanure de potassium) يدعى كاشف Hill بدل المتقبل الطبيعي الموجود داخل البلاستيد الخضراء. يحتوي هذا الكاشف على  $Fe^{3+}$  وهو أيون قابل لاستقبال إلكترون وفق التفاعل التالي:



1) ما يمكن استخلاصه من نتائج تجربة Ruben Karmen، هو أن الماء هو أصل  $O_2$  المطروح أثناء عملية التركيب الضوئي

2) يكتب التفاعل كما يلي:  $2H_2O \longrightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$

يسمي هذا التفاعل بالتحليل الضوكيميائي للماء La photolyse de l'eau

(3) في الظلام وقبل إضافة كاشف Hill نلاحظ أن نسبة  $O_2$  المطروح تكون منخفضة. وبعد إضافة هذا الكاشف نلاحظ ارتفاع نسبة  $O_2$  المطروح، طيلة مدة الإضاءة. وفي الظلام تتخلص من جديد نسبة  $O_2$  المطروح.

نستنتج من هذا أن طرح  $O_2$  مرتبط بوجود مادة كيميائية متقبلة للاكترونات. في هذه التجربة المادة المتقبلة للاكترونات هي أملاح الحديد حيث

$$Fe^{3+} + 1e^- \longrightarrow Fe^{2+}$$

في الحالة الطبيعية، المادة الكيميائية المتقبلة للاكترونات هي جزيئه NADP (Nicotinamide Adénine Diphosphate) في هذه التجربة المادة المتقبلة للاكترونات هي أملاح الحديد حيث توجد في الستروما وتنتمي بقدرة احتزالية عالية تمكناها من اكتساب الاكترونات حسب التفاعل التالي:



**خلاصة:** يتبيّن من تجربة Hill أن تفاعلات طرح  $O_2$  هي تفاعلات أكسدة للماء (فقدان الكترونات). وإذا رمزاً للمادة المؤكسدة بـ A يكون التفاعل:



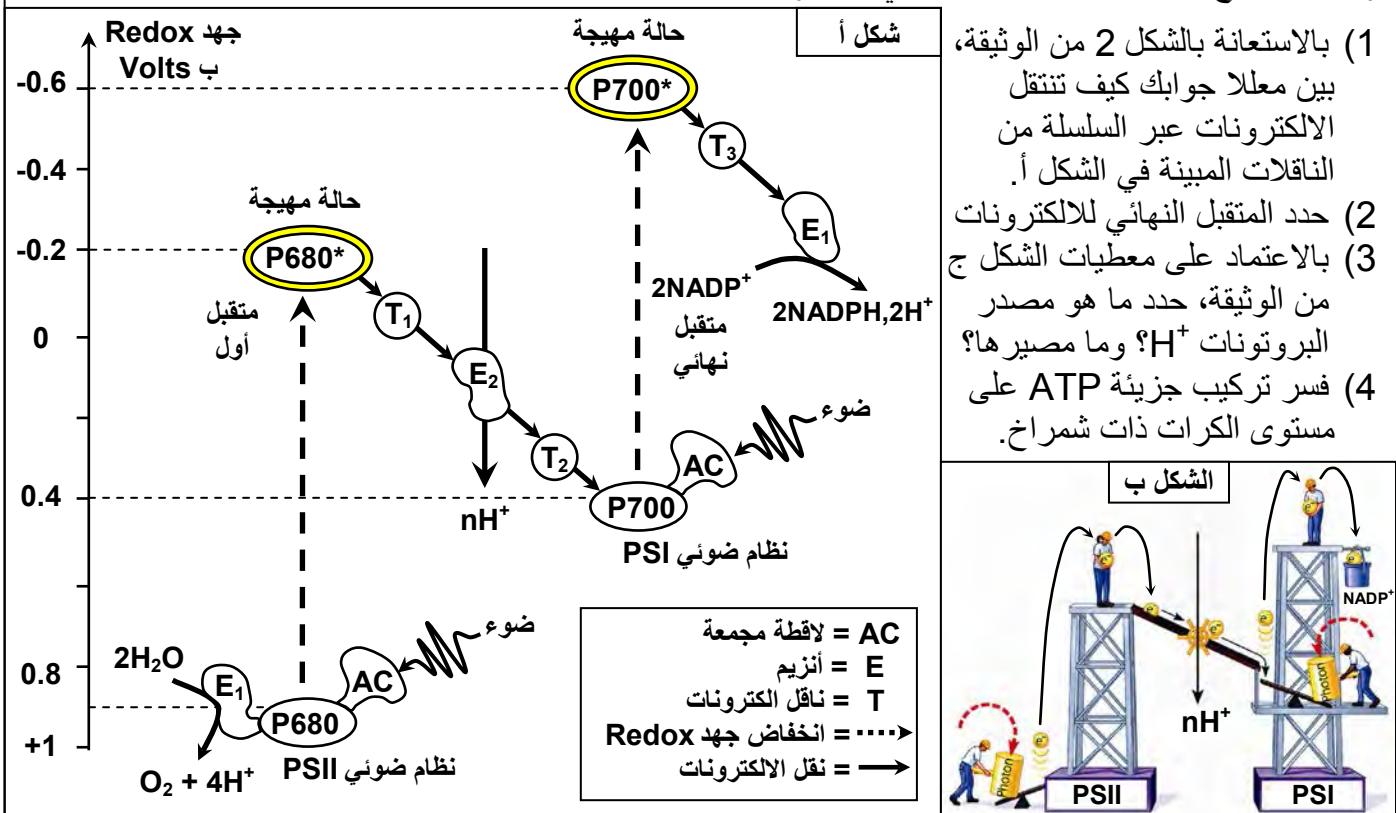
إن الإلكترون المنزوع من طرف جزيئات اليخصوصور a يستقبل من طرف جزيئات NADP<sup>+</sup> حيث يتم نقله إلى هذه الجزيئات عبر سلسلة أكسدة / احتزاز بواسطه ناقلات خاصة ( $T_3, T_2, T_1, \dots$ ) توجد على مستوى غشاء التيلاكويد، بينما NADP<sup>+</sup> توجد على مستوى الستروما.

فكيف يتم انتقال الاكترونات من اليخصوصور a إلى المتقبل النهائي NADP<sup>+</sup> عبر سلسلة أكسدة/احتزاز؟

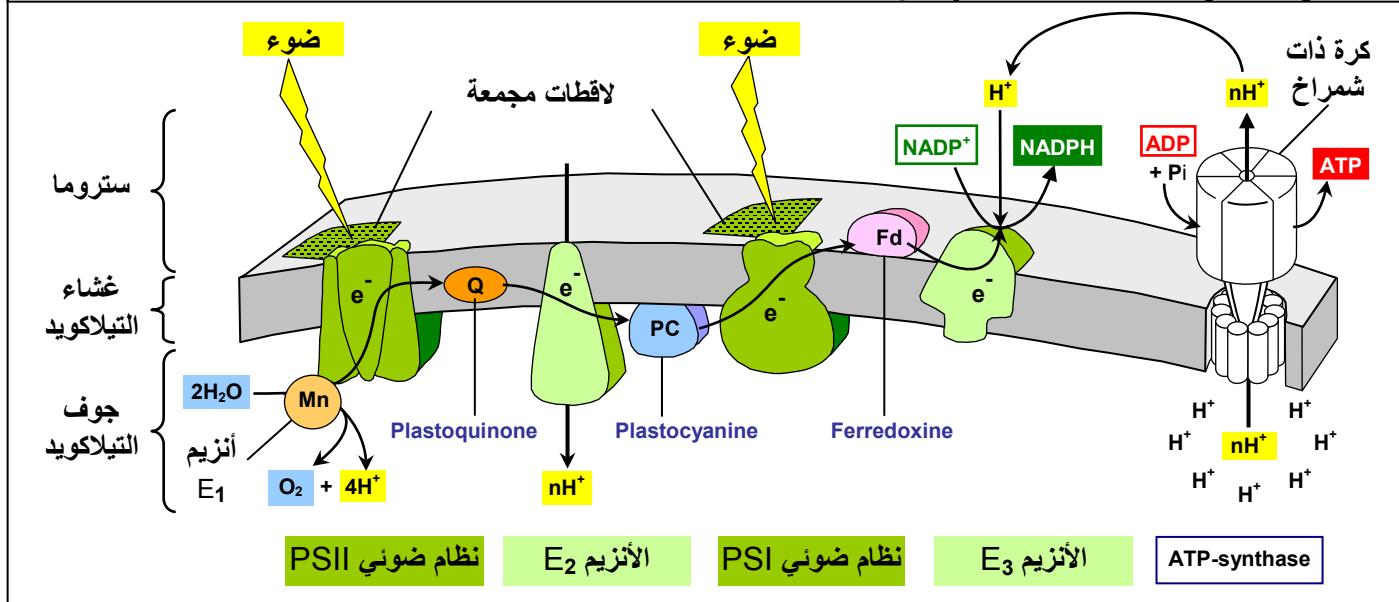
## b - نقل الاكترونات داخل البلاستيدية الخضراء

### الوثيقة 9: نقل الاكترونات من اليخصوصور a إلى المتقبل النهائي NADP<sup>+</sup>

لمعرفة كيفية تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية نقترح دراسة الوثائق التالية:  
يبين الشكل أ من الوثيقة قيم جهد الأكسدة / احتزاز لمناقلات الاكترونات. ونعلم أن الاكترونات تنتقل تلقائياً في اتجاه متزايد مع تحرير الطاقة، ولا تنتقل في اتجاه  $E_0$  متراقص إلا إذا توفرت الطاقة.



الشكل ج: تموير سلسلة التركيب الضوئي على مستوى غشاء التيلاكويد



(1) يتطلب نقل الإلكترونات إمداداً طارقياً خارجياً. ويتم بفضل نظامين ضوئيين PSII وPSI عند التقاطهما للطاقة الضوئية، وبمساعدة مجموعة من البروتينات الموجودة في غشاء التيلاكويد والتي تلعب دور ناقلات للالكترونات. وتشكل ما يسمى سلسلة التركيب الضوئي. وتنتقل الإلكترونات عبر السلسلة على الشكل التالي:

- من  $T_1$  إلى PSI و من  $T_3$  إلى  $NADP^+$ : انتقال من  $E_0$  منخفض إلى  $E_0$  مرتفع، هو انتقال تلقائي للإلكترونات مع تحرير الطاقة.
- من PSII إلى  $T_1$  و من  $T_3$  إلى PSI: انتقال من  $E_0$  منخفض إلى  $E_0$  مرتفع مع استعمال الطاقة.

(2) المتقبل النهائي للإلكترونات هو  $NADP^+$  :



(3) يتم نقل الإلكترونات المحررة من طرف اليخضور عند تهييجه عبر سلسلة تفاعلات (أكسدة / اختزال) بواسطة ناقلات الإلكترونات التي توجد على مستوى غشاء التيلاكويد. أثناء انتقال الإلكترونات عبر الناقلات الغشائية تحرر طاقة تستعمل في ضخ البروتونات  $H^+$  من الستروما نحو جوف التيلاكويد والتي تضاف إلى البروتونات الناتجة عن التحليل الضوئي للماء في جوف التيلاكويد، فيرتفع بذلك تركيز أيونات  $H^+$  داخل جوف التيلاكويد وإحداث ممالي (Gradient  $H^+$ ) بين جهتي غشاء التيلاكويد (انخفاض  $pH$  جوف التيلاكويد).

(4) تتدفق البروتونات  $H^+$  عبر الكرات ذات شمراخ إلى خارج التيلاكويد، وتستعمل الطاقة الناتجة عن ذلك في تركيب جزيئات ATP انطلاقاً من ADP و Pi، بتدخل أنزيم غشائي ATP سنتاز حسب التفاعل التالي:



يسمى هذا التفاعل بالتنفس التأكسدي .La phosphorylation oxydative

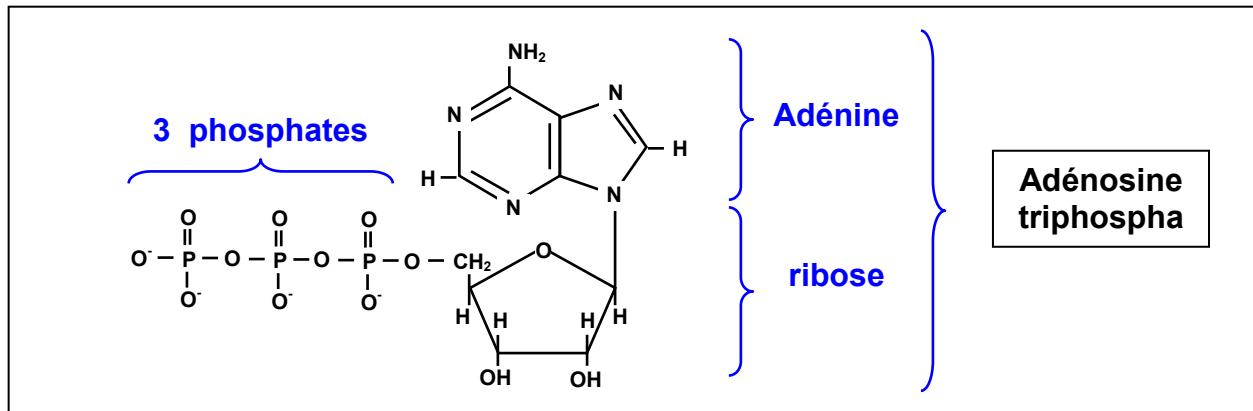
### C - خلاصة:

يمكن تلخيص نواتج المرحلة المضاءة فيما يلي:

- التحليل الضوئي للماء داخل جوف التيلاكويد (أكسدة):  $2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$
- اختزال جزيئة  $NADP^+$  إلى  $NADPH, H^+$ :  $2NADP^+ + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2NADPH, 2H^+$
- تركيب جزيئات ATP :  $ADP + Pi \rightarrow ATP$



يبتدين إذن أن الطاقة الضوئية تحولت إلى طاقة كيميائية على شكل جزيئة ATP = (Adénosine triphosphate) وهي جزيئة مركبة من الأدينوزين (أدينين - ريبوز) والfosفات.

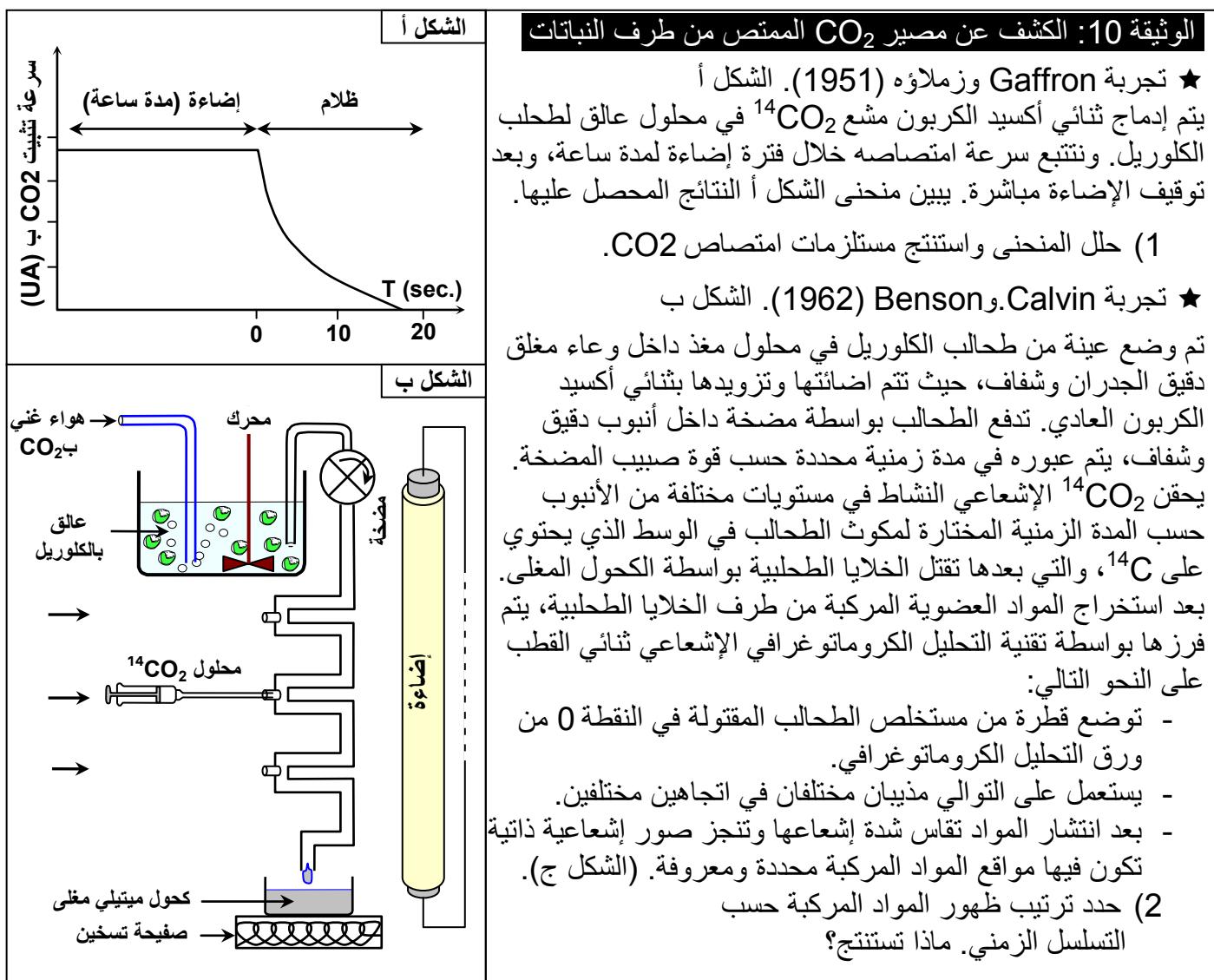


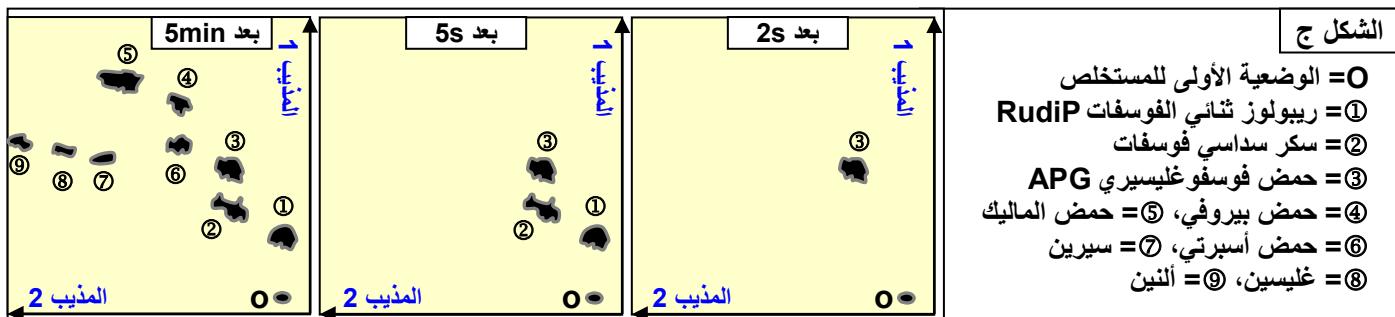
الروابط التي تجمع بين الفوسفاط غنية بالطاقة . فعند تركيب جزيئة ATP يتم تخزين طاقة يمكن تحريرها أثناء الحلماء:

$$ATP + H_2O \longrightarrow ADP + Pi + E \text{ (Energie)}$$

### ب - تفاعلات المرحلة المظلمة: اختزال $CO_2$ وتركيب المادة العضوية

#### a - الكشف عن مصير $CO_2$ الممتص من طرف النباتات أنسنر الوثيقة 10





(1) يلاحظ أن امتصاص  $\text{CO}_2$  يكون مرتفعاً ومستمراً أثناء فترة الإضاءة. لكن خلال فترة الظلام يستمر هذا التثبيت تنخفض نسبته تدريجياً إلى أن تتعدى  $18\text{s}$  في الظلام.

نستنتج من هذا أن تثبيت  $\text{CO}_2$  لا يتطلب إضاءة ولكن يتطلب توفير مواد يتم تركيبها خلال فترة الإضاءة. هذه الطاقة تنفذ بعد 18 ثانية من تطبيق الفترة المظلمة لذلك يتوقف تثبيت  $\text{CO}_2$ . إن تفاعلات المرحلة المظلمة (التفاعلات الكيميائية الحرارية) تمكن من إدماج  $\text{CO}_2$  قصد تركيب المادة العضوية وذلك بوجود نواتج المرحلة الضوكميائية:  $\text{NADPH}, \text{H}^+$  و  $\text{ATP}$ .

(2) نلاحظ في الثواني الأولى أن الإشعاع يظهر في الحمض الفوسفو غليسيري APG (جزيئه ثلاثة الكربون)، ثم السكر السداسي أحادي الفوسفات ثم السكر الخماسي ثانوي الفوسفات RudiP، وبعد مدة أطول يظهر الإشعاع في مواد عضوية أكثر تعقيداً مثل الأحماض الأمينية، الأحماض الذهنية، السكريوز...

نستنتج من هذا أن الكربون المعدني ( $\text{CO}_2$ ) يتحول إلى كربون عضوي يدمج في مواد عضوية مختلفة مع مرور الزمن

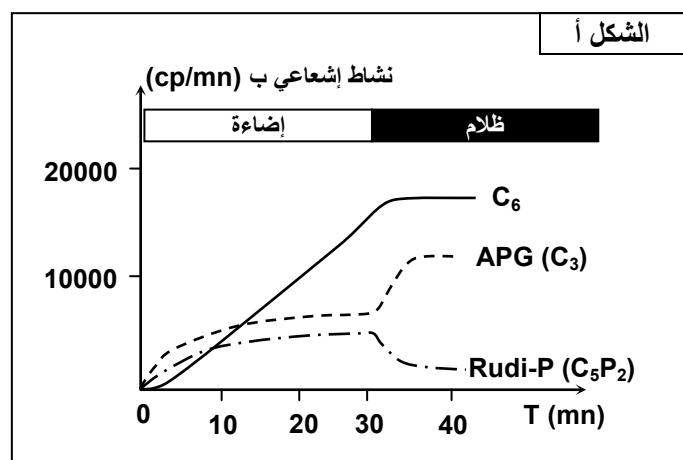
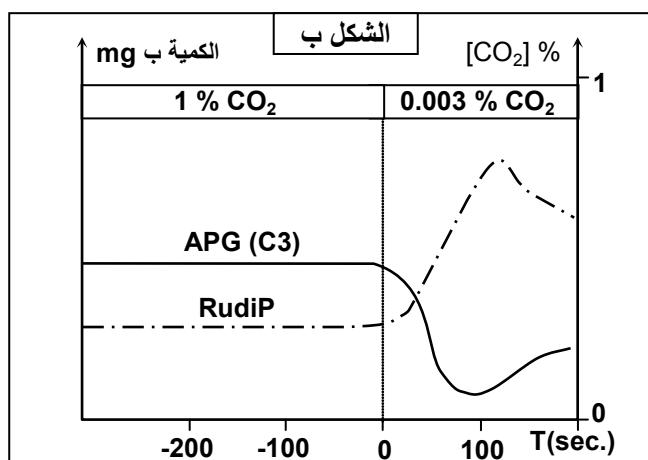
### b - اختزال $\text{CO}_2$ الممتص وتركيب المادة العضوية أنظر الوثيقة 11

#### الوثيقة 11: اختزال $\text{CO}_2$ الممتص وتركيب المادة العضوية

للكشف عن التحولات المتبادلة بين المواد المركبة حسب الإضاءة وحسب توفر  $\text{CO}_2$  نستعمل تركيب Calvin ونقوم بالتجارب التالية:

★ عرضت عينة من الكلوريلات لفترة إضاءة متقدمة بفترة مظلمة مع قياس شدة الإشعاع عبر الزمن بالنسبة لثلاث مركبات كربونية: سكر سداسي الكربون ( $\text{C}_6$ ) و هو سكر خماسي الكربون ( $\text{C}_5$ ) و APG ( $\text{C}_3$ ). النتائج مبينة على الشكل أ من الوثيقة.

★ في فترة ثانية تم وضع الكلوريلات بالتالي في وسط غني ب  $\text{CO}_2$  (1%) ووسط فقير من  $\text{CO}_2$  (0.003%) مع إخضاعها لإضاءة ثابتة وقياس شدة الإشعاع بالنسبة لكل من RudiP و APG (أنظر الشكل ب).



- صف تطور كل من المركبات  $\text{C}_6$  و  $\text{C}_5$  و  $\text{C}_3$  في مختلف مراحل التجارب.
- اقترح تفسيراً للتطور المتزامن لهذه المركبات (اربط العلاقة بين تطور كل من RudiP و APG و وجود  $\text{CO}_2$  في الوسط).

(1) تطور المركبات  $C_3$  و  $C_5$  و  $C_6$ :

★ التجربة الأولى (عند توفر  $CO_2$  بنسبة ثابتة):

✓ خلال فترة الإضاءة ترتفع كمية السكريات  $C_6$  باستمرار بينما ترتفع كمية APG و RudiP وتبقى مستقرة عند قيمة قصوية.

✓ خلال الفترة المظلمة: نلاحظ ارتفاع في نسبة  $(C_3)$  و  $C_6$  و انخفاض في نسبة  $(C_5)$ .

★ التجربة الثانية (عند تغيير تركيز  $CO_2$ ):

✓ بوجود  $CO_2$  تكون تراكيز APG و RudiP ثابتة مع نسبة أكبر من APG.

✓ بغياب  $CO_2$  يرتفع RudiP و ينخفض تركيز APG.

(2) تفسير التغيرات الملاحظة:

★ يتبيّن خلال فترة الإضاءة أن هناك تحولات متبادلة بين RudiP و APG تجعل تركيزهما ثابتاً. أما خلال الفترة المظلمة يتراكم APG على حساب RudiP، الذي لا يتم تجديده إلا بوجود الإضاءة أي بوجود نواتج المرحلة الضوكييمائية وهي  $NADPH, H^+$  و ATP.

★ في غياب  $CO_2$  يتراكم APG على حساب RudiP الذي يتناقص وذلك راجع إلى توقف تحول APG إلى RudiP واستمرار تحول RudiP إلى مواد أخرى من بينها RudiP.

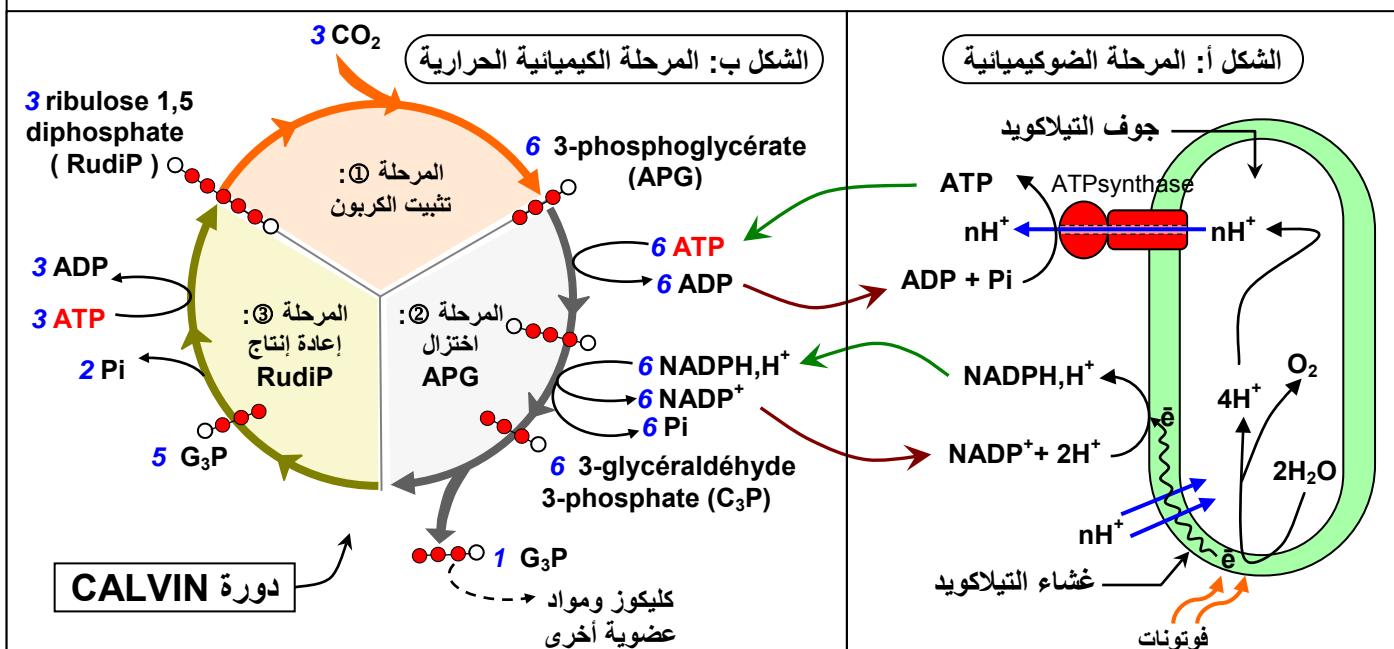
**استنتاج:**

إن APG هو أول منتج عضوي لعملية التركيب الضوئي، يستعمل هذا المنتوج في تركيب مواد عضوية أخرى (سكريات ثلاثية الكربون بها فوسفات) والتي تعتبر المواد الأولية لتركيب مختلف المواد العضوية (سكريات، دهنيات، بروتينات...) وكذا تجديد RudiP الضروري لضمان استمرار إدماج  $CO_2$ . وذلك ضمن مجموعة من التفاعلات البيوكيميائية التي تتنظم في شكل دورة مغلقة تسمى دورة Calvin. هذه التفاعلات لا تستلزم الإضاءة لهذا تسمى تفاعلات المرحلة المظلمة. ولكن تستلزم نواتج المرحلة المضاءة (أنظر الوثيقة 12).

### الوثيقة 12: تفاعلات دورة Calvin وعلاقتها بتفاعلات المرحلة الضوكييمائية

بينت عدة تجارب أن تفاعلات المرحلة المظلمة (شكل ب) ترتبط بالمرحلة المضاءة (شكل أ). ففي سترووما البلاستيدية الخضراء تتحول جزيئه APG عبر تفاعلات مستهلكة ل  $NADPH, H^+$  و ATP إلى سكر ثلاثي الفوسفات  $C_3$ ، مصدر تركيبات عضوية متعددة، وإلى تجديد RudiP. تشكل هذه التفاعلات دورة بيوكيميائية تدعى دورة Calvin.

تعطي الوثيقة أسفله مزاوجة تفاعلات كل من المرحلة المضاءة (شكل أ) والمرحلة المظلمة (شكل ب). أول معطيات هذه الوثيقة إلى نص علمي سليم محمدًا مراحل دورة Calvin مع الرابط بين المرحلة المضاءة والمظلمة.



## تفاعلات دورة Calvin

يمكن تقسيم دورة Calvin إلى ثلاثة مراحل:

المرحلة ①: إدماج  $\text{CO}_2$  في مركب خماسي الكربون RudiP للحصول على جزيئتين لمركب ثلاثي الكربون APG، وذلك بتدخل أنزيم يسمى RubisCO.

المرحلة ②: اختزال APG إلى سكر ثلاثي الكربون أحدى الفوسفات ( $\text{G}_3\text{P}$ ) مع استهلاك ATP و  $\text{NADPH}, \text{H}^+$ ، يدخل جزء من ( $\text{G}_3\text{P}$ ) في تركيب المواد العضوية والجزء الآخر في المرحلة ③ من دورة Calvin.

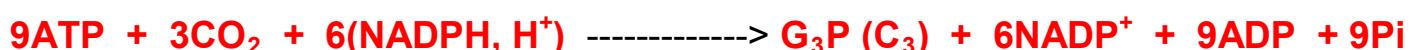
المرحلة ③: إعادة إنتاج RudiP: تعد هذه المرحلة الأساسية لإعادة إدماج  $\text{CO}_2$ ، إذ تتم عبر سلسلة من التفاعلات التي تستهلك الطاقة. وتم إعادة التركيب باستعمال جزء من ثلاثيات السكر ( $\text{G}_3\text{P}$ ) المركبة.

إذ خلال التفاعلات الضوكيمية تتمكن البلاستيدات الخضراء من تركيب  $\text{NADPH}, \text{H}^+$  و ATP اللازمين لاختزال  $\text{CO}_2$ . ويتم هذا الاختزال مع تركيب المادة العضوية خلال المرحلة المظلمة.

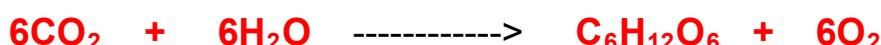
✓ نتائج المرحلة الضوكيمية:



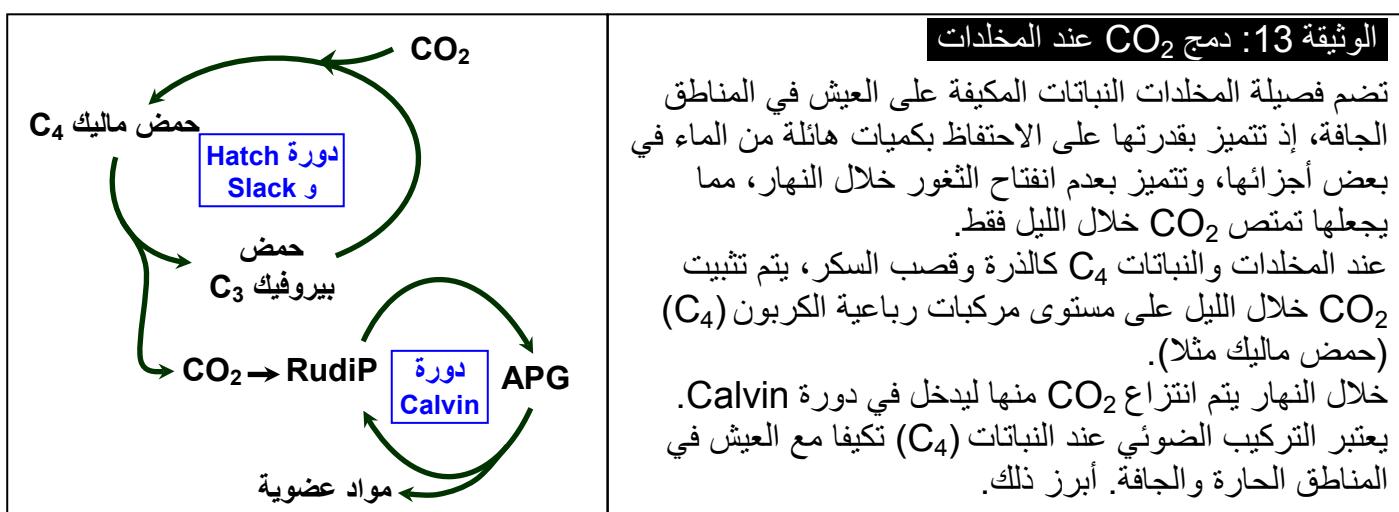
✓ نتائج المرحلة البيوكيميائية:



✓ حصيلة:



**ملاحظة: نمط آخر لدمج  $\text{CO}_2$**  (انظر الوثيقة 13)



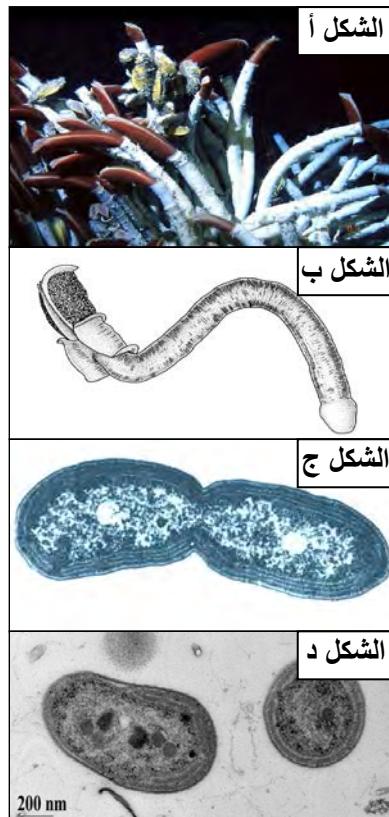
بالنسبة للنباتات المكيفة مع العيش في مناخ جاف مثل المخلدات، يتغير امتصاص  $\text{CO}_2$  نهاراً فيتم تثبيته ليلاً لتركيب حمض الماليك ( $\text{C}_4$ ) ليشكل خزان ل  $\text{CO}_2$  يراكمه في فجوات الخلية، لهذا تتعت هذه النباتات بالنباتات  $\text{C}_4$  لأن أول مركب ينتج عن دمج  $\text{CO}_2$  يكون رباعي الكربون  $\text{C}_4$ .

خلال النهار يتحول حمض ماليك إلى حمض بيروفيك مع تحرير  $\text{CO}_2$  الذي يلتحق بدوره Calvin وبالتالي إنتاج APG ثم باقي المركبات العضوية على شكل النباتات  $\text{C}_3$ .

### III - تنوع مصادر المادة والطاقة المستعملة من طرف الكائنات الحية

#### ① التركيب الكيميائي عند الكائنات المعدنية التغذية

انظر الوثيقة 14



الوثيقة 14: الكائنات الكيميائية المعدنية التغذية

★ في بداية ثمانينيات القرن العشرين اكتشفت فونة تحت بحرية تعيش في أعماق البحر التي تفوق 2500m، باستقلال تام عن الطاقة الشمسية، حالة بعض البكتيريات وحيوان Riftia pachyptila (الشكل أ وب) تعيش هذه الكائنات ، بمحاذة الذروات الوسط محيطية، حيث توجد مدخنات حرارية تنشر مجموعة من المركبات المعدنية المختزلة، من أهمها  $H_2S$ . تعمل البكتيريات معدنية التغذية على أكسدتها من أجل تركيب المادة العضوية.

★ تتمكن بكتيريا من نوع Nitrosomonas (الشكل ج) من أكسدة محلول النشارد  $NH_4^+$  إلى حمض التتروز  $NO_2^-$  بوجود  $O_2$  مع تحرير طاقة  $RH_2O + ATP$  تعتبر مصدرا لإنتاج مادتها العضوية.



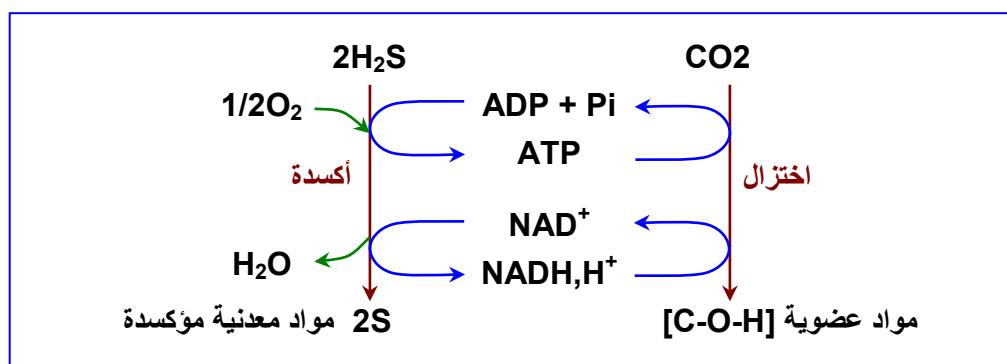
★ تتمكن بكتيريا Nitrobacter (الشكل د) من أكسدة حمض التتروز  $NO_2^-$  إلى حمض النتريك  $NO_3^-$  :

$$NO_2^- + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NO_3^-$$

قارن بين مصدر الطاقة المستعملة من طرف النباتات الخضورية ومصدر الطاقة المستعملة من طرف البكتيريات التي تعيش قرب الذروات الوسط محيطية، وبكتيريات التربة المعدنية التغذية.

★ تتميز الكائنات الحية بتنوع كبير في أنواعها وبنيتها وأوساط عيشها التي تستمد منها الطاقة والمادة اللازمتين لتركيب مادتها العضوية والقيام بوظائفها الحيوية. إضافة إلى النباتات التي ترتكب مادتها العضوية انطلاقا من مادة معدنية بالاعتماد على الطاقة الشمسية، توجد كائنات حية تعيش باستقلال تام عن الطاقة الشمسية والتركيب الضوئي وتستطيع تحويل المادة المعدنية إلى مادة عضوية.

★ تعيش الكائنات المعدنية التغذية، على مستوى الذروات المحيطية بالقرب من مدخنات حرارية تنشر مجموعة من المركبات المعدنية مثل  $H_2S$ ، تعمل هذه الكائنات على أكسدتها من أجل تركيب المادة العضوية، وتسمى هذه الظاهرة بالتركيب الكيميائي، وتنم على النحو التالي:



★ تتمكن بكتيريات التربة من أكسدة الأمونياك إلى نترات، وتشكل هذه العملية مصدرا للطاقة التي تستغل لتنشيط دورة Calvin وبالتالي تركيب المادة العضوية دون الانطلاق من الطاقة الضوئية، لذلك نتكلم عن التركيب الكيميائي.

## ② تنوع مصادر المادة والطاقة انظر الوثيقة 15

**الوثيقة 15: تنوع مصادر المادة ومصادر الطاقة واستعمالاتها من طرف الكائنات الحية**

		مصادر الطاقة الحياة حسب مختلف الكائنات الحية	مصادر المادة
يمكنها استعمال الضوء (دائماً يخصوصية)	- لا تستعمل الضوء - تستعمل مواد تؤكسدها		
كيميائية التغذية	ضوئية التغذية		
كيمياء معدنية التغذية تنجز تركيباً كيميائياً (بعض البكتيريات كالبكتيريات الأزوتية للتربيه)	ضوء معدنية التغذية تنجز عملية التركيب الضوئي (أغلبية الخلايا اليفخصوصية بوجود الضوء)	ذاتية التغذية	تطلب مواد معدنية فقط
كيمياء عضوية التغذية (عدد كبير من البكتيريات والفطريات، الخلايا الاليخصوصية للنباتات اليفخصوصية، خلايا يفخصوصية في الظلام)	ضوئوية التغذية تستعمل معطياً عضوياً للبروتونات والإلكترونات في التركيب الضوئي (بعض البكتيريات اليفخصوصية)	اعتمادية التغذية (غير ذاتية التغذية)	تطلب مواد عضوية

تلجأ الكائنات الحية إلى استعمال مصادر متعددة من المادة العضوية أو المعدنية، للقيام بمختلف الوظائف الإحيائية، والتي استغلال الطاقة الشمسية أو طاقة الأكسدة للحصول على طاقة كيميائية قابلة للاستعمال مباشرة في التفاعلات اللازمة لإنجاز هذه الوظائف الإحيائية.



# علوم الحياة والأرض

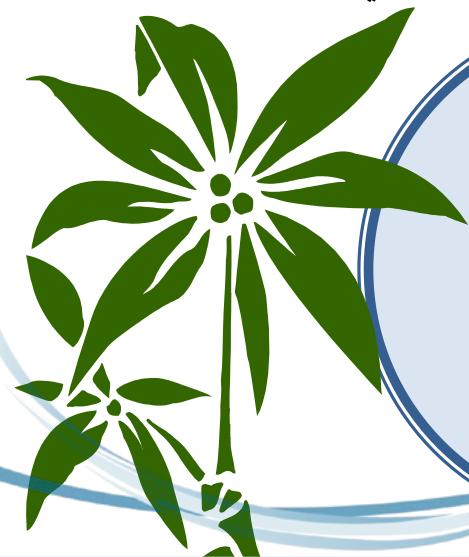
السنة الأولى من سلك البكالوريا

شعبة العلوم التجريبية

الدورة  
الثانية

إعداد: الأستاذ يوسف الأندلسبي

1  
باقٍ  
ع.تج



# البطاقة الوصفية: السنة الأولى مسلك العلوم التجريبية

## الدورة الثانية

الحصص	التواصلات الهرمونية والعصبية	1 - الوحدة الثالثة
	* الثالثة الإعدادية : وظائف الربط	2 - المكتسبات القبلية
13 س	<ul style="list-style-type: none"> <li>* التواصيل الهرموني .....</li> <li>- تحلون الدم : عامل بيولوجي ثابت</li> <li>- الهرمون والغدة الصماء</li> <li>+ دور كل من الأنسولين والكرياكون في تنظيم تحلون الدم</li> <li>+ البنيات المسؤولة عن إفراز كل من الأنسولين والكرياكون</li> <li>+ دور تركيز الكرياكوز في تسيير الإفرازات الهرمونية البنكرياسية في الدم</li> <li>+ كيفية عمل الهرمونات : فعل أحد هرموني البنكرياس على الخلايا الهدف.</li> <li>▪ استقبال الرسالة الهرمونية</li> <li>▪ ترجمتها</li> <li>▪ الاستجابة لها</li> </ul>	
17 س	<ul style="list-style-type: none"> <li>* التواصيل العصبية .....</li> <li>- خصائص العصب</li> <li>+ الاتهابية</li> <li>+ التوصيلية</li> <li>- طبيعة الرسالة العصبية</li> <li>+ كيفية نشوئها</li> <li>+ دور الغشاء الخلوي</li> <li>- خصائص الليف العصبي</li> <li>- نقطة الاشتباك العصبي (السينابس)</li> <li>+ آليات التبليغ السينابسي.</li> </ul>	3 - المضامين المراد دراستها واللغافالزمي المخصص لكل منها
	الملاحظة والتجريب والمناولة، إنجاز الرسوم والرسوم البيانية، التحليل والتركيب	4 - عناصر من المنهجية
	انظر الملحق الخاص بالوسائل التعليمية	5 - الوسائل التعليمية
30 د	في بداية معالجة الوحدة .....	6 - التقويم والدعم
60 د	في منتصف الوحدة .....	* التقويم القبلي
60 د	بعد الاختبار التكويني : .....	* التقويم التكويني
90 د	عند نهاية معالجة الوحدة وينبغي أن يشمل جميع مكونات الوحدة	* الدعم * التقويم النهائي
34 س	المجموع	

الحصص	الاندماج العصب هرموني	1 - الوحدة الرابعة
	* الثانية الإلإعدادية : التووالد عند الكائنات الحية * الثالثة الإلإعدادية : وظائف الربط * الوحدة الثالثة : التواصلات الهرمونية والعصبية	2 - المكتسبات القبلية
17 س	<ul style="list-style-type: none"> <li>* تنظيم وظيفة التووالد عند الإنسان .....</li> <li>- فيزيولوجية الجهاز التناسلي عند الرجل والمرأة           <ul style="list-style-type: none"> <li>+ دور الخصية (*)</li> <li>+ دور المبيض (*)</li> </ul> </li> <li>- العلاقة الوظيفية بين المبيض والرحم : دورة الرحم، دورة المبيض، الهرمونات المبيضية</li> <li>- دور الغدة النخامية والوطاء في تنظيم إفرازات الهرمونات الجنسية عند الرجل والمرأة : مفهوم المفعول الرجعي</li> </ul>	
13 س	<ul style="list-style-type: none"> <li>* تعليم مفهوم الاندماج العصب هرموني .....</li> <li>أمثلة أخرى تجسد الاندماج العصب هرموني           <ul style="list-style-type: none"> <li>+ تنظيم الضغط الشرياني</li> <li>- الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت</li> <li>- العلاقة بين تغيرات كل من الضغط الشرياني وتعدد القلب وصبيبه</li> </ul> </li> <li>- دور الجهاز العصبي والهرمونات في تنظيم الضغط الشرياني.</li> <li>+ الحفاظ على التوازن المائي المعدني للوسط الداخلي</li> </ul>	3 - المضامين المراد دراستها والغلاف الزمني المخصص لكل منها
	الملاحظة والتجريب والمناولة، إنجاز الرسوم والرسوم البيانية، التحليل والتركيب	4 - عناصر من المنهجية
	انظر الملحق الخاص بالوسائل التعليمية	5 - الوسائل التعليمية
30 د 60 د 60 د 90 د	<ul style="list-style-type: none"> <li>في بداية معالجة الوحدة .....</li> <li>في منتصف الوحدة .....</li> <li>بعد الاختبار التكويني : ..... عند نهاية معالجة الوحدة وينبغي أن يشمل جميع مكونات الوحدة .....</li> </ul>	6 - التقويم والدعم <ul style="list-style-type: none"> <li>* التقويم القبلي</li> <li>* التقويم التكويني</li> <li>* الدعم</li> <li>* التقويم النهائي</li> </ul>
34 س	المجموع	(*) : دون التطرق إلى مراحل تشكّل الأمشاج.

# التواصلات الهرمونية والعصبية

## مقدمة

يتعرض جسم الإنسان باستمرار إلى متغيرات خارجية وداخلية غير منتظمة، كنقصان أو إفراط في التغذية، تغير في درجة الحرارة، نزيف دموي ينتج عنه انخفاض في الضغط الشرياني. وعلى الرغم من ذلك تبقى أغلب الخصائص الداخلية للجسم ثابتة مثل درجة الحرارة الداخلية  $37^{\circ}\text{C}$ ، تركيز الكليكوز في الدم  $1\text{g/l}$ ، ضغط شرياني ثابت. وأي تغير في هذه الثابتات البيولوجية له عواقب وخيمة على الجسم.

تمكن التواصلات البيولوجية جميع أعضاء الجسم من القيام بوظائفها بشكل متناسق. ويحتوي جسم الإنسان على جهازين رئيسيين للتواصل بين الخلايا: الجهاز العصبي والجهاز الهرموني.

- التواصلات العصبية تتم بواسطة رسائل ذات طبيعة كهربائية وكيميائية مستعملة في ذلك شبكة من الخلايا العصبية المرتبطة فيما بينها. وبشرف الجهاز العصبي على عمل الأعضاء، ويساهم النقل السريع للمعلومات ويمكن من ردود أفعال لحظية.
- التواصلات الهرمونية تعتمد على تبادل الرسائل بين الخلايا بواسطة مواد كيميائية تفرز من طرف خلايا عدية، وتفرز في الدم الذي يضمن نقلها إلى الخلايا الهدف. يلعب الجهاز الهرموني الدور الأساس في الحفاظ على توازن وتمامية الجسم. ويكون تدخله، على العموم طويل المدى.

- 1) كيف تنقل الرسالة الهرمونية بين الخلايا؟ وما آلية تأثيرها؟
- 2) ما طبيعة الرسالة العصبية؟ وكيف يتم تبليغ هذه الرسالة بين الخلايا؟

## الفصل الأول

# التواصل الهرموني

**مقدمة:** نسبة الكليكوز في الدم عامل بيولوجي يطالب الأطباء عادة بالكشف عنها خلال تشخيص الحالة الصحية للمريض. ورغم وجود عوامل عدة تؤثر على هذه النسبة في الدم، إلا أنها لا تبتعد، في الحالة العادمة، عن قيمة متوسطة ( $100 \text{ mg/dL}$ ). مرض السكري، مرض ناتج عن فرط مزمن للسكر في الدم، ويعد هرمون الأنسولين Insuline دواء حيويا يجب حقنه بشكل منتظم بالنسبة للأشخاص للمصابين. وهكذا تسمح دراسة تنظيم نسبة السكر في الدم من فهم إحدى مظاهر التواصالت الهرمونية.

- **فما هي الآليات التي تمكن الجسم من تنظيم نسبة الكليكوز في الدم؟**
- **ما طبيعة الهرمونات المتدخلة في هذا التنظيم؟ وما البنية المفرزة لها؟**

## I - تحلون الدم عامل بيولوجي ثابت

الكريوكوز سكر أحادي بسيط صيغته الكيميائية العامة هي  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ، ويعتبر من أهم مواد القيمة التي تمر من المعي الدقيق إلى الدم بواسطة الامتصاص المعموي. وتتمكن أهميته في كونه مصدراً أساسياً للطاقة بالنسبة لجميع خلايا الجسم، وبالخصوص خلايا الدماغ التي لا يمكنها الاستغناء عنه، مما يستوجب تواجده بشكل مستمر في الدم.

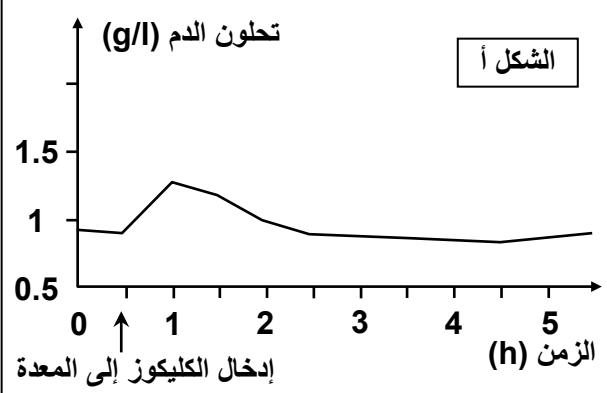
### ① الكشف عن وجود الكريوكوز في الدم: أنظر الوثيقة 1

	ـ ثبات	<p><b>الوثيقة 1: الكشف عن وجود الكريوكوز في الدم</b></p> <p>للكشف عن وجود الكريوكوز في الدم يمكن اللجوء إلى طريقتين مختلفتين:</p> <p>★ استعمال لسلسليات التفاعلية Bandelettes réactives (الشكل أ) وهي عبارة عن شريط تفاعلي يباع في الصيدليات.</p> <p>نبال شريط تفاعلياً في دم طري، نقارن اللون الذي يأخذ الشريط بمقاييس مرجعية ونتمكن إلى تحديد قيمة تقريبية لنسبة الكريوكوز في الدم.</p>
	. ثبات	<p>★ استعمال جهاز قياس الكتروني (الشكل ب):</p> <p>نضع قليلاً من الدم على شريط يحتوي على منطقة مخصصة لذلك ثم نضع الشريط في جهاز إلكتروني يحتوي على نظام يمكنه من قياس نسبة السكر في الدم. تظهر النتيجة على لوحة إلكترونية ب <math>\text{mg/dL}</math> (لتحويل هذه القيمة إلى <math>\text{g/L}</math> نقسم العدد المحصل على 100). تتمكن هذه التقنية من مراقبة نسبة الكريوكوز في الدم بسهولة وبسرعة لعدة مرات في اليوم.</p> <p>قارن بين تقنيتي قياس تركيز الكريوكوز في الدم وبين أيهما أكثر دقة.</p>

نسمي نسبة السكر في الدم بـ **Tolérance à l'insuline** (La glycémie). وهناك عدة تقنيات لقياس تحلون الدم، أهمها الجهاز القارئ لتحليل الدم، نظراً لسهولة استعماله ويعطي نتائج دقيقة وسريعة.

### ② الكشف عن ثبات قيمة تحلون الدم: أ - تجارب وملحوظات: أنظر الوثيقة 2

## الوثيقة 2: الكشف عن ثبات قيمة تحلون الدم

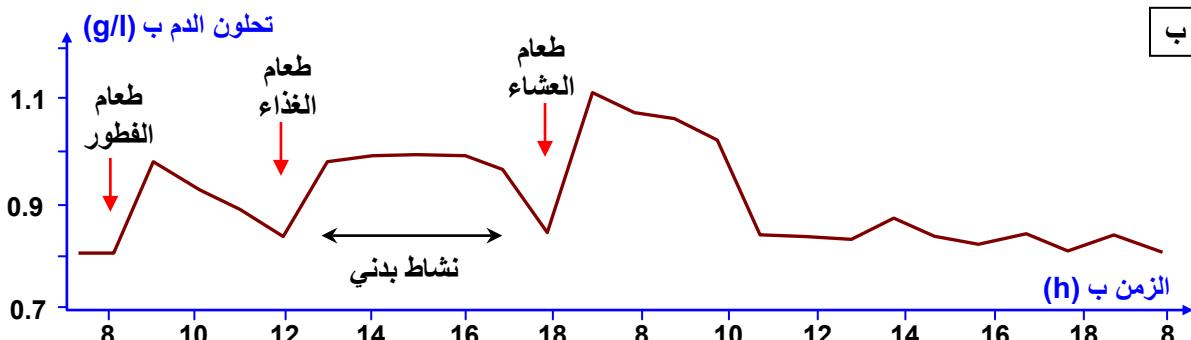


★ بعد فترة صيام دامت 12 ساعة تناول شخص سليم 100g من الكليكوز، ثم قمنا بمعايرة الكليكوز في دم هذا الشخص فحصلنا على النتائج الممثلة على المبيان أمامه (الشكل أ).

★ يعطي مبيان الشكل ب من الوثيقة تغيرات تحلون الدم عند شخص سليم خلال 24 ساعة.

بين من خلال تحليل معطيات الوثيقة أن تحلون الدم ثابتة بيولوجية (لا يبتعد في الحالة العادية عن قيمة متوسطة) وأنه تخضع للتنظيم.

## الشكل ب



## ب - تحليل واستنتاج:

★ من خلال مبيان الشكل أ نلاحظ أنه أثناء تناول الكليكوز من طرف شخص في حالة صيام ترتفع قيمة تحلون الدم لتبلغ 1.3g/l، بعدها تبدأ بالانخفاض تدريجياً لتسفر عن القيمة الأصلية.

★ من خلال مبيان الشكل ب نلاحظ أنه في حالة شخص سليم أثناء تناول الطعام ترتفع قيمة تحلون الدم، لتختفي تدريجياً في حالة الراحة أو القيام بنشاط بدني.

★ يتميز تركيز تحلون الدم عند شخص عادي بقيمة ثابتة لا يطرأ عليها أي تغيير ملحوظ رغم وجود عوامل من شأنها أن تغير هذا التركيز كالصيام أو تناول الطعام ... إذ تظل قيمته تتراوح حول قيمة متوسطة تقدر بـ 1g/l من البلازما. نستنتج من هذا أن تحلون الدم يشكل ثابتة بيولوجية تخضع للتنظيم.

- ما هي الأعضاء المتدخلة في الحفاظ على ثبات تحلون الدم؟ وما هي أدوارها؟
- كيف تتوافق هذه الأعضاء فيما بينها للحفاظ على ثبات تحلون الدم؟

## II - الأعضاء المسؤولة عن الحفاظ على ثبات تحلون الدم

### ① علاقة الكبد بتحلون الدم:

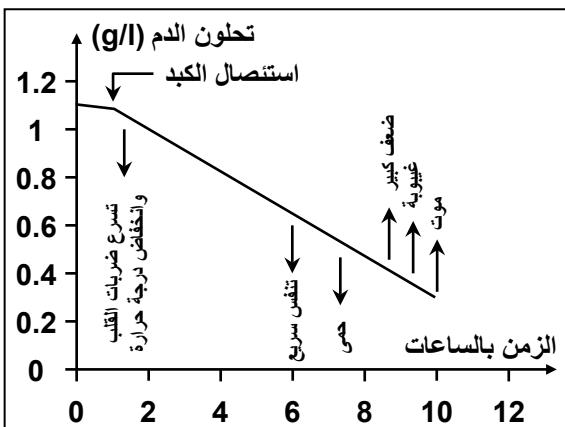
#### أ - تجربة استئصال الكبد:

##### 3 - التجربة: انظر الوثيقة a

## الوثيقة 3: الكشف عن علاقة الكبد بتحلون الدم

يؤدي استئصال الكبد عند كلب إلى انخفاض كبير في تحلون دمه يفضي به إلى الإغماء نتيجة افتقد خلايا الدماغ للكليكوز، ثم الموت. يمكن للكلب أن يستيقن من الإغماء إذا تم حقنه بمحلول للكليكوز، إلا أنه لا يواصل الحياة أكثر من 18 إلى 24 ساعة، لأن للكبد وظائف أخرى جد حيوية.

يعطي المبيان أمامه تطور تحلون الدم خلال تجربة استئصال الكبد عند الكلب. اعتماداً على هذه الوثيقة بين كيف يتغير تحلون الدم بعد استئصال الكبد، ثم استنتاج علاقة الكبد بتحلون الدم.



## b - تحليل واستنتاج:

نلاحظ قبل استئصال الكبد ثبات نسبة تحلون الدم ( $1.1 \text{ g/l}$ ). و مباشرة بعد الاستئصال عرفت هذه الثابتة انخفاضا تدريجيا مصحوبا باضطرابات تنتهي بموت الحيوان.  
نستنتج أن للكبد دور مهم في الحفاظ على ثبات تحلون الدم. فما هو هذا الدور؟

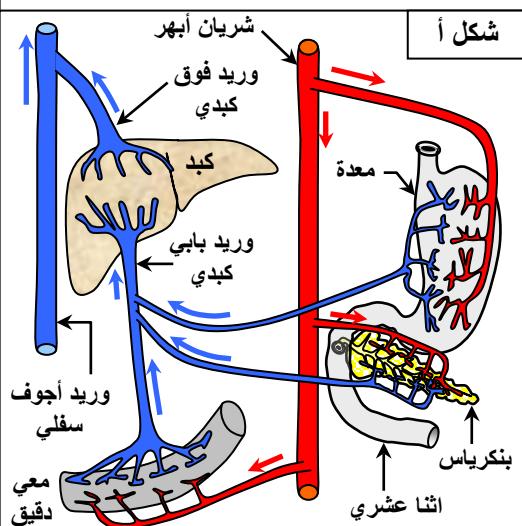
## ب - تجربة الكبد المغسولة ل Claude Bernard :

a - التجربة: انظر الوثيقة 4

### الوثيقة 4: تجربة الكبد المغسولة ل Claude Bernard

يرجع الفضل في اكتشاف دور الكبد في ثبات تحلون الدم إلى العالم الفرنسي Claude Bernard سنة 1855 حيث كتب ما يلي: "... لقد اخترت كلبا بالغا قويا وفي صحة جيدة، تمت تعذيبه خلال عدة أيام باللحم. وضحيت به 7 ساعات من تناوله وجة وافرة من الكروش".

أزيلت الكبد مباشرة وأخضعت لغسل مستمر عن طريق الوريد البابي. (الشكل أ: تعرق الكبد والأعضاء المجاورة) "... تركت هذه الكبد معرضة للغسل المستمر طيلة 40 دقيقة، فلاحظت في بداية التجربة أن الماء الملون بالأحمر الذي يخرج من الأوردة فوق الكبدية حلو. كما لاحظت في نهاية التجربة أن الماء الذي يخرج أصبح عديم اللون ولا يحتوي على آثار للسكر..."



"... تركت هذه الكبد تحت درجة حرارة الوسط ورجعت بعد 24 ساعة، فلاحظت أن هذا العضو الذي تركته بالأمس فارغا تماما من السكر قد أصبح يحتوي على كمية وافرة منه". وعلق Claude Bernard على ذلك بالقول:

"... ثبتت هذه التجربة أن الكبد الطريقة في الحالة الفيزيولوجية، أي أثناء عملها، تحتوي على مادتين:

★ السكر الشديد الذوبان في الماء ينقل بالغسل.

★ مادة أخرى قليلة الذوبان في الماء. هذه المادة تحول شيئاً فشيئاً في الكبد التي تركتها إلى سكر". وقد سمى Claude Bernard هذه المادة بالغlikogenin Glycogène.

تمت معايرة الغликوجين الكبدي لدى شخصان أ وب، بعد فترة صيام دامت 6 أيام، وبعد تناول الشخصين لاغذية غنية بالسكريات. نتائج هذه المعايرة ممثلة على جدول الشكل ب. بالاعتماد على معطيات الوثيقة استخرج علاقة الكبد بتحلون الدم.

شكل ب						
بعد تناول أغذية غنية بالسكريات		خلال فترة صوم (6 أيام)				
الأيام	الشخص أ	الشخص ب	الشخص أ	الشخص ب	الشخص أ	الشخص ب
2	1	6	5	4	3	1
88.5	84.2	6.9	7.1	7.1	20.7	30.1
80.2	78.9	3.8	3.8	4.2	10.7	20.1
						40.7

## b - تحليل واستنتاج:

يتبيّن من معطيات الوثيقة أن الكبد تلعب دورا أساسيا في تنظيم تحلون الدم. فعند ارتفاع نسبة الكليكوز في الدم الداخل إلى الكبد تخزن هذه الأخيرة الفائض من الكليكوز على شكل غликوجين وتسمى هذه العملية بالغликوجينوجينيز glycogénogenèse. وعند انخفاض نسبة الكليكوز في الدم الداخل إلى الكبد تحول هذه الأخيرة الغликوجين إلى كليكوز وتسمى هذه العملية بالغликوجينوليز La glycogénolyse.

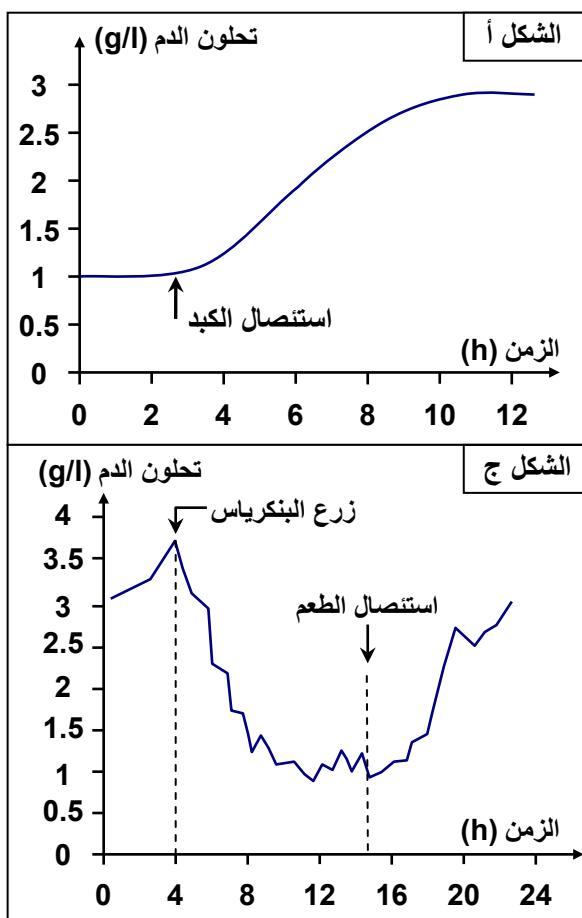
### ملاحظات:

- ★ بالإضافة إلى الكبد يخزن الكليكوز في مستويات أخرى، على شكل مركبات ذهنية في النسيج الودكي، وعلى شكل غликوجين في العضلة. إلا أن هذه الأعضاء لا تحرر الكليكوز في الدم.
- ★ في حالة استهلاك كل مدخلات الغликوجين في الكبد فإن هذه الأخيرة قادرة على إنتاج الكليكوز انطلاقا من الأحماض الأمينية والذهنية، إنها ظاهرة النيوكليكوجينيز Neoglycogenèse.

## ② علاقة البنكرياس بتحلون الدم:

### أ - الكشف التجريبي عن دور البنكرياس:

a - تجارب: أنظر الوثيقة 5



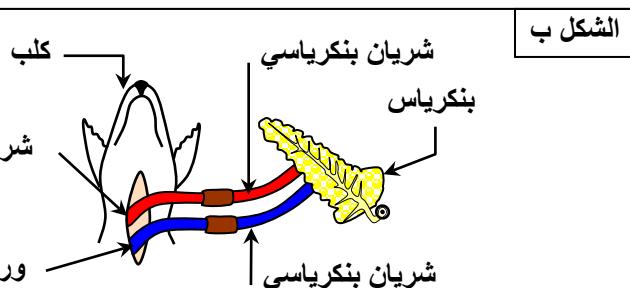
### الوثيقة 5: الكشف عن علاقة البنكرياس بتحلول الدم

بيّنت عدة ملاحظات أن مرض السكري عند الإنسان مرتبط بخلل في وظيفة البنكرياس. وفي حالة الإصابة بمرض السكري، يلاحظ تعرض بعض المناطق من البنكرياس للتلف.

(1) ما الفرضية الممكن إعطائها انطلاقاً من هذه الملاحظات؟ يؤدي استئصال البنكرياس عند الكلب إلى اضطرابات هضمية. كما أن معايرة تحلول الدم عند هذا الكلب تعطي النتائج المماثلة على الشكل أ من الوثيقة.

(2) ماذا تستخلص من تحليل هذه النتائج؟ عند كلب مستأصل البنكرياس، أدرج بنكرياس في دورته الدموية على مستوى العنق (الشكل ب). فلواحظ اختفاء مرض السكري. وقد تمت معايرة تحلول دمه في فترات منتظمة (الشكل ج).

(3) ماذا تستنتج من تحليل منحنى الشكل ج من الوثيقة؟



### b - تحليل واستنتاج:

- انطلاقاً من الملاحظات السريرية يمكن افتراض أن للبنكرياس دور في مراقبة تحلول الدم.
- قبل استئصال البنكرياس كانت نسبة تحلول الدم ثابتة في القيمة  $1\text{g/l}$ . وبعد الاستئصال ترتفع هذه القيمة بشكل تدريجي ومستمر. نستنتج من هذا أن البنكرياس تدخل في تنظيم تحلول الدم.
- عند إ يصل البنكرياس بالدورة الدموية الكلب، ينخفض تحلول الدم ويعود إلى القيمة العادلة. لكن عند إزالة الوصل يرتفع تحلول الدم من جديد. نستنتج أن البنكرياس دور أساسي في ضبط تحلول الدم وذلك بواسطة إفرازات تنقل بواسطة الدم، فتوثر في خلايا هدف، هي إذن عبارة عن هرمونات (Les hormones).

### ب - دور الهرمونات البنكرياسية:

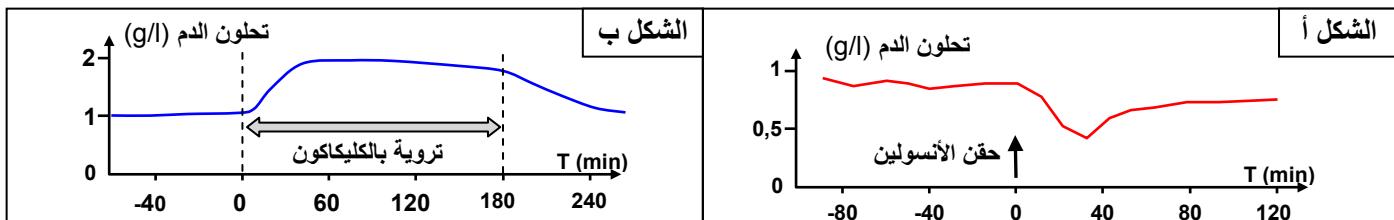
يعتبر البنكرياس غدة صماء Glande endocrine تفرز نوعين من الهرمونات في الدم:

- الأنسولين L'insuline: عديد ببتيد يتكون من 51 حمض أميني.
- الكلياكون Le glucagon: عديد ببتيد يتكون من 29 حمض أميني.

a - تجارب: أنظر الوثيقة 6

### الوثيقة 6: دور الهرمونات البنكرياسية

- تنتبع تطور تحلول الدم عند كلب قبل وبعد حقن كمية من الأنسولين. حصلنا على النتائج المماثلة على الشكل أ.
  - تنتبع تطور تحلول الدم عند كلب تلقى تروية بالكلياكون، بحيث في الزمن  $t=0$  تم رفع تركيز الكلياكوز في محلول التروية 4 مرات. نتائج هذه الدراسة مماثلة على مبيان الشكل ب.
- انطلاقاً من تحليل المبيانين استنتج دور كل من الأنسولين والكلياكون في تنظيم تحلول الدم.



### b - تحليل واستنتاج:

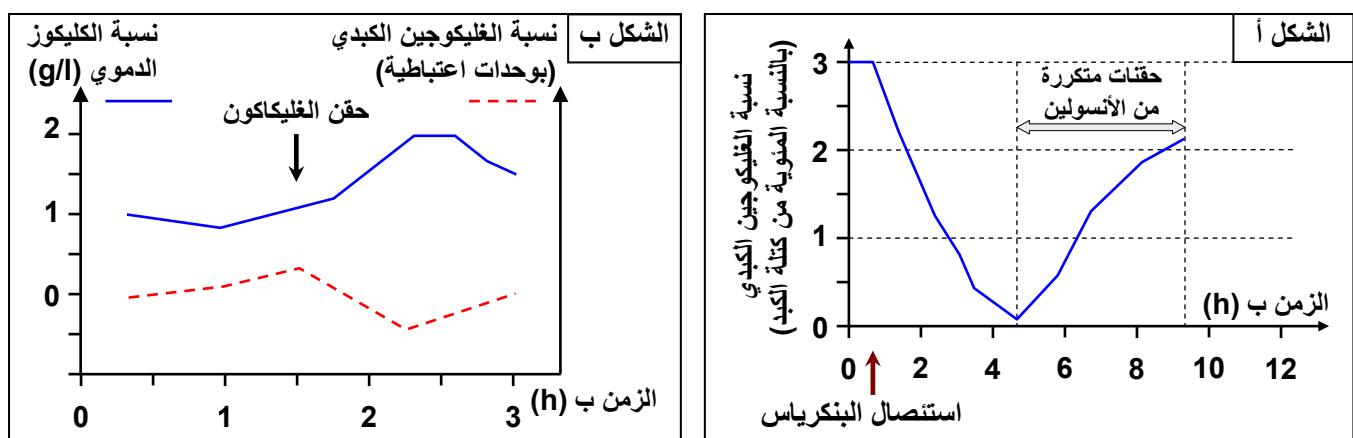
- ★ قبل حقن الأنسولين نلاحظ استقرار تحلون الدم في قيمة قريبة من  $1 \text{ g/l}$ ، وبعد حقن الأنسولين نلاحظ انخفاض نسبة تحلون، لترتفع بعد مدة زمنية.
- ★ نستنتج من هذه المعطيات أن للأنسولين دور مخض لتحلون الدم.
- ★ قبل حقن الكلياكون نلاحظ استقرار تحلون الدم في القيمة  $1 \text{ g/l}$ ، وبعد حقن الكلياكون نلاحظ ارتفاع نسبة تحلون، لتعود بعد فترة زمنية إلى القيمة العادلة.
- ★ نستنتج من هذه المعطيات أن للكلياكون دور رافع لتحلون الدم.

### ج - تأثير الأنسولين والكلياكون على الخلايا الهدف:

#### a - معطيات تجريبية: انظر الوثيقة 7

#### الوثيقة 7: تأثير الأنسولين والغليكاكون على الأعضاء الهدف

- ★ نقوم بمعايير نسبة الغليكوجين الكبدي عند كلب مستأصل البنكرياس تعرض لحقن متكررة من الأنسولين، فحصلنا على النتائج الممثلة على مبيان الشكل أ.
- ★ نقوم بمعايير الغليكوجين الكبدي والكليوزي الدموي عند كلب صائم قبل وبعد حقن الغليكاكون. النتائج ممثلة على مبيان الشكل ب.



- ★ نضع نسيجا عضليا في وسط زرع ملائم ونعاير كمية الكليوز التي يستهلكها هذا النسيج من الوسط وكمية الغليكوجين التي يدخلها، وذلك خلال 10 دقائق. النتائج ممثلة على الجدول التالي:

كمية الكليوز المستهلك ب $\text{mg}$ بالنسبة لكل $\text{g}$ من العضلة خلال $10\text{min}$	تركيز الكليوز في النسيج العضلي ب $\text{mg/g}$ من العضلة خلال $10\text{min}$
وسط بدون أنسولين	وسط بدون أنسولين
1.43	2.45
وسط به أنسولين	وسط به أنسولين
1.88	2.85

- ★ تسبب التغذية الغنية بالسكريات في البدانة. ولتعرف العلاقة بين الكليوز والبدانة أخضع حيوان لمرض السكري التجاري (تممير الخلايا المفرزة للأنسولين) فلوحظ أن تركيب الدهنيات في النسيج الودكي  $\text{Tissu adipeux}$  قد انخفض ب  $90\%$ .

بالاعتماد على معطيات الوثيقة، بين كيف تؤثر الهرمونات البنكرياسية على الكبد، وعلى كل من النسيجين العضلي والودكي. ثم استنتج الخلايا الهدف للهرمونات البنكرياسية.

## b – تحليل واستنتاج:

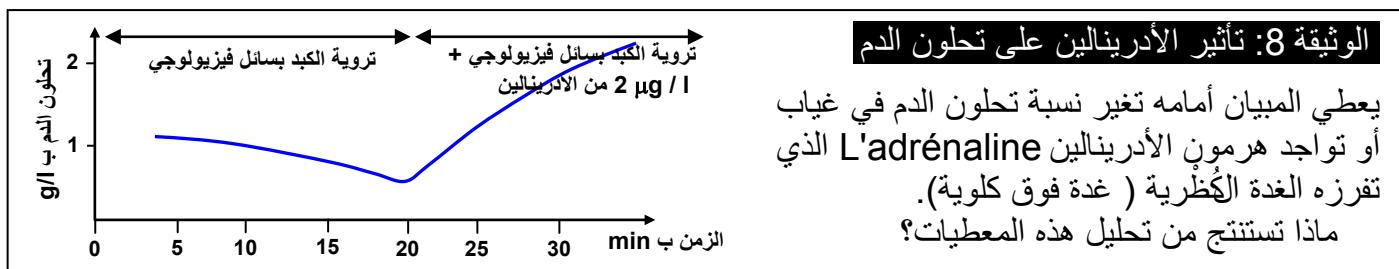
- ★ الشكل أ: بعد استئصال البنكرياس تنخفض نسبة الغليكوجين الكبدي بشكل كبير، وعند حقن الأنسولين ترتفع من جديد هذه النسبة. نستنتج من هذا أن الأنسولين ينشط تخزين الكليكوز على شكل غليكوجين على مستوى الكبد.
- ★ الشكل ب: يؤدي حقن الغليكاكون ل الكلب في حالة صيام إلى ارتفاع تحلون الدم وانخفاض نسبة الغليكوجين الكبدي. نستنتج من هذه المعطيات أن الغليكاكون يحفز خلايا الكبد على تحرير الكليكوز انطلاقاً من حلمة الغليكوجين.
- ★ بوجود الأنسولين ترتفع نسبة الكليكوز في النسيج العضلي، كما يزداد استهلاك الكليكوز من طرف الخلايا العضلية. نستنتج من هذا أن الأنسولين يحفز الخلايا العضلية على تخزين الكليكوز.
- ★ في غياب الأنسولين ينخفض تركيب الدهنيات من طرف النسيج الودكي. نستنتج من هذا أن الأنسولين يحفز الخلايا الودكية على تحويل الكليكوز إلى مدخلات ذهنية.

## c – خلاصة:

لتتنظيم تحلون الدم تؤثر الهرمونات البنكرياسية في عدة خلايا هدف:

- يؤثر الأنسولين في الخلايا الكبدية والخلايا العضلية، ويحثها على ادخار الكليكوز على شكل غليكوجين. إذن ينشط تفاعلات الغليكوجينوجينيز، ويُكبح تفاعلات الغليكوجينوليز.
- يؤثر الأنسولين في الخلايا الودكية، ويحثها على ادخار الكليكوز على شكل دهون.
- ييسر الأنسولين دخول الكليكوز واستعماله من طرف مجموع خلايا الجسم. (باستثناء الخلايا العصبية وخلايا الأنابيب الهضمي والكلويتين).
- يؤثر الغليكاكون على الخلايا الكبدية إذ يرفع من الغليكوجينوليز (حلمة الغليكوجين)، مما يؤدي إلى تحرير الكليكوز في الدم. كما يؤثر في النسيج الودكي حيث ييسر تحرير الأحماض الدهنية التي يمكن أن تتحول إلى كليكوز في الكبد (النيو غليكوجينيز).

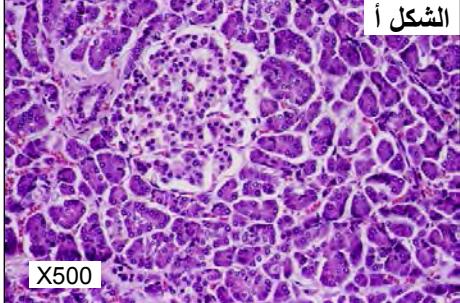
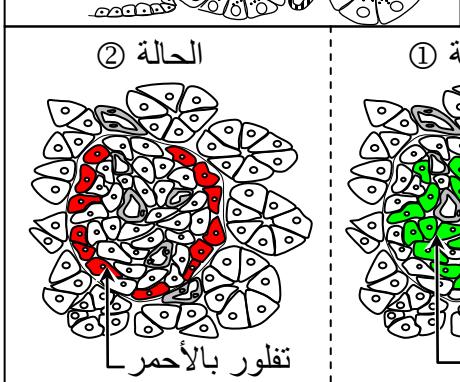
**ملاحظة:** انظر الوثيقة 8



- نلاحظ خلال تروية الكبد بسائل فيزولوجي لا يحتوي على هرمونات انخفاض تحلون الدم تدريجياً عن القيمة  $1\text{ g}/1\text{ L}$ . لكن عند إضافة هرمون الأدرينالين إلى سائل التروية، يرتفع تحلون الدم بشكل ملحوظ. نستنتج من هذا التحليل أن هرمون الأدرينالين هو هرمون مفرط للسكر في الدم، ويفرز هذا الهرمون من طرف لب الكظر (= الغدة فوق الكلوية) وينشط الغليكوجينوليز. وقد بيّنت دراسات أخرى وجود هرمونات أخرى مفرطة للسكر في الدم:
- الكورتيزول: يفرز من طرف قشرة الكظر، ينشط النيو غليكوجينيز ويخفض استعمال الكليكوز من طرف الخلايا.
  - هرمون النمو: يفرز من طرف الفص الأمامي للغدة النخامية وينشط النيو غليكوجينيز.
  - هرمونات T3 و T4: تفرز من طرف الغدة الدرقية، وتنشط النيو غليكوجينيز.

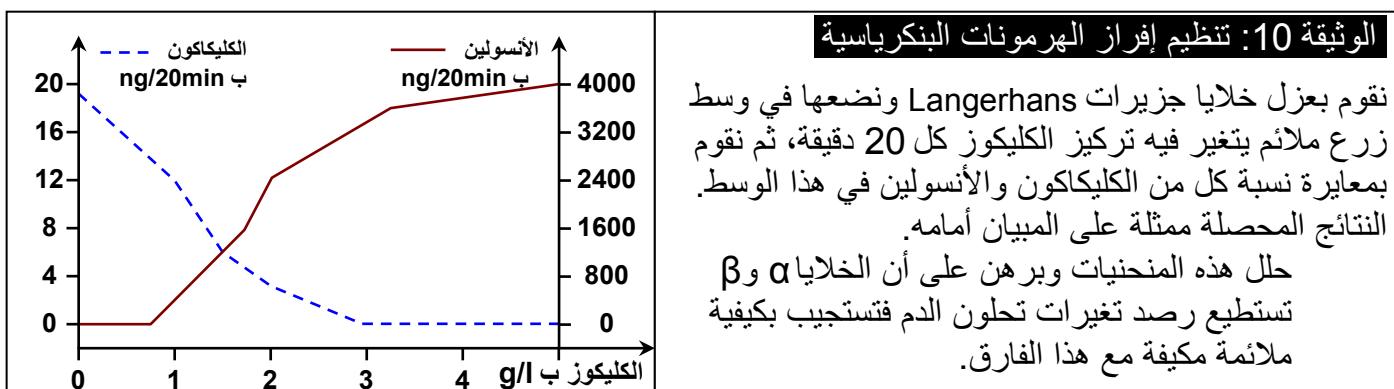
## d – البنيات المسؤولة عن إفراز الهرمونات البنكرياسية:

**a – ملاحظات وتجارب:** انظر الوثيقة 9

 <p>الشكل أ</p> <p>X500</p>	 <p>بنكرياس</p> <p>يعطي الشكل أ من الوثيقة ملاحظة مجهرية لمقطع بنكرياس. والشكل ب رسم تخطيطي تفسيري لهذه الملاحظة المجهرية.</p> <p>1) انطلاقاً من المعطيات السابقة حدد البنية النسيجية للبنكرياس.</p> <p>للكشف عن دور مختلف خلايا البنكرياس أجريت التجارب التالية:</p> <p>★ التجربة 1: يؤدي حقن مادة الألوكسان Alloxane لأرنب إلى إصابة هذا الأرير بالسكري دون حدوث اضطرابات في وظيفة الهضم. وقد كشفت الملاحظة المجهرية لبنكرياس هذا الأرنب عن تدمير معظم الخلايا المكونة لجزيرات Langerhans دون باقي خلايا البنكرياس.</p> <p>★ التجربة 2: يؤدي ربط القناة البنكرياسية عند حيوان إلى منع وصول العصارة البنكرياسية إلى الأثنى عشر، فينتج عن ذلك اضطرابات هضمية دون ظهور أعراض داء السكري، مع بقاء خلايا الجزر في حالة عادية.</p> <p>2) استنتاج هذه المعطيات البنيات المسؤولة عن إفراز الهرمونات البنكرياسية، مبيناً المسلك الذي تؤثر بواسطته في تنظيم تحلون الدم.</p>
 <p>الحالة ②</p> <p>الحالة ①</p> <p>تفلور بالأحمر</p> <p>تفلور بالأخضر</p>	<p>الشكل ج</p> <p>★ التجربة 3: لتحديد الخلايا المفرزة للأنسولين والخلايا المفرزة للكلياكون، حققت بمحاذة جزيرات Langerhans جزئيات متقلورة بالأحمر ترتبط بصفة نوعية بالأنسولين (الحالة ①) وجزئيات أخرى متقلورة بالأحمر ترتبط بصفة نوعية بالكرياكون (الحالة ②). فحصلنا على النتائج المماثلة على الشكل ج من الوثيقة.</p> <p>3) استنتاج الخلايا المسؤولة عن إفراز الأنسولين والخلايا المسؤولة عن إفراز الكرياكون.</p>
	<p>b - تحليل واستنتاج:</p> <p>1) البنكرياس غدة تقع خلف المعدة ومرتبطة بالاثني عشر (الجزء الأول من المعي الدقيق). وتتكون من مجموعتين من الخلايا:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• خلايا على شكل عنبات acini (un acinus) : الخلايا 1.</li> <li>• خلايا متجمعة على شكل جزيرات تسمى جزيرات Langerhans : الخلايا 3.</li> </ul> <p>2) يتبيّن من هذه المعطيات التجريبية أن العنبات مسؤولة عن إفراز الإنزيمات الهضمية، إذن هي خلايا ذات إفراز خارجي. بينما جزيرات Langerhans هي خلايا ذات إفراز داخلي (في الوسط الداخلي)، إذ تفرز الهرمونات المسؤولة عن تنظيم تحلون الدم.</p> <p>3) يتبيّن من هذه المعطيات التجريبية أن جزيرات Langerhans تتكون من نوعين من الخلايا:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• خلايا مركبة يطلق عليها بالخلايا <math>\beta</math>، وهي المسؤولة عن إفراز الأنسولين.</li> <li>• خلايا محبيطة يطلق عليها بالخلايا <math>\alpha</math>، وهي المسؤولة عن إفراز الكرياكون.</li> </ul>

## هـ - تنظيم إفراز الهرمونات البنكرياسية:

### a - معطيات تجريبية: انظر الوثيقة 10



## b - تحليل واستنتاج:

نلاحظ أنه كلما ارتفع تركيز الكليكوز في المحلول الفيزيولوجي إلا وارتفع إفراز الأنسولين وانخفض إفراز الكلياكون. نستنتج من هذا أن خلايا جزيرات Langerhans ( $\alpha$  و $\beta$ ) لها حساسية مباشرة لنسبة الكليكوز في الدم فتستجيب بإفراز الأنسولين والكرياكون.

- إذا كان تحلون الدم مرتفع، تنشط الخلايا  $\beta$  وتکبح الخلايا  $\alpha$ ، فيفرز بذلك الأنسولين.
- إذا كان تحلون الدم منخفض، تنشط الخلايا  $\alpha$  وتکبح الخلايا  $\beta$ ، فيفرز بذلك الكلياكون.

وهكذا فنسبة الكليكوز في الدم هي التي تحدث تحرير الأنسولين أو الكلياكون، وبالتالي هي التي تنظم تحلون الدم. يتعلق الأمر إذن بتنظيم ذاتي L'autorégulation.

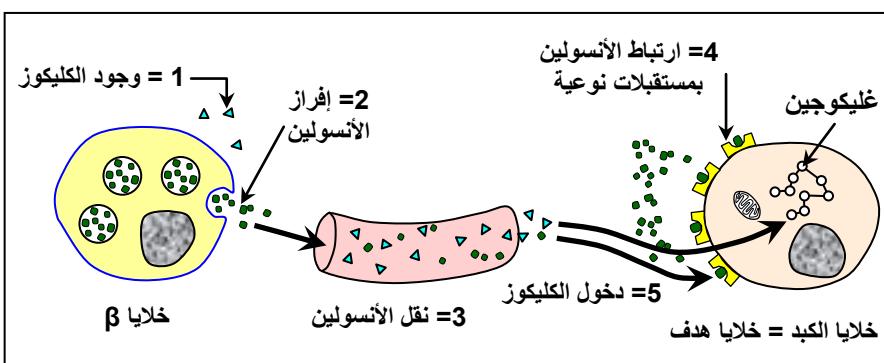
## و - كيف تؤثر الهرمونات البنكرياسية على الخلايا الهدف؟

### a - ملاحظات: أنظر الوثيقة 11

#### الوثيقة 11: تأثير الهرمونات البنكرياسية على الخلايا الهدف

عند حقن فأر بالأنسولين المشع، يلاحظ انتشار النشاط الإشعاعي حول الخلايا الكبدية والعضلية والودكية. وقد بينت تقنية التصوير الذاتي L'autoradiographie تثبيت الجزيئات المشعة على الأغشية الخلوية في مستوى جزئيات بروتينية تلعب دور المستقبلات النوعية.

تمثل الخطاطة أمامه أهم مراحل استجابة الخلية الهدف للرسالة الهرمونية بالاعتماد على معطيات الوثيقة حدد تأثير الهرمونات البنكرياسية على الخلايا الهدف. تعرف مراحل استجابة الخلية الهدف للرسالة الهرمونية.



## b - تحليل واستنتاج:

يتبيّن من معطيات الوثيقة أن للأنسولين مستقبلات نوعية على مستوى الغشاء السيتوبلازمي للخلايا الهدف. عندما يفرز هذا الهرمون من طرف الخلايا  $\beta$  لجزيرات Langerhans ينقل بواسطة الدم إلى مختلف أنحاء الجسم، إلا أنها لا تؤثر إلا على خلايا معينة كخلايا الكبد، وتسمى بذلك خلايا هدف. ويتم هذا التأثير حسب المراحل التالية:

- ① استقبال الرسالة الهرمونية (رسول أول): خلال هذه المرحلة يثبت الهرمون على مستقبلات غشائية نوعية توجد على غشاء الخلايا الهدف، فيتشكل المركب مستقبل - هرمون.
- ② ترجمة الرسالة الهرمونية: يؤدي تثبيت الهرمون على المستقبلات النوعية إلى ظهور رسول ثانٍ داخل الخلية الهدف.
- ③ الاستجابة للرسالة الهرمونية: بعد ظهور الرسول الثاني داخل الخلية الهدف، تنشط أنزيمات محفزة لتفاعلات كيميائية حيوية. مثلاً تحفيز الغليكوجينيز وكبح الغليكوجينوليز في حالة الأنسولين.

## III - خطاطة عامة تبين آلية تنظيم تحلون الدم أنظر الوثيقة 12

#### الوثيقة 12: آلية تنظيم تحلون الدم

تعطي الخطاطة التالية أهم مراحل تنظيم تحلون الدم. أتمم عناصر هذه الخطاطة، ثم أبرز أن تنظيم تحلون الدم هو آلية فيزيولوجية تمكن من الحفاظ على أحد العوامل (فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية) عند حدود قيم معينة.

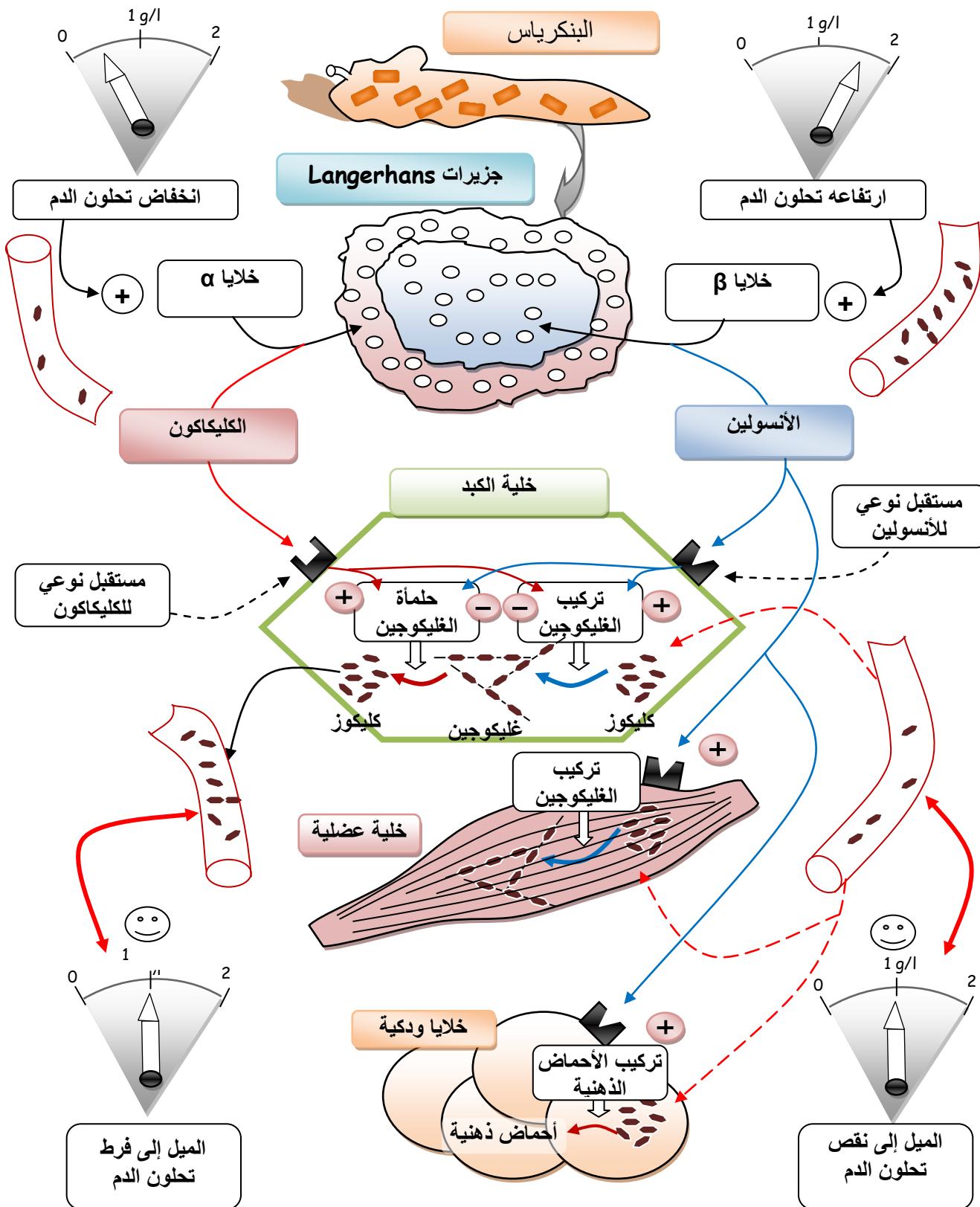
## خططة عامة تبين آلية تنظيم تحلون الدم

**+**

تنشيط

**-**

كبح



يخضع تنظيم تحلون الدم لصنيفين من الرسائل المترادفة، إداهما مخفضة لتركيز الكليكوز والثانية رافعة له. وثبتات هذا التركيز مرتبطة بتوازن هاتين الرسائلتين. هكذا يتم تجديد هذا التوازن في كل لحظة بفضل استشعار أو التقاط معلومات حول نسبة الكليكوز الدموي. فنقول أن تنظيم تحلون الدم هو تنظيم ذاتي .*Autorégulation de la glycémie*

## الفصل الثاني

# التواصل العصبي

**مقدمة:** تلقط الحواس جميع الحساسيات النابعة من المحيط الذي نعيش فيه، وتحولها إلى رسالة عصبية تعالج على مستوى المراكز العصبية، التي تحدد نمط الاستجابة.

- **فما هي طبيعة الرسائل العصبية وكيف تنتقل؟**
- **ما هي خصيات الأعصاب؟**
- **ما هي بنية الأعصاب والمراكز العصبية؟**
- **كيف يتم تبليغ الرسائل العصبية**

## I - خصيات العصب

### ① الكشف عن خصيات العصب:

#### أ - تجارب وملحوظات: أنظر الوثيقة 1

##### الوثيقة 1: الكشف عن خصيات العصب

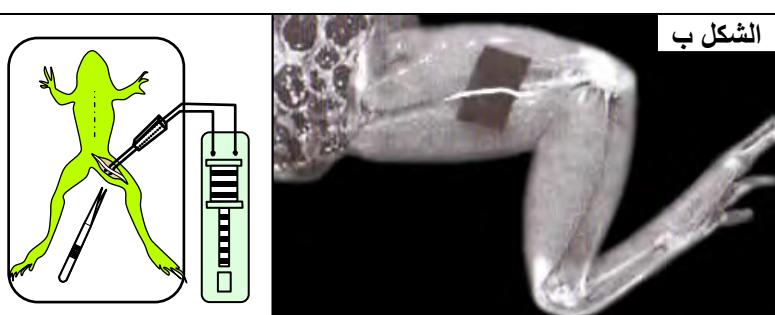
★ نقوم بتخريب الدماغ والنخاع الشوكي لضفدعه قصد إبطال الحساسية الشعورية والتحركية الإرادية واللاإرادية.  
بعد إزالة جلد الطرف الخلفي، نبعد عضلتي الفخذ عن بعضهما، فنبرز العصب الوركي (الشكل ب).

عندما نقوم بقرص العصب الوركي بواسطة ملقط أو تهييج بهيج كهربائي، نلاحظ ثني الطرف الخلفي الذي يوجد فيه العصب الوركي.

1) ماذا تستنتج من هذه التجربة؟

★ بعد قطع العصب، نقوم بنفس التجربة السابقة، فللحظ عدم حدوث أي استجابة.

2) ما هو استنتاجك؟



#### ب - تحليل واستنتاج:

1) ثني الطرف الخلفي للضفدع ناتج عن تقلص عضلة بطن الساق، وينتج هذا التقلص عن تهييج كهربائي أو ميكانيكي للعصب الوركي. إذن العصب يستجيب للاهاجة وبالتالي فهو يتميز بخاصية الاهتياجية L'excitabilité.

2) عند قطع العصب لا تلاحظ أي استجابة رغم التهييج، يفسر هذا بعدم وصول التهييج إلى عضلة بطن الساق. هذا يدل على أن التهييج ينتقل من نقطة التهييج إلى العضلة. وبالتالي فالعصب يتميز بخاصية التوصيلية La conductibilité.

### ② دراسة خصيات العصب:

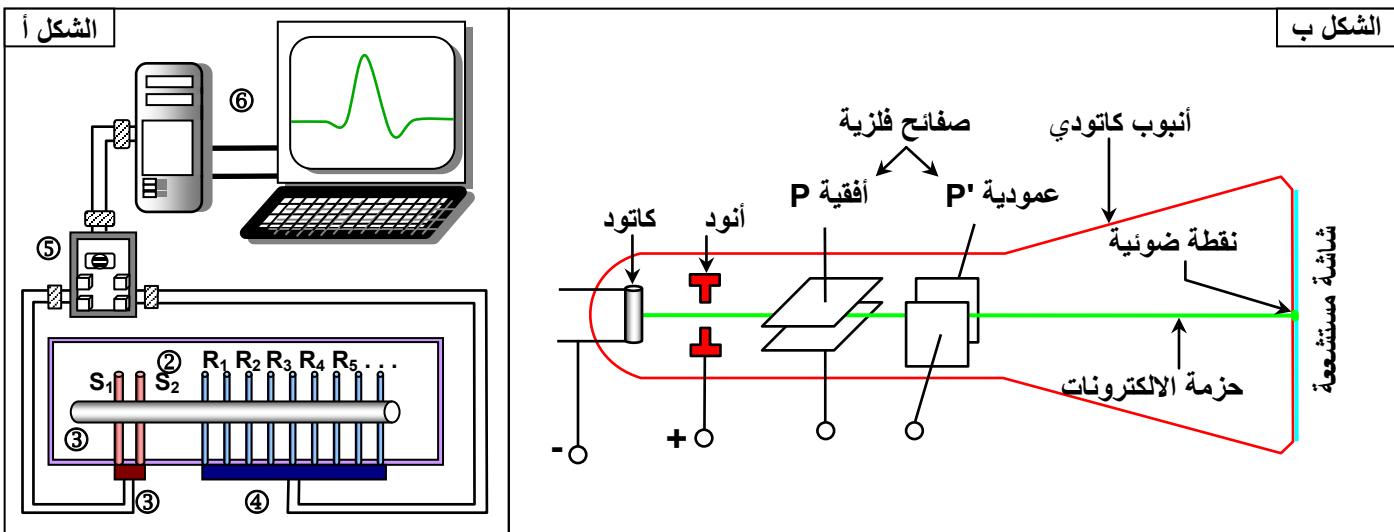
#### أ - العدة التجريبية: أنظر الوثيقة 2

##### الوثيقة 2: التركيب التجاري لدراسة خصيات العصب

★ يعطي الشكل أ رسم تخطيطي تفسيري لعدة EXAO التي تمكن من التهييج الكهربائي للعصب، واستقبال تمظهرات الاستجابة لهذا التهييج. ① = العصب، ② = حوض العصب، ③ = الكترودان مهيجان (S)، ④ = الكترودات مستقبلة (R)، ⑤ = مكيف ومرافق بيني، ⑥ = نظام التسجيل (حاسوب)

★ يعطي الشكل ب رسم تخطيطي لأهم أجزاء كاشف الذبذبات.

بالاعتماد على معطيات الوثيقة، صفت مبدأ عمل عدة EXAO. ومبدأ عمل كاشف الذبذبات L'oscilloscope.



لدراسة النشاط الكهربائي للعصب يمكن استعمال تقنيات متقدمة، تسمح بالتحكم في الميوج من حيث الشدة و مدة التطبيق. ومن بين هذه التقنيات نجد:

### ★ عدّة (Expérience Assistée par Ordinateur) EXAO ★

مباشرة بعد عزل العصب، نضعه في حوض يسمى حوض العصب، مزود بعدة الكترودات أو مساري Electrodes متصلة بنظام التسجيل، تسمى مساري الاستقبال ونرمز لها ب  $R_1, R_2, R_3, \dots$  وبالكترونيات متصلة بدار التهيئة، تسمى مساري التهيئة، ونرمز لها ب  $S_1, S_2$ .

★ كشف الذبذبات L'oscilloscope، الذي يتكون كاشف الذبذبات من:

- أنبوب كاتودي: يولد حزمة من الالكترونات عن طريق تسخين خيط يدعى الكاتود.
- شاشة مستشعة Ecran fluorescent تسقط عليها حزمة الالكترونات وتظهر على شكل نقطة صوتية.
- صفيحتان أفقيتان Plaques horizontales مرتبتان بمساري الاستقبال ( $R_1, R_2, \dots$ )، وتعملان على الانحراف العمودي للنقطة الصوتية.
- صفيحتان عموديتان Plaques verticales يوجد بينهما فرق جهد كهربائي يتغير بصفة منتظمة ويعملان على النقل الأفقي للنقطة الصوتية من اليسار إلى اليمين، لظهور على الشاشة المستشعة على شكل خط أفقي. وبهذه الطريقة يمكن دراسة تغير الظاهرة المسجلة حسب الزمن.

### ب - دراسة خاصية الاهتياجية:

#### a - أنواع المهيوجات:

خلال التهيئة تستعمل عدة مهيوجات اصطناعية وهي منبهات ميكانيكية (الصرب، القرص، الوخز، ...)، حرارية، كيميائية، وكهربائية. وبعد الميوج الكهربائي الأكثر استعمالاً.

#### b - الشروط الضرورية لتهيئة العصب: انظر الوثيقة 3

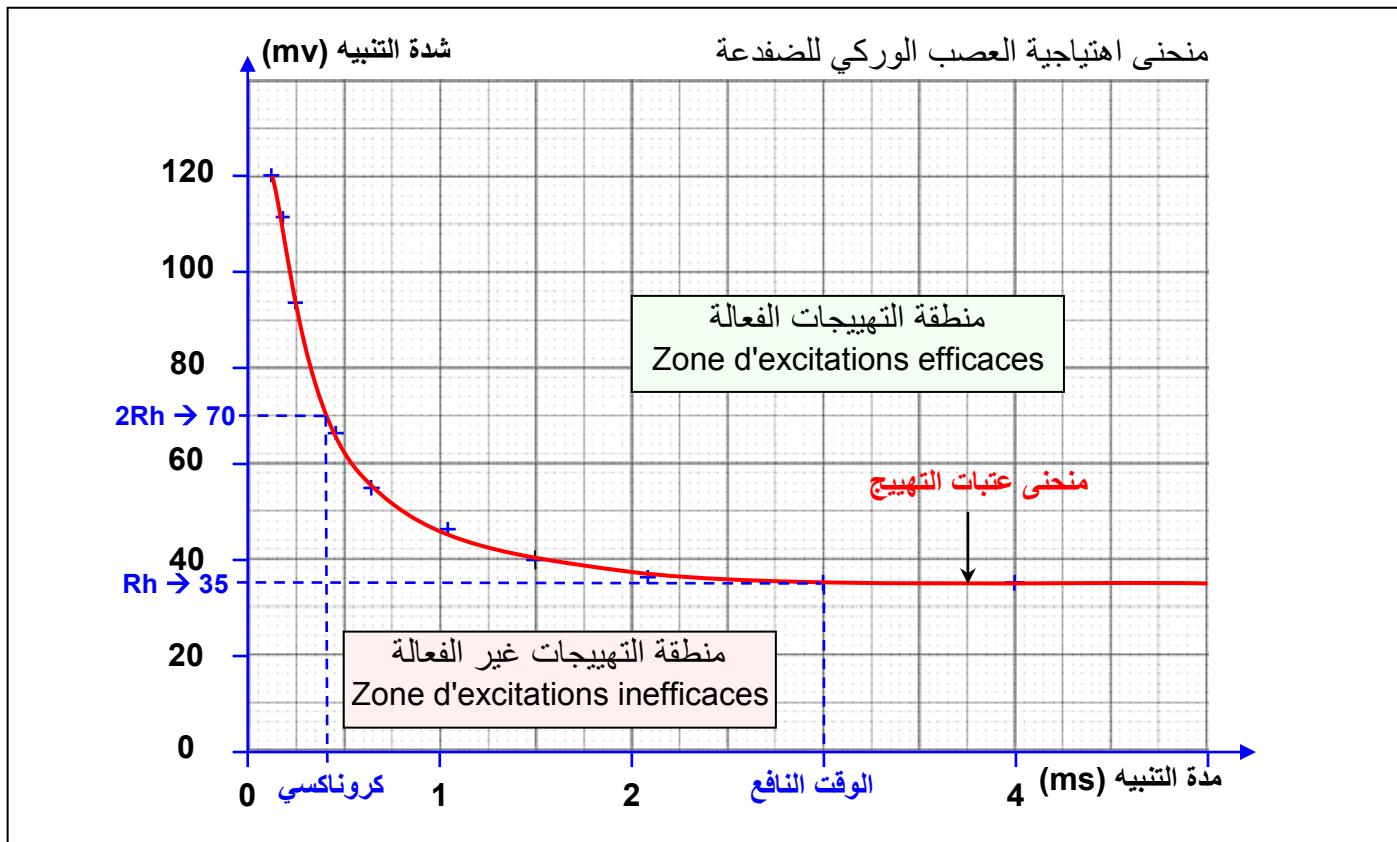
##### الوثيقة 3: الشروط الضرورية لتهيئة العصب

تمكن عدّة تسجيل اهتياجية العصب من تغيير شدة الاهاجة المعبر عنها ب الميليفولت (mv)، وكذا مدة الاهاجة المعبر عنها ب (ms). نقوم بالتجربة على العصب الوركي Nerf sciatique للضفدع. يتم تحديد شدة تهيئة معينة ثم نعمل على تغيير مدهه عدة مرات حتى يتم الحصول على اهاجة فعالة (تعطي إجابة). ثم نحدد مدة معينة ويتم تغيير شدة الاهاجة حتى الحصول على اهاجة فعالة. وفي كل اهاجة فعالة يتم تسجيل شدة و مدة الاهاجة الفعالة. ويبين الجدول التالي النتائج المحصل عليها:

مدة التنبية t ب (ms)	شدة التنبية I ب (mv)
4	3
35	35
2.15	37
1.5	40
1.05	47
0.65	55
0.45	65.5
0.2	94
0.15	112
0.10	120

- (1) أنجز منحنى تغيرات شدة التهيج بدلالة مدة التهيج.  $10\text{mm} \leftarrow 10\text{mv}$ ,  $10\text{mm} \leftarrow 0.2\text{ms}$ .
- (2) لنعتبر اهاجة ذات الخصائص التالية  $(40\text{mv}, 1.5\text{ms})$  ما هي العلاقة التي تربط بين القيمتين؟
- (3) انطلاقاً من تحليل المنحنى حدد:
  - ما هي شدة التهيج الدنيا التي تعطي أول استجابة؟ وما هي المدة الزمنية المطابقة لها؟
  - أهم ثوابت تهيج العصب.

(1) منحنى اهتجاجية العصب (أنظر الورق الميليمتر)



(2) لكي تكون اهاجة شدتها  $40\text{mv}$  فعالة يجب أن تكون مدتتها تساوي أو تفوق  $1.5\text{ms}$ ، وتعتبر هذه المدة عتبة نسبية للمدة. ولكي تكون اهاجة مدتتها  $1.5\text{ms}$  فعالة ينبغي أن تكون شدتها تساوي أو تفوق  $40\text{mv}$ ، وتعتبر هذه الشدة عتبة نسبية للشدة. ونطبق هذه العلاقة على جميع قيم الجدول الذي يحتوي بذلك على العتبات النسبية للشدة والمدة المطابقة لها.

(3) مدة التهيج الدنيا التي تعطينا أول استجابة هي  $3.5\text{mv}$  تدعى الريوباز Rhéobase. وتعتبر بذلك عتبة مطلقة للشدة، أي عندما تكون شدة الاهاجة تقل عن الريوباز، لن تكون فعالة مهما كانت مدتتها. والمدة الزمنية المطابقة للريوباز تسمى بالوقت النافع. بما أن الوقت النافع يصعب تحديده على المنحنى، فقد تم اختيار خاصية أخرى تدعى الكروناكسي Chronaxie وهي المدة الزمنية المطابقة للشدة التي تساوي ضعف الريوباز ( $2Rh$ ). يمثل المنحنى المحصل عليه عتبات التهيج، ويفصل بين منطقتين: منطقة التهيجات الفعالة ومنطقة التهيجات غير الفعالة.

#### C - ترين: أنظر الوثيقة 4

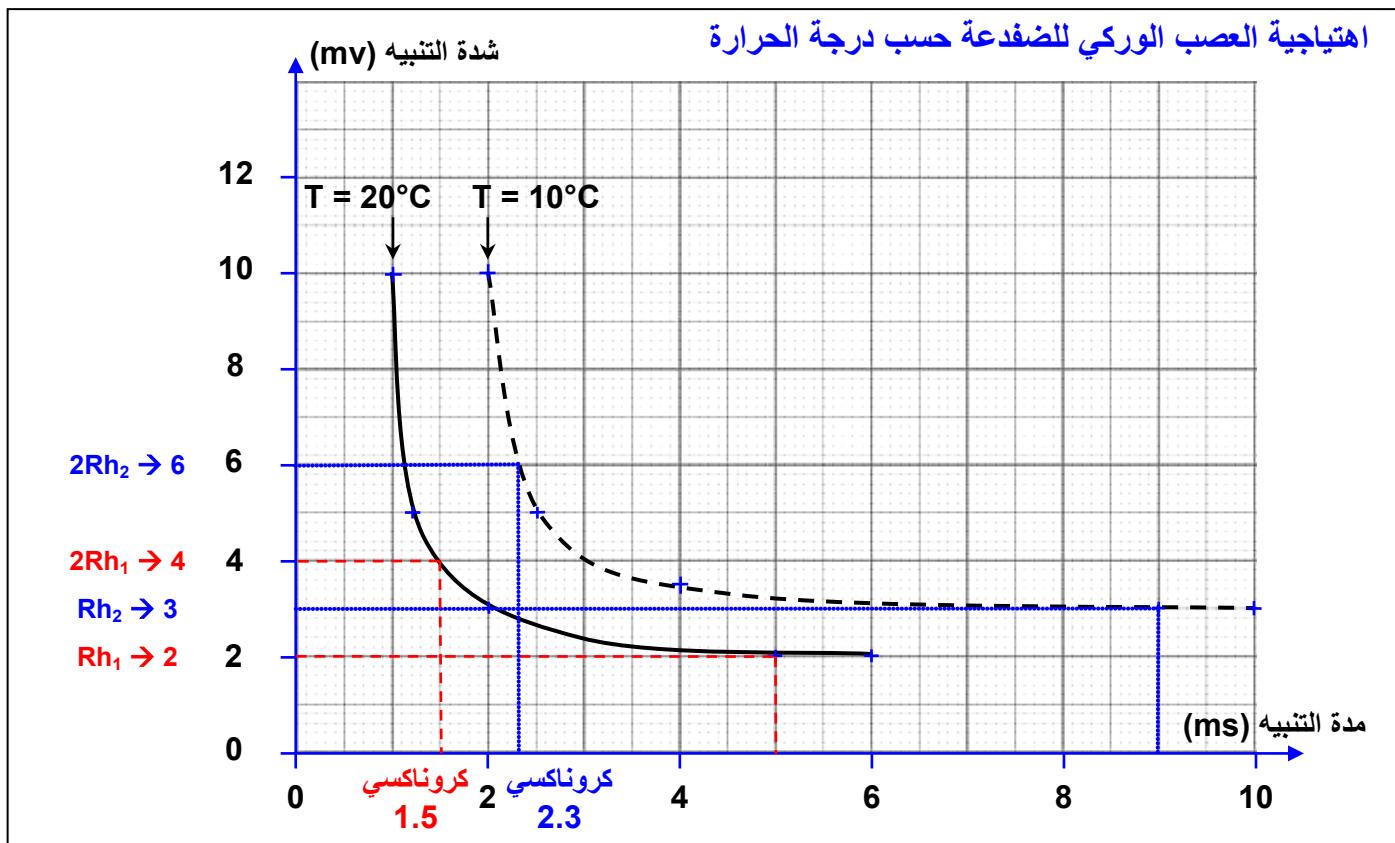
الوثيقة 4: ترين قمنا بدراسة تهيج عصبين وركيين لضفدع. الأول في درجة حرارة  $10^{\circ}\text{C}$  والثاني في درجة حرارة  $20^{\circ}\text{C}$ . النتائج المحصل عليها مدونة في الجدول أمامه:

شدة التهيج I ب (mv)	مدة التهيج t ب (ms)	$T = 20^{\circ}\text{C}$
10	5	3
1	1.2	2
10	5	3.5
2	2.5	4

شدة التهيج I ب (mv)	مدة التهيج t ب (ms)	$T = 10^{\circ}\text{C}$
2	5	6
10	3	3
9	10	3

1) مثل هذه النتائج في رسم بياني واحد.  
 2) حدد خصائص تهيج هذه الأعصاب.  
 3) حدد العصب الأكثر تهييجاً. ماذا يمكن استنتاجه؟



(2) خصائص تهيج العصبين:

Ch (ms)	2Rh (mv)	Rh (mv)	
1.5	4	2	T + 20°C
2.3	6	3	T + 10°C

(3) العصب الأكثر اهتياجية هو العصب الموضع في درجة حرارة  $T=20^{\circ}\text{C}$  لأن الريوباز والكروناكسى في هذه الحالة أقل من الريوباز والكروناكسى للعصب الموضع في درجة حرارة  $T=10^{\circ}\text{C}$ .  
إذن كلما كانت قيمة الريوباز والكروناكسى ضعيفة، كان العصب أكثر قابلية للتهيج. وبالتالي فدرجة الحرارة تلعب دوراً في اهتياجية العصب. حيث أنه كلما ارتفعت درجة الحرارة إلا وكان العصب أكثر اهتياجية.

### ج - دراسة خاصية التوصيلية: a - شروط التوصيلية أنظر الوثيقة 5

#### الوثيقة 5: شروط التوصيلية

لتحديد الشروط الفيزيولوجية المتحكم في توصيل السائلة العصبية ثم القيام بالتجارب التالية:

- ★ نضع جزء من عصب في درجة حرارة تقل عن  $2^{\circ}\text{C}$ ، وجزء آخر في درجة حرارة تفوق  $50^{\circ}\text{C}$  ثم نحدث اهاجة فعالة.
- ★ نضع العصب في درجة حرارة عادلة ( $25^{\circ}\text{C}$ ) مع إضافة كمية من الأثير أو الكلوروفورم (مخدر)، وبعد فترة زمنية نقوم بإحداث اهاجة فعالة.
- ★ نقوم بختير العصب بواسطة إبرة (أو قطعه)، ثم نقوم بإحداث اهاجة فعالة.

في جميع الحالات السابقة لا يسمح العصب بتوصيل السائلة العصبية.

ماذا تستنتج من خلال هذه التجارب؟ وما هي الشروط الالزامية لتوصيل السائلة العصبية؟

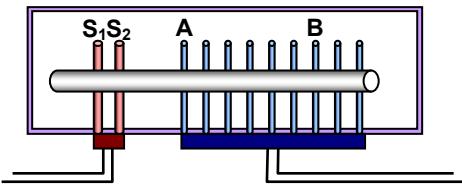
التوصيلية هي قدرة العصب أو الليف العصبي على نقل الوسالة العصبية إثر تهيج فعال. يتبع من تحليل المعطيات التجريبية السابقة أن التوصيلية تختلف حسب بعض الظروف الفيزيولوجية. إذ لا يسمح العصب بتوصيل الرسالة العصبية إذا كان مقطوعاً أو مضغوطاً أو مخدراً (مبنجاً) أو خاضعاً لدرجات حرارة قصوية (أكثر من 50°C أو حرارة دنيا أقل من 2°C).

## b - سرعة التوصيلية : انظر الوثيقة 6

### الوثيقة 6: سرعة التوصيلية

بعد عزل العصب الوركي لضدعة ووضعه في حوض العصب، نطبق عليه اهاتين متاليتين بواسطة الالكترودين  $S_1, S_2$  ثم تستقبل استجابة العصب بواسطة مسار الاستقبال، موضوعة في مستويين مختلفين A و B حيث أن المسافة بين A و B هي  $d_{AB} = 12\text{mm}$ .

- أحسب سرعة توصيل الرسالة العصبية بين A و B معتمداً على النتائج المسجلة في الجدول التالي:



		حرارة الوسط
28°C	18°C	
1	2	فارق الزمن (ms) (مرور السائلة من A إلى B)

- ماذا يمكنك استنتاجه؟
- هل يمكن أن نقول أن السائلة العصبية هي عبارة عن تيار كهربائي؟ لماذا؟

$$V_{AB} = \frac{\Delta d \text{ (mm)}}{\Delta t \text{ (ms)}}$$

(1) سرعة انتقال الرسالة العصبية من A إلى B هي:

$$V_{AB} = \frac{12 \text{ (mm)}}{2 \text{ (ms)}} = 6 \text{ mm/ms} \quad \star \text{ عند درجة حرارة } 18^\circ\text{C}$$

$$V_{AB} = \frac{12 \text{ (mm)}}{1 \text{ (ms)}} = 12 \text{ mm/ms} \quad \star \text{ عند درجة حرارة } 28^\circ\text{C}$$

(2) نستنتج من المعطيات السابقة أن سرعة التوصيلية تتغير حسب حرارة الوسط، فكلما ارتفعت درجة الحرارة إلا وارتفعت سرعة التوصيلية.

(3) السرعة المسجلة أقل بكثير من سرعة التيار الكهربائي، وبالتالي فالرسالة العصبية ليست بتيار كهربائي.

## II - طبيعة الرسالة العصبية

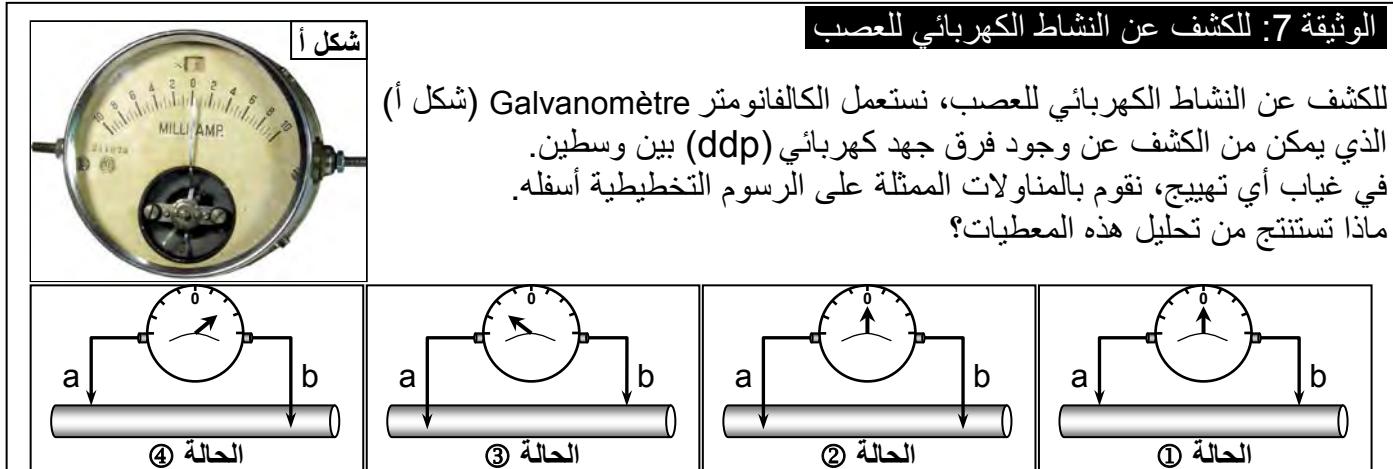
### ① الظواهر الكهربائية المصاحبة لنشاط الليف العصبي:

لتسجيل النشاط الكهربائي للعصب يتم الاعتماد على كاشف الذبذبات أو الكالفانومتر Galvanomètre.

#### أ - استعمال الكالفانومتر: انظر الوثيقة 7

### الوثيقة 7: للكشف عن النشاط الكهربائي للعصب

للكشف عن النشاط الكهربائي للعصب، نستعمل الكالفانومتر Galvanomètre (شكل أ) الذي يمكن من الكشف عن وجود فرق جهد كهربائي (ddp) بين وسطين. في غياب أي تهيج، نقوم بالمناولات الممثلة على الرسوم التخطيطية أسفله. ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات؟



★ في الحالة ① والحالة ② عندما نضع الالكترودين  $a$  و  $b$  معاً إما خارج أو داخل العصب، نلاحظ أن مؤشر الكالفانومتر يبقى مستقراً في القيمة 0.

★ في الحالة ③ والحالة ④ عندما نضع أحد الالكترودين  $a$  أو  $b$  داخل العصب والآخر خارج العصب، نلاحظ أن مؤشر الكالفانومتر ينحرف ليستقر في قيمة مخالفة للصفر.

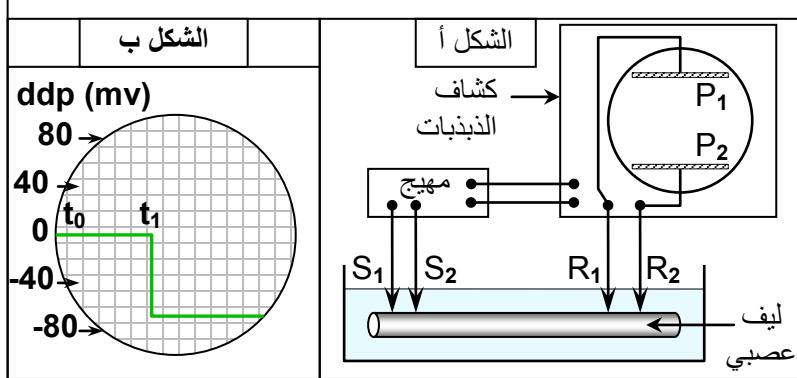
نستنتج من هذه الملاحظات أن جميع نقاط سطح العصب لها نفس الجهد الكهربائي. بينما هناك اختلاف في الجهد الكهربائي بين الوسط الداخلي والخارجي للعصب.

## ب - استعمال كاشف الذبذبات:

### a - الكشف عن جهد الكمون [أنظر الوثيقة 8](#)

#### الوثيقة 8: الكشف عن جهد الكمون Potentiel de repos

في حالة استعمال كاشف الذبذب يمكن تمثيل التركيب التجريبي المستعمل كما هو ممثل على الشكل أ (مساري التهيج،  $R_1R_2$  = مساري الاستقبال،  $P_1P_2$  = صافح معندي).



في غياب أي تهيج نقوم بالتجربتين التاليتين:

★ في الزمن  $t_0$  (بداية التجربة) نضع المساري المستقبلة  $R_1R_2$  على سطح الليف العصبي.

★ في الزمن  $t_1$  نضع المساري  $R_1$  داخل الليف  $R_2$  على السطح.  
نحصل على النتائج الممثلة على الشكل ب.

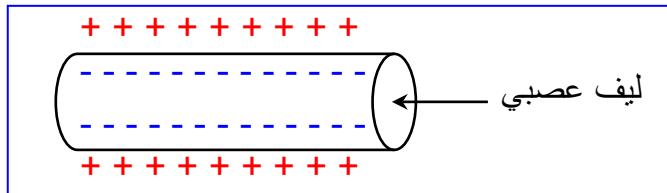
(1) حدد قيمة فرق الجهد المسجل قبل الزمن  $t_1$ .

(2) حدد قيمة فرق الجهد المسجل بعد الزمن  $t_1$ .

(3) فسر النتائج المحصل عليها.

★ في الزمن  $t_0$  عند وضع المساري المستقبلة  $R_1R_2$  على سطح الليف العصبي، نلاحظ على شاشة كاشف الذبذب خط أفقى يمر من 0. هذا يعني أن فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين الأفقيتين  $P_1$  و  $P_2$  منعدم وبالتالي بين المساريين  $R_1R_2$ .

★ في الزمن  $t_1$  عند وضع المساري  $R_1$  داخل الليف  $R_2$  على السطح، نلاحظ على الشاشة أن النقطة الضوئية قد انحرفت نحو الأسفل في اتجاه الصفيحة  $P_2$  الموجبة (لأن الإلكترونات مشحونة سالبة) والمرتبطة بـ  $R_2$  الموجودة على سطح الليف العصبي، ومنه نستنتج أن سطح الليف له شحنة موجبة وداخل الليف شحنة سالبة.



نستنتج من هذه المعطيات أنه في حالة الراحة أي في غياب التهيج، يكون هناك فرق في الاستقطاب الكهربائي بين الوسط الداخلي والخارجي لليف العصبي يقرب 70mv. يسمى جهد الكمون Potentiel de repos أو جهد العشاء.

### b - الكشف عن جهد العمل [أنظر الوثيقة 9](#)

#### الوثيقة 9: الكشف عن جهد العمل Potentiel d'action

نضع ليفاً عصبياً معزولاً للخداع Calmar في حوض عصب يحتوي على مساري مهيجة  $S_1S_2$  ومساري مستقبلة  $R_1R_2$  مرتبطة بكاشف الذبذبات.

★ التجربة 1: في الزمن  $t_0$  نضع  $R_1R_2$  على سطح الليف، ثم في الزمن  $t_1$  نهيج هذا الليف تهيجاً فعالاً فنحصل على التسجيل الممثل في الشكل أ.

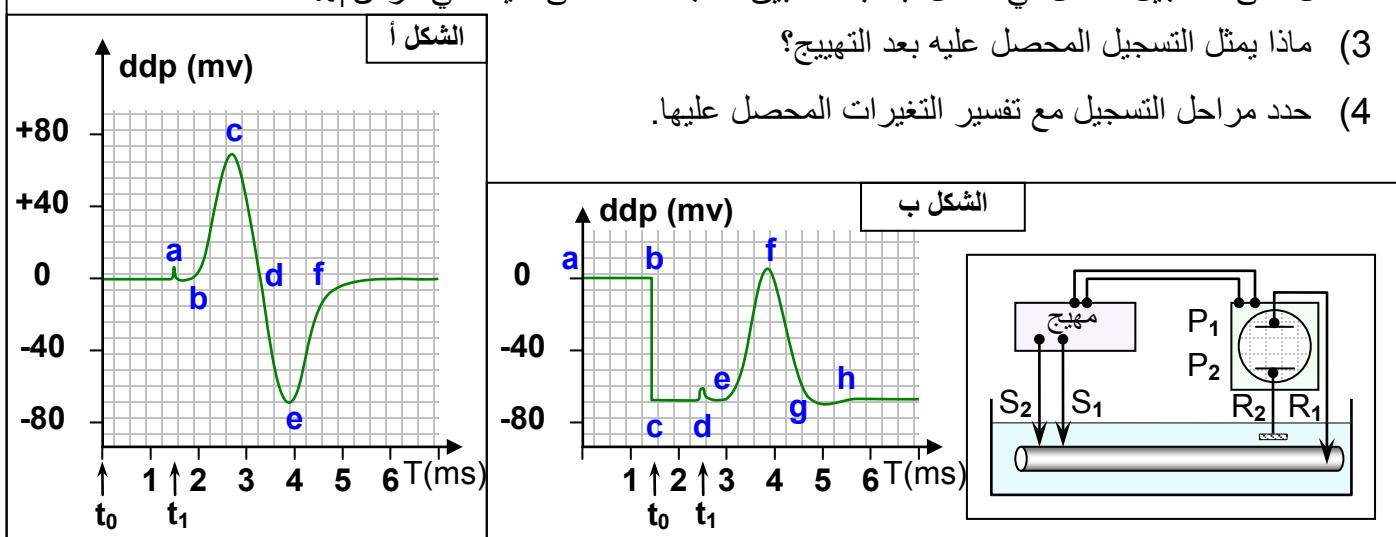
(1) ماذا يمثل هذا التسجيل؟

(2) فسر مراحل هذا النشاط الكهربائي مستعيناً بالوثيقة 10.

★ التجربة 2: في الزمن  $t_0$  ندخل المسرى  $R_1$  في الليف العصبي ونحتفظ به في جهد ثابت (مسرى مرجعى)، فتحصل على التسجيل الممثل في الشكل ب، بعد تطبيق اهاجة فعالة على الليف في الزمن  $t_1$ .

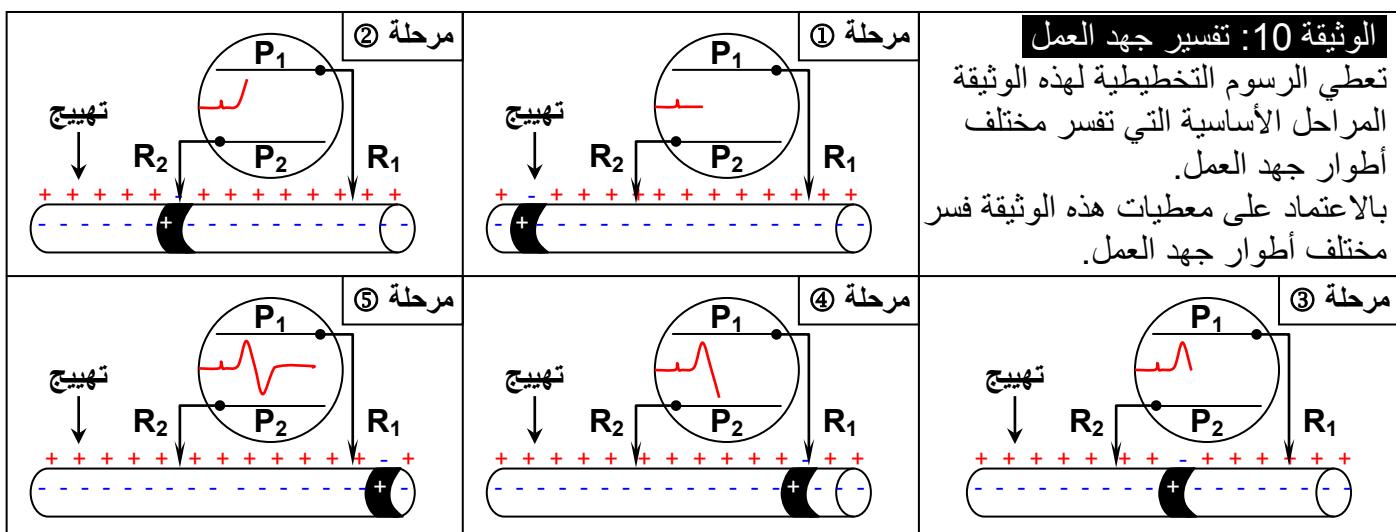
(3) ماذا يمثل التسجيل المحصل عليه بعد التهييج؟

(4) حدد مراحل التسجيل مع تقسيم التغيرات المحصل عليها.



(1) يمثل التسجيل المحصل عليه جهد عمل ثانى الطور (يتكون من جزئين متعاكسين).

(2) تقسيم مراحل جهد العمل (أنظر الوثيقة 10):



يمكن تقسيم التسجيل إلى المراحل التالية:

★ المرحلة ①: تحدث الاهاجة منطقية إزالة الاستقطاب (تغيير الشحن الكهربائية من جهة غشاء الليف العصبي)، والتي تنتقل عبر الليف العصبي في شكل موجة سالبة. نتكلم عن السيالة العصبية Influx nerveux. تسجل مسارياً الاستقبال  $R_1R_2$  إشارة متزامنة مع لحظة التهييج تسمى حادث التنبيه (a). يستغرق انتقال الموجة السالبة من نقطة الاهاجة إلى المسرى  $R_2$  مدة زمنية تدعى زمن الكمون (a-b).

★ المرحلة ②: يحدث وصول الموجة السالبة إلى  $R_2$  فرق جهد كهربائي بين  $R_1$  و  $R_2$  مما يؤدي إلى انحراف النقطة الضوئية نحو الصفيحة  $P_1$  وتسجيل مرحلة إزالة الاستقطاب بالنسبة للمسرى  $R_2$ . (b-c).

★ المرحلة ③: عندما تتوارد الموجة السالبة بين  $R_1$  و  $R_2$  يسترجع المسرى  $R_2$  جهده الأصلي، مما يؤدي إلى عودة النقطة الضوئية إلى المستوى 0، نتكلم عن مرحلة إعادة الاستقطاب لـ  $R_2$ . (c-d).

★ المرحلة ④: بوصول الموجة السالبة إلى  $R_1$  ينتج فرق جهد كهربائي بين  $R_1$  و  $R_2$  مما يؤدي إلى انحراف النقطة الضوئية نحو الصفيحة  $P_2$ ، وتسجيل مرحلة إزالة الاستقطاب لـ  $R_1$ . (d-e).

★ المرحلة ⑤: عند مغادرة الموجة السالبة  $R_1$  يسترجع هذا المسرى جهده الأصلي، مما يؤدي إلى عودة النقطة الضوئية من جديد إلى المستوى 0 وبالتالي تسجيل مرحلة إعادة الاستقطاب بالنسبة لـ  $R_1$  (e-f).

(3) يمثل التسجيل المحصل عليه في هذه الحالة بعد اهاجة فعالة جهد عمل أحادي الطور Monophasique.

(4) قبل التهيج وعند إدخال المسرى  $R_1$  في الزمن  $t_0$  نلاحظ على الشاشة أن النقطة الضوئية قد انحرفت نحو الأسفل في اتجاه الصفيحة  $P_2$  ، فنسجل بذلك فرق جهد كهربائي بين الصفيحتين  $P_1$  و  $P_2$  يمثل جهد الكمون. بعد التهيج في الزمن  $t_1$  نسجل جهد عمل أحادي الطور، يمكن تقسيمه إلى المراحل التالية:

- المرحلة (d): تمثل حادث التنبية والتي تترافق مع لحظة الاهاجة.

- المرحلة (d-e): تمثل زمن الكمون، وهي المدة التي تستغرقها الموجة السالبة لتمر من نقطة التهيج إلى المسرى  $R_1$ .

- المرحلة (e-f): تمثل إزالة الاستقطاب للمسرى  $R_1$ . وصول الموجة السالبة إلى المسرى  $R_1$  ، وبذلك تتحرف النقطة الضوئية نحو الصفيحة  $P_1$ .

- المرحلة (f-g): تمثل إعادة الاستقطاب للمسرى  $R_1$  . تبتعد الموجة السالبة عن المسرى  $R_1$  ، وبذلك تبتعد النقطة الضوئية عن الصفيحة  $P_1$ .

- المرحلة (g-h): تمثل الاستقطاب المفرط، حيث يتجاوز انحراف النقطة الضوئية قيمة جهد الكمون.

## ② الظواهر الأيونية المصاحبة لنشاط الليف العصبي:

### أ - أصل جهد الكمون: أنظر الوثيقة 11

#### الوثيقة 11: أصل جهد الكمون

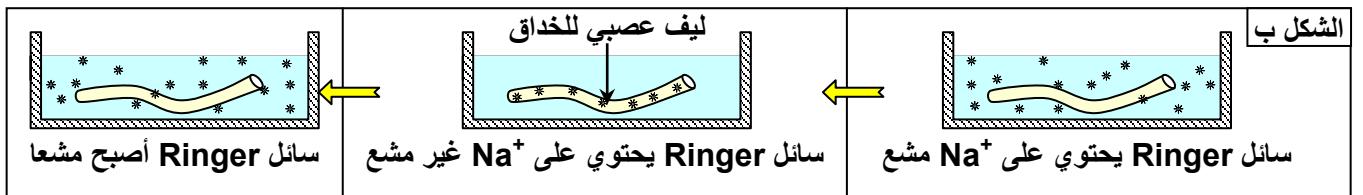
لمعرفة الآليات التي أدت إلى خلق جهد الكمون بين الوسط الداخلي والخارجي للليف عصبي، نقوم بالتجارب التالية:

التجربة 1: نقوم بقياس تركيز أيونات  $Na^+$  و  $K^+$  في كل من الوسط الداخلي للليف العصبي والوسط الخارجي الذي هو السائل البيفرجي. النتائج المحصل عليها مدونة في جدول الشكل أ.

(1) قارن تركيز أيونات  $Na^+$  و  $K^+$  داخل وخارج الليف العصبي.

(2) اقترح فرضية لتفسير الاختلاف الملاحظ في تركيز هذه الأيونات.

التجربة 2: نضع ليفا عصبيا في محلول Ringer يحتوي على أيونات الصوديوم المشع، وبعد بضع ساعات يصبح داخل الليف العصبي مشعا، وإذا وضعنا هذا الليف المشع في محلول غير مشع، نلاحظ ظهور نشاط إشعاعي في هذا محلول (الشكل ب). نفس النتائج تحصل عليها إذا استعملنا أيونات البوتاسيوم المشع.



(3) ما هي الاستنتاجات التي يمكن استخلاصها من نتائج هذه التجربة؟

(1) يبين الجدول أن تركيز أيونات  $K^+$  داخل الليف العصبي أكبر بكثير من تركيزه خارج الليف، وأن تركيز  $Na^+$  داخل الليف أقل من تركيزه خارج الليف.

(2) لو افترضنا أن غشاء الليف العصبي يعتمد على النقل السلبي فقط، ستنتقل الأيونات إذن تبعاً للدرجة التنازلية للتركيز، إلى أن يتتساوى التركيز بين الوسطين، فيختفي بذلك جهد الكمون. إذن الغشاء يعتمد آليات النقل النشيط لإخراج  $K^+$  وإدخال  $Na^+$ .

(3) في مرحلة أولى يظهر الإشعاع داخل الليف العصبي، هذا يدل على دخول  $\text{Na}^+$  إلى الليف تبعاً للدرجة التنازليّة للتركيز. انه نقل سلبي.

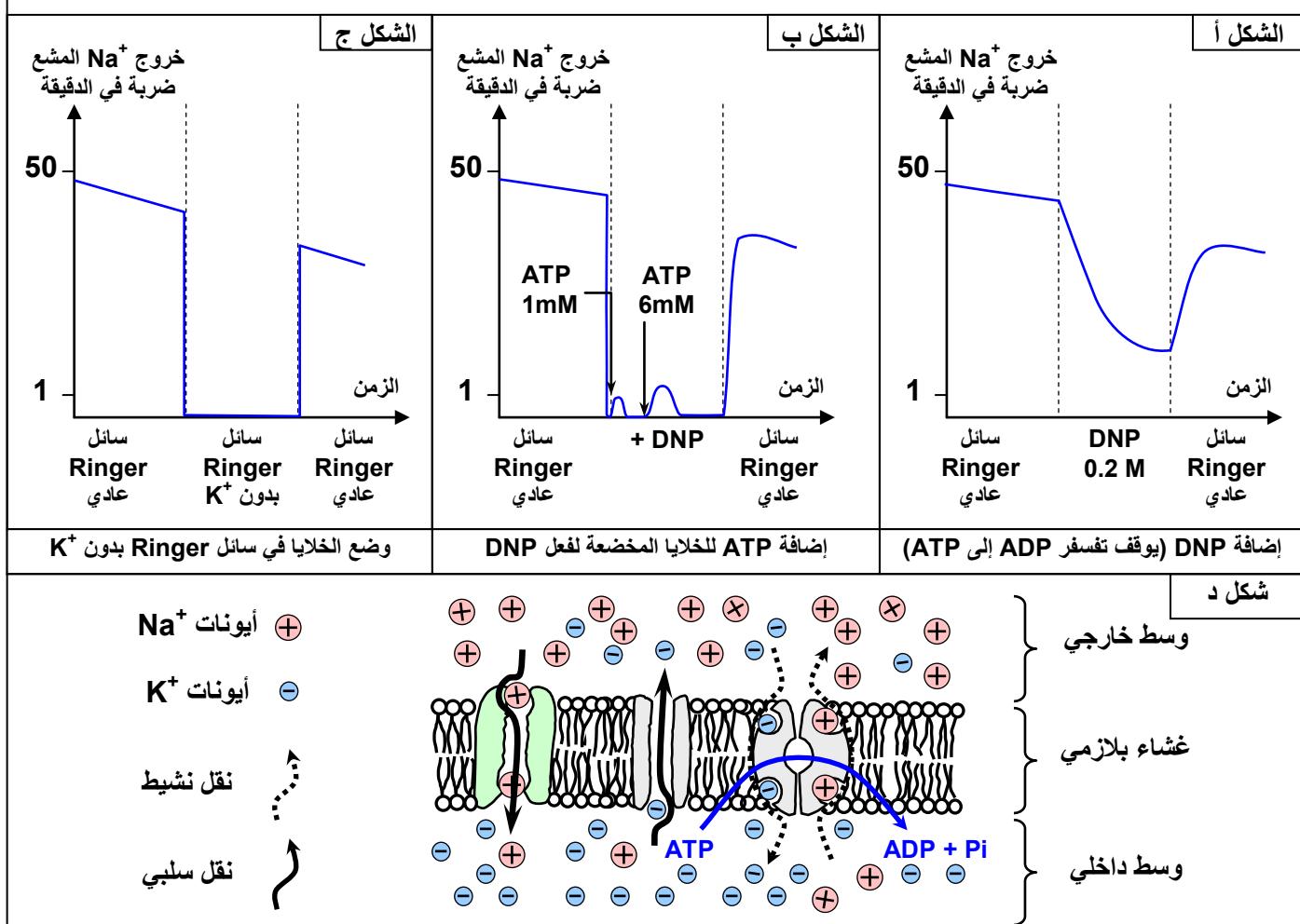
في مرحلة ثانية يظهر الإشعاع في ماء البحر، هذا يدل على خروج  $\text{Na}^+$  من الليف إلى الوسط الخارجي، وذلك عكس الدرجة التنازليّة للتركيز، انه نقل نشيط.

نستنتج من هذه المعطيات أن غشاء الليف العصبي نفوذ لأيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  بواسطة الانتشار الحر الذي يعمل على إدخال أيونات  $\text{Na}^+$  وإخراج أيونات  $\text{K}^+$ ، وذلك حسب الدرجة التنازليّة للتركيز. لكن إذا استمرت ظاهرة الانتشار لوحدها سيحدث تساوي تركيز الأيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  من جهتي الغشاء، وبذلك سينعدم جهد الكمون.

## أ - الحفاظ على جهد الكمون؟ أُنظر الوثيقة 12

### الوثيقة 12: الحفاظ على جهد الكمون

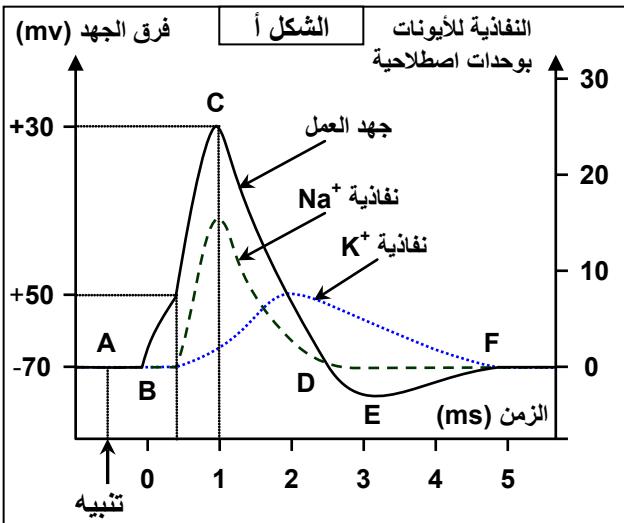
لتحديد طبيعة آليات الحفاظ على جهد الكمون، نقوم بحقن كمية قليلة من الصوديوم المشع داخل الليف العصبي، ثم نضع هذا الليف في سائل يحتوي على الصوديوم العادي مع تجديد السائل خلال فترات زمنية منتظمة، وقياس كمية الصوديوم المشع الذي يظهر في السائل كل مرة وحصلنا على النتائج المماثلة في الشكل أ والشكل ب والشكل ج. بالاعتماد على هذه المعطيات ومعطيات الشكل د، حدد طبيعة وعمل الآليات المسؤولة عن الحفاظ عن جهد العمل.



إن خروج أيونات  $\text{Na}^+$  من الوسط الداخلي للليف العصبي الأقل تركيزاً، إلى الوسط الخارجي الأكثر تركيزاً، هو عكس الدرجة التنازليّة للتركيز. ويتوقف هذا التدفق لأيونات  $\text{Na}^+$  في غياب ATP أي الطاقة، وفي غياب أيونات  $\text{K}^+$ . يتبيّن من هذه المعطيات أن تدفق  $\text{Na}^+$  نحو الوسط الخارجي يتم بواسطة النقل النشيط والذي يتم بواسطة ناقلات خاصة تدعى مضخات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$ . إذ تعمل هذه المضخة على إخراج ثلاثة أيونات  $\text{Na}^+$  مقابل إدخال أيونين  $\text{K}^+$  ويساهم بذلك في جعل سطح الليف العصبي مشحون موجب مقارنة مع الوسط الداخلي.

## ج - أصل جهد العمل: أنظر الوثيقة 13

### الوثيقة 13: أصل جهد العمل



★ لفهم الظواهر الأيونية التي تؤدي إلى نشأة جهد العمل، قام كل من Huxley و Hodgkin سنة 1950 من قياس تغيرات نفاذية غشاء الليف العصبي لأيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  خلال مرور جهد العمل. يجسد الرسم البياني أمامه (الشكل أ) تغيرات الجهد الغشائي بالموازاة مع تغيرات نفاذية الغشاء لأيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$ .

(1) انطلاقاً من تحليل معطيات الشكل أ من الوثيقة أبرز العلاقة المتواجدة بين تدفق الأيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  عبر الغشاء السيتوبلازمي ومرابح جهد العمل.

★ يوجد على مستوى الغشاء السيتوبلازمي للليف العصبي نوعان من القنوات (قنوات X وقنوات Y) تتدخل في تدفق

أيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$ . بواسطة تقنية ملائمة تم تحديد عدد القنوات المفتوحة في كل  $\mu\text{m}^2$  من الغشاء السيتوبلازمي أثناء جهد العمل. يمثل جدول الشكل 2 النتائج المحصل عليها.

عدد القنوات المفتوحة في كل $\mu\text{m}^2$ من الغشاء السيتوبلازمي حسب الزمن											الشكل ب
5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0	الزمن (ms)
0	0	0	0	0	2	5	25	40	5	0	القنوات X
0	1	2	8	12	18	20	15	5	0	0	القنوات Y

(2) أنجز على نفس المعلم الرسم البياني الذي يمثل تغير عدد القنوات X المفتوحة، والذي يمثل تغير عدد القنوات Y المفتوحة حسب الزمن.

(3) اعتماداً على مقارنة المنحنيين المحصل عليهما مع المعطيات السابقة، استخلص دور كل من القنوات X وY.

(4) على ضوء كل المعطيات السابقة حدد مختلف الأحداث التي تطرأ على مستوى الليف العصبي بعد اهاجة فعالة.

(1) بالنسبة لأيونات  $\text{Na}^+$ :

- من لحظة التبيه إلى الزمن 0.4 ms نلاحظ غياب نفاذية الغشاء ل  $\text{Na}^+$ .
- من 0.4ms إلى 1ms ترتفع نفاذية الغشاء ل  $\text{Na}^+$  (ارتفاع دخول ايونات  $\text{Na}^+$ ).
- من 1ms إلى 2.5ms تنخفض نفاذية الغشاء ل  $\text{Na}^+$ .
- انطلاقاً من 2.5ms تتوقف نفاذية الغشاء ل ايونات  $\text{Na}^+$ .

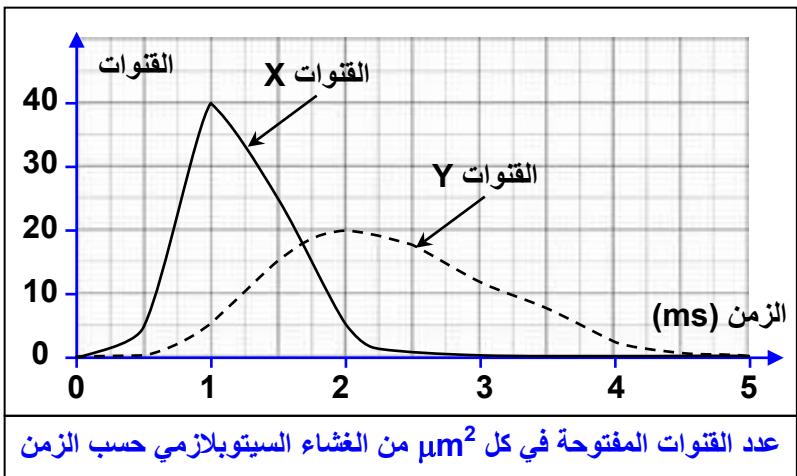
بالنسبة لأيونات  $\text{K}^+$ :

- من لحظة التبيه إلى الزمن 1ms نلاحظ غياب نفاذية الغشاء ل  $\text{K}^+$ .
- من 1ms إلى 2ms ترتفع نفاذية الغشاء ل  $\text{K}^+$  (ارتفاع خروج ايونات  $\text{K}^+$ ).
- من 2ms إلى 4.7ms تنخفض نفاذية الغشاء ل  $\text{K}^+$ .
- انطلاقاً من 4.7ms تتوقف نفاذية الغشاء ل ايونات  $\text{K}^+$ .

بعد الاهاجة وفترة الكمون، نسجل ارتفاعاً سريعاً في نفاذية  $\text{Na}^+$  بشكل موازي لمرحلة إزالة الاستقطاب، لتنخفض نفاذية  $\text{Na}^+$  خلال مرحلة إعادة الاستقطاب.

بعد الاهاجة وفترة الكمون ترتفع بشكل تدريجي نفاذية  $\text{K}^+$  لتصل أقصاها خلال مرحلة إعادة الاستقطاب، ثم تعود تدريجياً إلى قيمتها الأصلية مع نهاية مرحلة الاستقطاب المفرط.

(2) الرسم البياني الذي يمثل تغير عدد القنوات المفتوحة: أنظر الرسم أسفله



عندما تصل نفاذية الغشاء إلى أقصاها، تبدأ نفاذية الأيونات بالانخفاض وذلك بانغلاق القنوات الخاصة بها وتدخل المضخات الأيونية التي تعمل على إخراج  $\text{Na}^+$  وإدخال  $\text{K}^+$ .

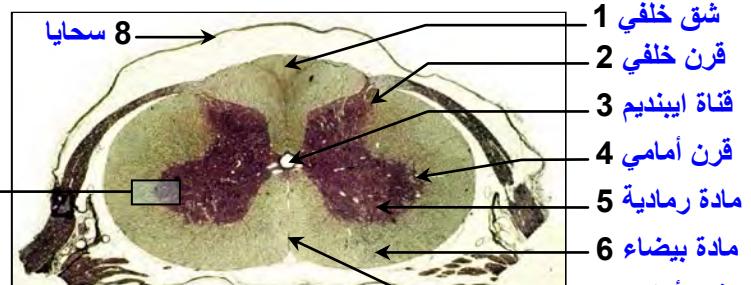
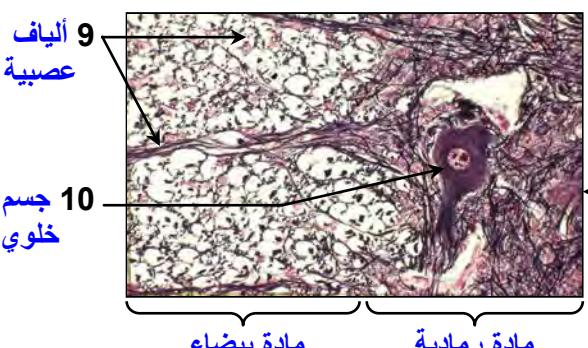
(4) يرتبط نشوء جهد العمل بتغيير في نفاذية الغشاء لأيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  ، حيث يتربّب عن وصول التهيج إلى ارتفاع نفاذية الغشاء لأيونات  $\text{Na}^+$  وبالتالي دخول متغير لهذه الأيونات وانقلاب في قطبية الغشاء. يليها ارتفاع في نفاذية  $\text{K}^+$  وينتج عنه خروج تدريجي وبطيء ل  $\text{K}^+$  وإعادة استقطاب الغشاء. يتربّب عن استمرار خروج  $\text{K}^+$  فرط في الاستقطاب الغشائي الذي يتم تصحيحه بعمل مضخات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$ .  
يعود تدفق أيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  خلال جهد العمل، لوجود قنوات خاصة مرتبطة بالفولتنية يخضع انفتاحها لتأثير تغير فرق الجهد الكهربائي المحلي. Les canaux voltage dépendant.

### III - البنيات المسؤولة عن التواصل العصبي

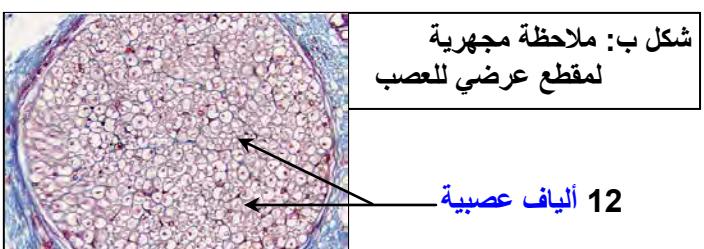
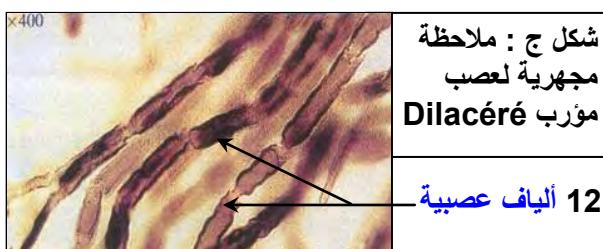
#### ① البنيات النسيجية للعصب والنخاع الشوكي

أنظر الوثيقة 14

الوثيقة 14: ملاحظات مجهرية للنسج العصبي



شكل أ : ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي للنخاع الشوكي



شكل ب: ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي للعصب

لاحظ بالمجهر الضوئي تحاضير للنخاع الشوكي. مستحضراتك السابقة وبالاعتماد على معطيات الوثيقة:

- تعرف مكونات المركز العصبي النخاعي الشوكي، ثم أنجز رسوما تخطيطية لملاحظاتك مع وضع تعليق مناسبة لهذه الرسوم.
- تعرف مكونات العصب، ثم أنجز له رسوما تخطيطية بتعليق مناسبة.
- أوجد العلاقة القائمة بين بنية العصب والنخاع الشوكي.

## A - ملاحظات مجهرية للنخاع الشوكي :La moelle épinière

يوجد النخاع الشوكي في العمود الفقري على شكل حبل أبيض يرتبط بالأعضاء الجانبية بواسطة الأعصاب السيسائية Les nerfs rachidiens. ويكون النخاع الشوكي من مادتين أساسيتين، مادة رمادية مركزية ومادة بيضاء محاطة.

★ تتكون المادة الرمادية من بقع نجمية الشكل، هي عبارة عن أجسام خلوية تطلق منها عدة امتدادات سيتوبلازمية. كما نلاحظ وجود عدة نوى لخلايا عصبية أخرى تسمى الخلايا الدبقية Les cellule gliales = névroglye التي تلعب دوراً في اقتبات ودعم الأجسام الخلوية.

★ تتكون المادة البيضاء من عدة عناصر مستديرة الشكل، يمثل كل منها ليفاً عصبياً مقطوعاً عرضياً. ويكون كل ليف عصبي من محورة Axone محاطة بغمد النخاعين La gaine de myéline

★ الرسوم التخطيطية: (أنظر الوثيقة 15)



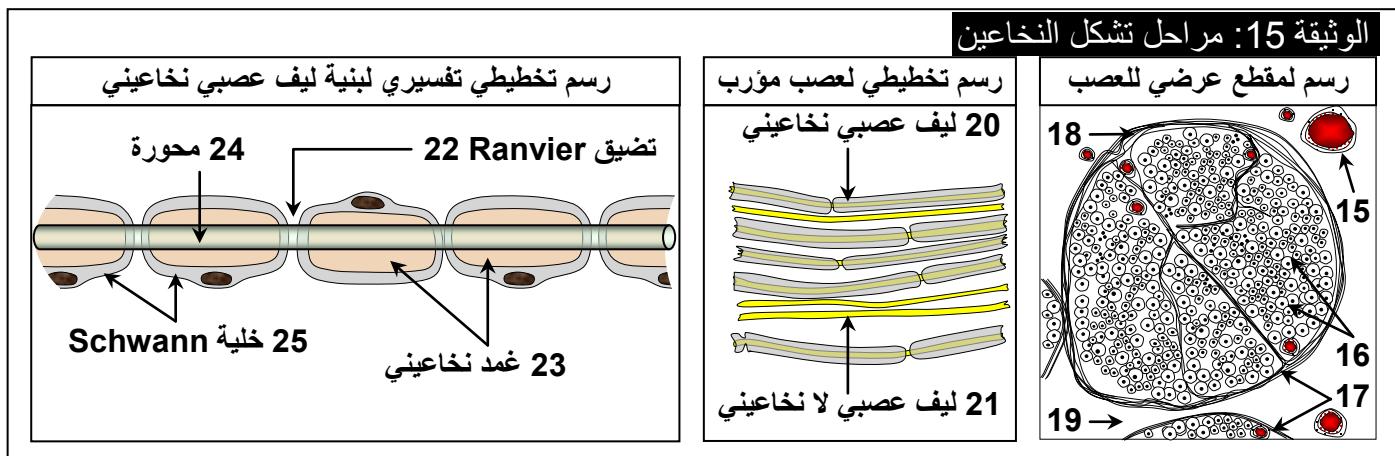
## B - ملاحظات مجهرية للعصب :Le nerf

يتكون العصب من حزم من الألياف العصبية Les fibres nerveuses، تحاط بنسيج ضام ويفصل بين مختلف الحزم نسيج ضام يحتوي على شعيرات دموية.

★ تبين الملاحظة بتكبير قوي أن كل ليف عصبي يتكون من محورة ذات تركيب سيتوبلازمي محاطة بغمد نخاعيني وغمد شفان Schwann et la gaine de Schwann. كما نلاحظ تضيقات يختفي على مستوىها الغمد النخاعيني تسمى تضيقات رونفيي Etranglements de Ranvier.

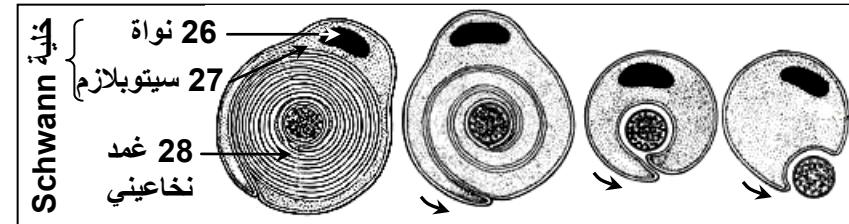
★ تسمى الألياف العصبية المحاطة بالغمد النخاعيني بالألياف النخاعينية Les fibres myéliniques. كما توجد ألياف عصبية غير محاطة بالغمد النخاعيني تسمى أليافاً لا نخاعينية Les fibres amyéliniques.

★ الرسوم التخطيطية: (أنظر الوثيقة 15)



★ يتشكل الغمد النخاعيني أثناء نمو الجنين ويستمر بعد الولادة. ويكون انطلاقاً من التكافف خلية Schwann حول المحورة لعدة مرات، فتشكل بذلك طبقة سميكة من الأغشية ذات طبيعة فوسفودهنية، تمثل غمد النخاعين الذي يدفع بنواة Schwann نحو المحيط (أنظر الرسم على الوثيقة 15).

## الوثيقة 15: كيفية تشكيل غمد النخاعين



رسوم تخطيطية لمقاطع عرضية لليف النخاعي تمثل مراحل تشكيل الغمد النخاعي: الغمد النخاعي مادة عازلة يتم تشكيلها انطلاقاً من تلوب غشاء خلايا Schwann حول المحورة.

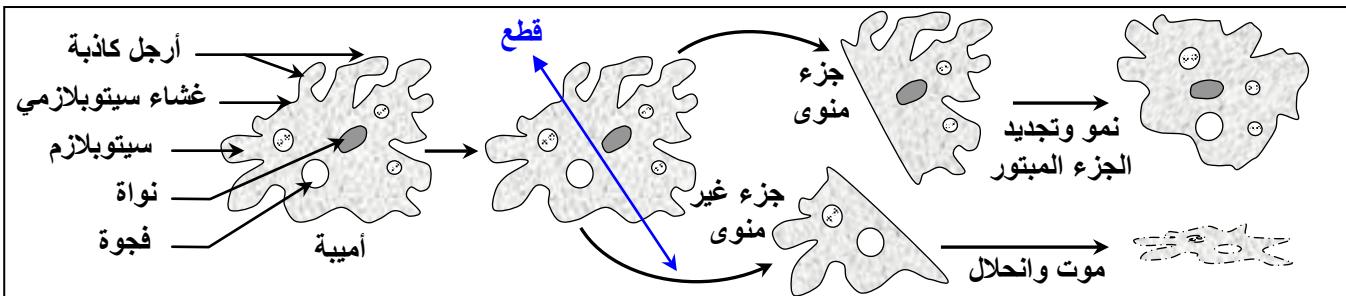
تبين من الملاحظات السابقة أن العصب هو عبارة عن مجموعة من الألياف العصبية، كل ليف يظهر محورة محاطة بغمد وأن المادة البيضاء تتكون من الألياف العصبية، كل ليف عصبي يظهر محورة محاطة بغمد. وأن المادة الرمادية تتكون من أجسام خلوية تظهر امتدادات لها نفس مظهر المحورات. انطلاقاً من هذه الملاحظات يمكن افتراض أن هناك استمرارية بين محورات الأجسام الخلوية بالمادة الرمادية، ومحورات المادة البيضاء، ومحورات العصب.

## ② العلاقة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي

a - تجارب: انظر الوثيقة 16

### الوثيقة 16: العلاقة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي

لتحديد العلاقة المتواجدة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي نقوم بالتجارب التالية:  
★ تجربة القطع: نقوم بالقطع الدقيق لحيوان وحيد الخلية مثل الأميبة L'amibe كما هو مبين على الرسوم التالية:



★ تجربة Waller و Magendie: لتحديد العلاقة البنوية بين كل من العصب والنخاع الشوكي قام الباحثين بانجاز التجارب المدونة على الجدول التالي.

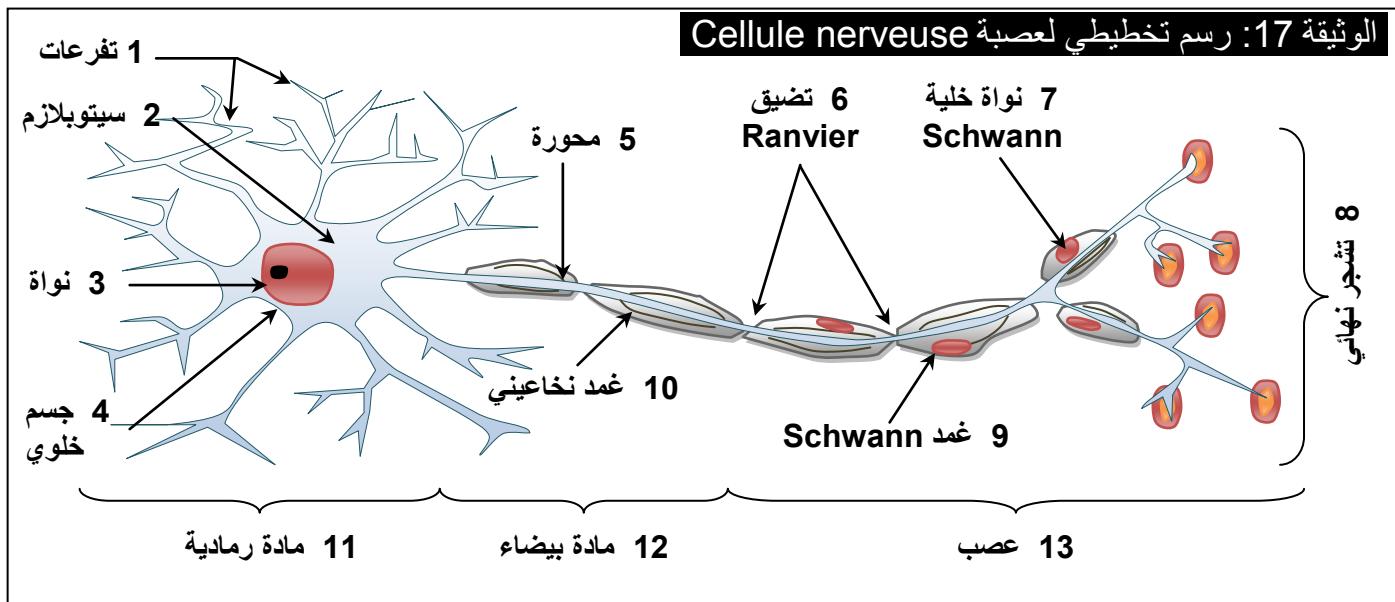
استنتاجات	ملاحظات Waller	تجربة	ملاحظات Magendie	استنتاجات
توجد الأجسام الخلوية للألياف الحسية والحركية بين القطع والنخاع الشوكي	انحلال الجزء المحيطي للعصب انطلاقاً من نقطة القطع	قطع	فقدان الحسائية والحركية في جميع المناطق المعصوية بهذا العصب	ضم العصب السيسائي لألياف حسية وحركية فهو أدنى عصب مختلط
الأجسام الخلوية للألياف الحركية توجد في المادة الرمادية للنخاع الشوكي	انحلال الألياف العصبية للجزء الأمامي في اتجاه محيطي	قطع ↑	شلل العضلات المعصوية بهذا العصب مع الاحتفاظ بالحسائية	الجزء الأمامي للنخاع الشوكي يضم الألياف الحركية فقط
الأجسام الخلوية للألياف الحركية توجد بين القطع والنخاع الشوكي	انحلال الألياف العصبية للجزء الخلفي في اتجاه محيطي	قطع ←	فقدان الحسائية مع الاحتفاظ بالحركية	الجزء الخلفي للنخاع الشوكي يضم الألياف الحسية فقط
الأجسام الخلوية للألياف الحسية توجد في العقدة السيسائية	انحلال الألياف العصبية للجزء الخلفي في اتجاه مركزي	قطع ←	فقدان الحسائية مع الاحتفاظ بالحركية	الجزء الخلفي للنخاع الشوكي يضم الألياف الحسية فقط

بعد تحليل نتائج التجارب وإعطاء الاستنتاج الخاص بكل تجربة، أُوجِدَ العلاقة القائمة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي.

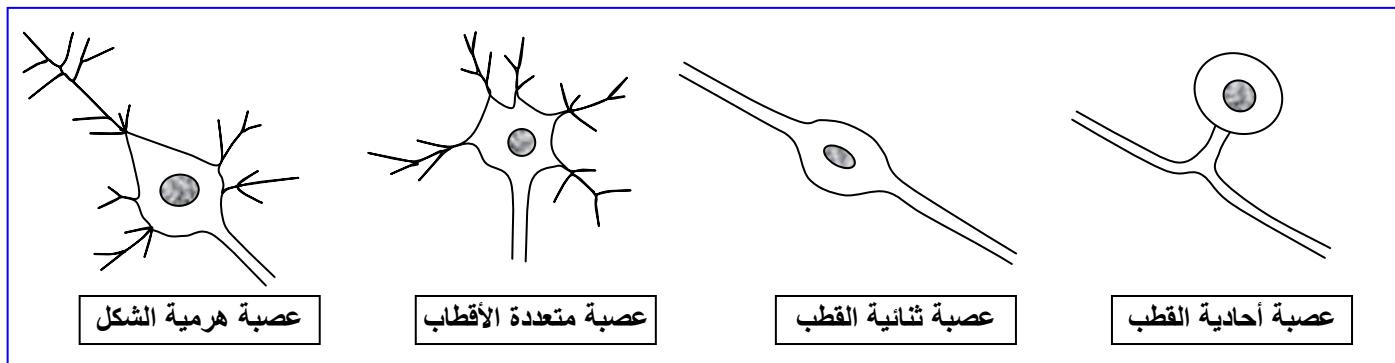
## b - تحليل واستنتاج:

★ يتبيّن من تجربة التقطيع الدقيق للأمبية أنّ الجزء المنوي يعيش ويجدد الأجزاء المبتورة بينما الجزء غير المنوي ينحل ويموت. نستنتج إذن أن النواة هي المسؤولة عن نمو وتجدد الخلية.

★ يتبيّن من تجارب Magendie و Waller أن الفرضية المقترحة صحيحة وأن الألياف العصبية للعصب والألياف العصبية للمادة البيضاء ما هي إلا امتدادات سيتوبلازمية للأجسام الخلوية المتواجدة على مستوى المادة الرمادية. وكل هذه البنيات تشكّل وحدة وظيفية للجهاز العصبي، هي الخلية العصبية **Cellule nerveuse** أو عصبون **Neurone**. تعطي الوثيقة 17 رسم تفسيري لبنيّة الخلية العصبية.

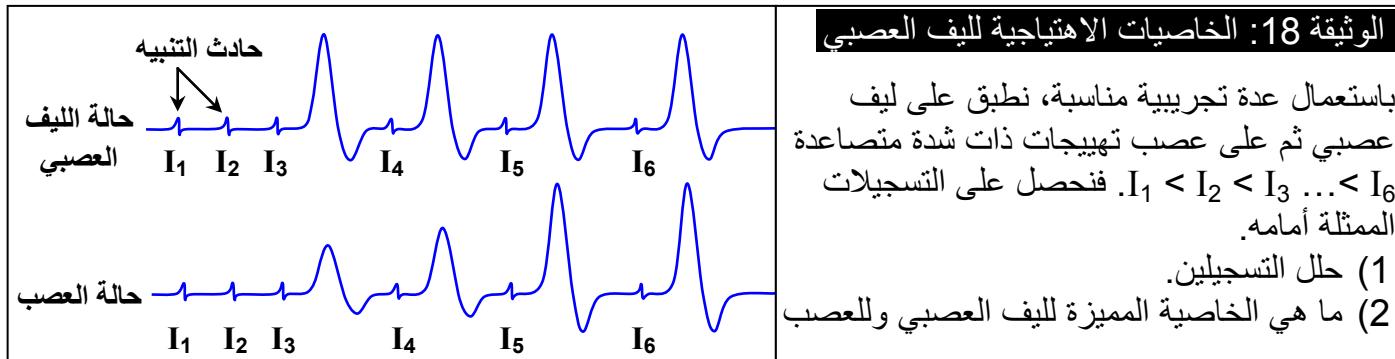


★ بيّنت الملاحظة المجهرية أن هناك أشكالاً مختلفة من الخلايا العصبية حسب المراكز العصبية التي تتواجد بها، حيث تكون إما أحادية القطب أو على شكل حرف T (العقد السيسائية)، أو ثنائية القطب (شبكة العين)، أو متعددة الأقطاب (النخاع الشوكي)، أو هرمية الشكل (القشرة المخية). انظر الرسم أسفله.



## IV - خصائص الليف العصبي

① استجابة الليف العصبي والعصب لاهاجات متصاعدة الشدة انظر الوثيقة 18

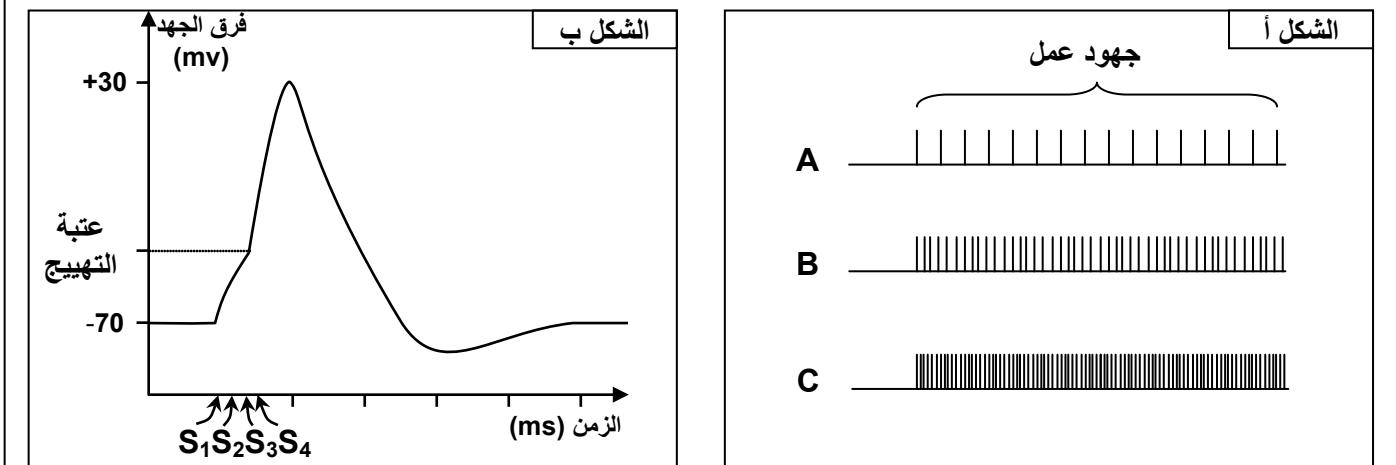


★ عند إحداث تهيجات ذات شدة متضاعفة علة ليف عصبي  $A \rightarrow B \rightarrow C$  في حالة الفيزيولوجية العادية نحصل على التسجيلات المبينة على الشكل أ.

(3) فسر كيف يتم ترميز الرسالة العصبية عند الليف العصبي في الحالة الفيزيولوجية العادية.

★ لفهم الظاهرة التي أدت عند العصب إلى ظهور جهد عمل متضاعف الوسع، نقوم بتطبيق أربع تهيجات  $S_1, S_2, S_3, S_4$  ذات نفس الشدة وغير فعالة (تحت بدئية). إذا كانت هذه التهيجات متقاربة زمنياً تعطينا التسجيل الممثل على الشكل ب، وإذا كانت متباينة زمنياً فإنها تبقى غير فعالة.

(4) ماذا تستخلص من تحليل هذه المعطيات؟



1) في حالة الليف العصبي: نلاحظ أن الاحداثتين  $I_1$  و  $I_2$  لم تحدث أي استجابة فهي إذن احداث تحت بدئية، وابتداء من  $I_3$  نسجل استجابات (جهد عمل) يبقى وسعها ثابت رغم زيادة شدة التهيج.

في حالة العصب: نلاحظ أن الاحداثتين  $I_1$  و  $I_2$  لم تحدث أي استجابة فهي إذن احداث تحت بدئية، وابتداء من  $I_3$  نسجل استجابات (جهد عمل) يرتفع وسعها مع ارتفاع شدة التهيج، إلى أن نصل إلى الشدة  $I_5$  فيستقر وسع الاستجابة رغم ارتفاع شدة التهيج.

2) في حالة الليف العصبي، عندما ينشأ جهد العمل فهو لا يتاثر بشدة الاحداث، فإذا لا يظهر (احداث تحت بدئية) أو يظهر وبقى في وسع ثابت، فنقول أن الليف العصبي يخضع لقانون الكل أو العدم La loi du tout ou rien. ويفسر هذا القانون بكون الليف يكون وحدة بنوية تستجيب استجابة تامة أو لا تستجيب.

في حالة العصب، عندما ينشأ جهد العمل فوسع الاستجابة يتزايد بتزايد شدة الاحداث، إلى حدود قيمة قصوية يصبح عندها الوسع ثابت، فنقول أن العصب يخضع لقانون التجنيد أو التعبيئة La loi de recrutement. ويفسر هذا القانون ببنية العصب الذي يتكون من عدة ألياف عصبية تختلف من حيث عتبات التهيج، فكلما زادت شدة التهيج ارتفع عدد الألياف المستجيبة (المجندة)، وبذلك يزداد وسع الاستجابة.

3) في الحالة الفيزيولوجية العادية للليف العصبي نلاحظ أن ارتفاع شدة التهيج تترجم إلى الزيادة في عدد جهود العمل بوعي ثابت. وهذا فالليف العصبي يترجم اختلاف شدة التهيج بتعديل ترددات جهود العمل وليس بتعديل الوسع.

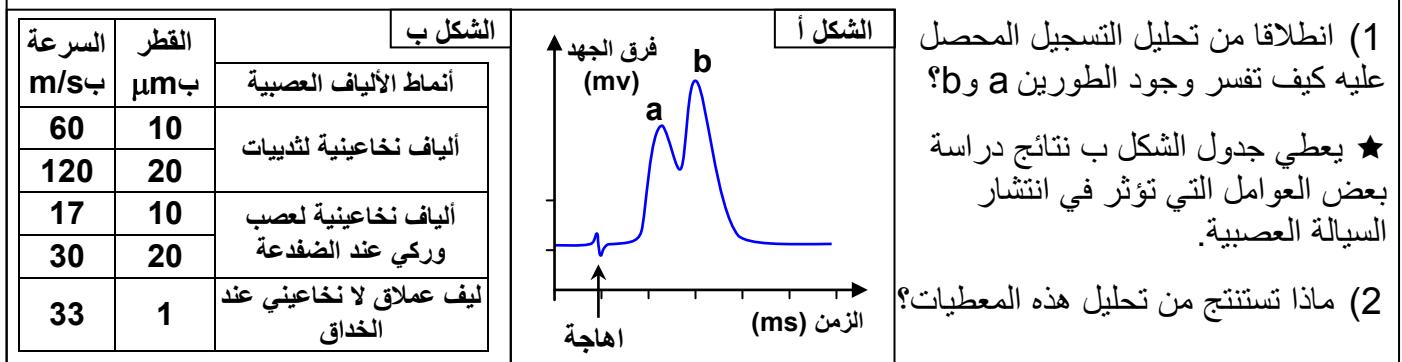
4) عندما نطبق على العصب احداث تحت بدئية بتردد ضعيف (متباينة) فإنها لا تعطي أي استجابة. لكن عند رفع التردد (تقارب التهيجات) فإننا نحصل على استجابة (جهد عمل). ويفسر ذلك بتجميع الشحن الناتجة عن كل التهيجات لترتفyi إلى شدة فوق بدئية تعطي جهد عمل. وهذا ما يعرف بالإجمال الزمني La sommation temporelle في حالة خاصية التجنيد فاستجابة العصب فهي نتيجة إجمالي استجابات الألياف المكونة له، فنتكلm في هذه الحالة عن الإجمال الحizi La sommation spatiale.

## ② علاقة بنية الليف بتوصيل السائلة العصبية

### أ – دراسة معطيات تجريبية أنظر الوثيقة 19

## الوثيقة 19: علاقة بنية الليف العصبي بتوصيل السيالة العصبية

★ يؤدي تهيج فعال لعصب صافن Saphène عند قنية إلى الحصول على التسجيل الممثل في الشكل أ.



1) انطلاقاً من تحليل التسجيل المحصل عليه كيف تفسر وجود الطورين a و b؟

★ يعطي جدول الشكل ب نتائج دراسة بعض العوامل التي تؤثر في انتشار السيالة العصبية.

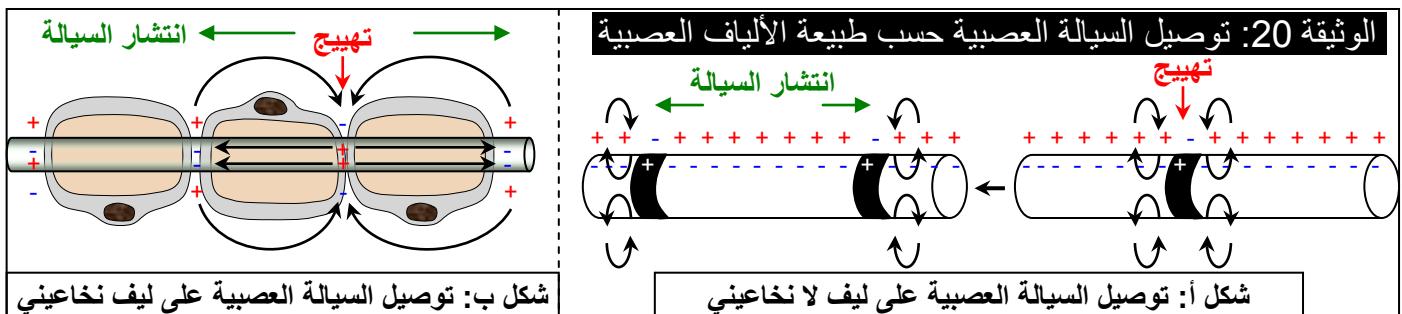
2) ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات؟

1) نلاحظ أن اهاجة فعالة واحدة أدت إلى تسجيل جهد عمل يتتوفر على طورين لإزالة الاستقطاب، الطور a الذي يظهر خلال مرحلة إعادة الاستقطاب للطور b.

يفسر وجود الطورين بكون العصب يتتوفر على نوعين من الألياف العصبية، تختلف من حيث سرعة توصيل السيالة العصبية.

2) تستنتج من تحليل معطيات الجدول أن سرعة انتشار السيالة العصبية تختلف حسب القطر، ونوع الألياف العصبية نخاعينية أم لا نخاعينية، ونوع الكائن الحي.

## ب - علاقة بنية الليف العصبي بخاصية التوصيلية أنظر الوثيقة 20



## الوثيقة 20: توصيل السيالة العصبية حسب طبيعة الألياف العصبية

★ بالنسبة لليف اللانخاعيني (الشكل أ): في غياب غمد النخاعين تتواجد قنوات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  في نقط متقابلة، مما يمكن جهد العمل الناتج عن الاهاجة الفعالة من توليد جهد عمل في النقطة المجاورة، وفق تيار محلي، أنها نظرية التيارات المحلية Les courants locaux التي تسمح بتوصيل بطء للسيالة العصبية.

★ بالنسبة لليف النخاعيني (الشكل ب): مع توافر غمد النخاعين العازل كهربائياً، تتواجد قنوات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  النشطة في تضيقات Ranvier فقط. فعند الاهاجة الفعالة يظهر جهد العمل في أقرب تضيق، فيتولد عن ذلك جهد عمل في التضيق الموالي وذلك وفق تيار قفزي، أنها نظرية التيارات الفقزية Les courants saltatoires التي تسمح بتوصيل سريع للسيالة العصبية.

### ملاحظات:

★ في حالة ليف عصبي معزول، تنتقل السيالة العصبية في الاتجاهين انطلاقاً من نقطة التهيج.

★ تكون تضيقات Ranvier أكثر تبايناً كلما كان قطر الليف كبيراً، وهذا ما يفسر ارتفاع سرعة التوصيلية بالنسبة للألياف النخاعينية ذات القطر الكبير.

## ③ مفهوم السينابس وأآلية التبليغ السينابسي

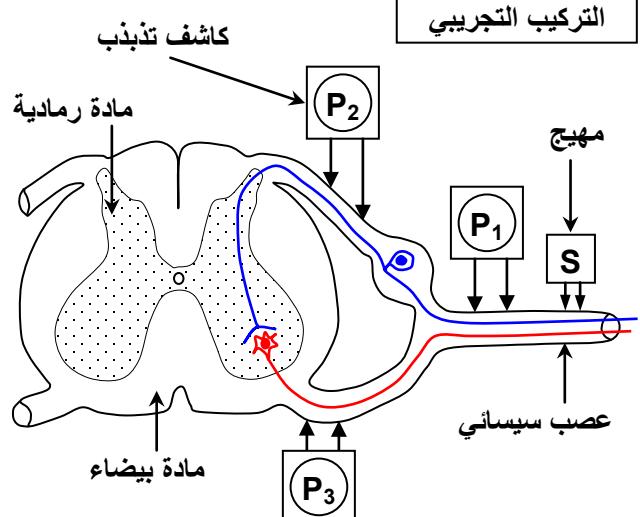
### أ - التأخير السينابسي أو المهلة السينابسية أنظر الوثيقة 21

## الوثيقة 21: الكشف التجريبي عن نقط الاشتباك

نبرز بالتشريح عصبا سيسائي لضفدة صحبة جذوره، ثم نطق اهاجة فعالة على العصب السيسائي (النقطة S) مع تسجيل الزمن الذي تستغرقه السيالة العصبية عند انتقالها بين نقط مختلفة (بين النقطتين P<sub>1</sub> و P<sub>2</sub> وبين النقطتين P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub>) ويبين الجدول التالي النتائج المحصلة.

الزمن الذي استغرقه السيالة ب ms	المسافة ب mm	
0.2	4	P <sub>2</sub> و P <sub>1</sub>
0.25	2	P <sub>3</sub> و P <sub>2</sub>

أحسب سرعة السيالة العصبية بين النقطتين P<sub>1</sub> و P<sub>2</sub> وبين P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub>، واقتصر تقسيراً للاختلاف الملاحظ.



★ حسب سرعة السيالة العصبية:

• السرعة بين P<sub>1</sub> و P<sub>2</sub> هي:

$$V_1 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{4}{0.2} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0.2 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

• السرعة بين P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub> هي:

$$V_2 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{2}{0.25} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0.25 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 8 \text{ m/s}$$

★ نلاحظ أن السرعة بين P<sub>1</sub> و P<sub>2</sub> هي أكبر من السرعة بين P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub> ، هذا يعني أن هناك تأخير في انتقال السيالة العصبية على مستوى النخاع الشوكي، يسمى هذا التأخير بالمهلة السينابسية Le délai synaptique ، والذي يفسر بوجود مناطق تشابك بين العصبونات على مستوى المادة الرمادية، تسمى سينابسات Les synapses .

★ لحساب مدة التأخير السينابسي T :

• سرعة السيالة العصبية بدون سينابس هي V<sub>1</sub> = 20 m/s

• الزمن الذي تستغرقه السيالة العصبية لقطع المسافة بين P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub> بوجود سينابس هو: t<sub>1</sub> = 0.25 ms

• الزمن الذي تستغرقه السيالة العصبية لقطع المسافة بين P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub> بغياب سينابس هو: t<sub>2</sub> =

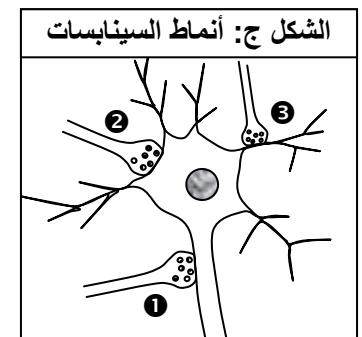
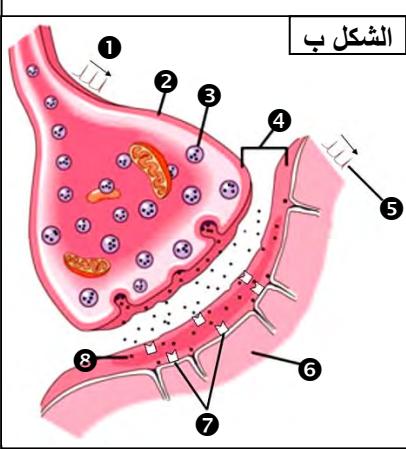
$$t_2 = \frac{\Delta d}{V_1} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{20} = 1.10^{-4} \text{ s} = 0.1 \text{ ms}$$

إذن التأخير السينابسي هو T = t<sub>1</sub> - t<sub>2</sub> = 0.25 - 0.1 = 0.15 ms

## ب - دراسة السينابس

### a - ملاحظات مجهرية: انظر الوثيقة 22

الوثيقة 22: بنية وأنماط السينابس يعطي الشكل أ من الوثيقة صورة الكترونومغرافية لنقطة اشتباك عصبي. وصورة توضيحية لهذه البنية. كما يعطي الشكل ب رسم تقسيري لبنية السينابس. بعد إعطاء الأرقام المناسبة لعناصر الوثيقة، صف بنية السينابس.



★ الشكل أ: ① = عصبة قبل سينابسية، ② = حوصلة سينابسية N.présynaptique، ③ = حوصلة سينابسية بعدها، ④ = غشاء قبل سينابسي، ⑤ = حيز سينابسي، ⑥ = عصبة بعد سينابسية

★ الشكل ب: ① = جهد عمل قبل سينابسي، ② = حبة سينابسية Bouton synaptique، ③ = حبة سينابسية بعدها، ④ = حيز سينابسي، ⑤ = جهد عمل بعد سينابسي، ⑥ = عصبة بعد سينابسية، ⑦ = مساقبات غشائية، ⑧ = مبلغ عصبي Neurotransmetteur.

تعتبر الخلية العصبية وحدة تقييم عدة اتصالات مع خلايا عصبية أخرى، مما يعطي مظهراً مشابكاً لمناطق الاتصال والتي يطلق عليها نقط الاشتباك العصبي أو السينابسات.

تنتهي محورة كل عصبة بتفرعات تشكل التشرج النهائي. كل فرع ينتهي بحبة سينابسية Bouton synaptique والتي تعتبر بمثابة الرابط بين عصبة قبل سينابسية N.présynaptique وعصبة بعد سينابسية N.postsynaptique. أو بين عصبة وخلية مستجيبة (عضلة، غدة، ...).

**خلاصة:** السينابس هي بنية منتفخة تشكل نقطة التلاقي بين نهايات المحورات وجسم خلوي أو محورة أو تفرع. وتتميز العصبة قبل السينابسية بوجود حوصلات سينابسية، كما نجد حيزاً يفصل بين العصبة قبل وبعد سينابسية يسمى حيز سينابسي Espace synaptique.

### b - أنماط السينابسات: انظر الشكل ج الوثيقة 22

يمكن التمييز بين أنماط مختلفة من السينابسات:

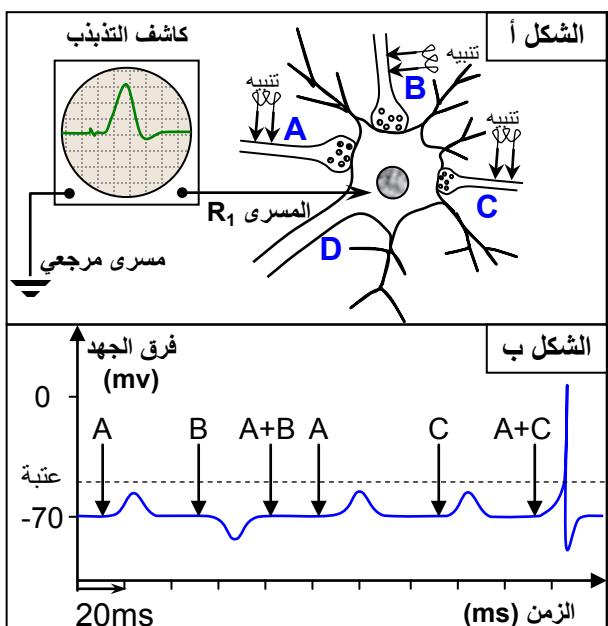
- عندما ترتبط العصبة بعصبات أخرى نتكلم عن سينابس عصب عصبية أو بيعصبية Synapse neuro-neuronique ونميز في هذه الحالة:

- ✓ سينابس تمحوري (❶). Synapse axo-axonique
- ✓ سينابس محور جسدي (❷). Synapse axo-somatique
- ✓ سينابس محور تقرعية (❸). Synapse axo-dendritique

- عندما ترتبط العصبة بعطلة نتكلم عن سينابس عصب عضلية Synapse neuro-musculaire تسمى كذلك صفيحة محركة Plaque motrice.

- عندما ترتبط العصبة بغدة نتكلم عن سينابس عصب غدية Synapse neuro-glandulaire.

### c - وظيفي الكبح والتهييج للسينابس: انظر الوثيقة 23



#### الوثيقة 23: وظيفي الكبح والتهييج للسينابس

يمثل الشكل أ من الوثيقة رسم تخطيطي مبسط لتشابك ثلاثة ألياف عصبية A و B و C مع عصبة D عن طريق سينابسات، وكل ليف مرتبط بمنبه معزول.

بواسطة المسرى  $R_1$  الذي أدخل في الجسم الخلوي للعصبة D، نقيس جهد الغشاء في الحالات الثلاث التالية:

الحالة ①: تهيج النهاية العصبية A، الحالة ②: تهيج النهاية العصبية B، الحالة ③: تهيج النهاية العصبية C،

الحالة ④: تهيج نهاية A و B، الحالة ⑤: تهيج نهاية A و C.

تحصل على النتائج المبينة على الشكل ب من الوثيقة.

1) ماذا تستنتج إذا علمت أن تهيج العصبة D لا يعطي استجابة

عند العصب A و B و C؟

2) ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج؟

3) ما هي التسجيلات المتوقعة عند تهيج B و C ثم A و B و C؟

1) بما أن تهبيج D لا يؤدي إلى ظهر جهد عمل على العصب A و b و C، فهذا يعني أن السيالة العصبية لا تنتقل عبر السينابس إلا في اتجاه واحد، من العصبة القبل سينابسية إلى العصبة بعد سينابسية.

(2) إن تهبيج:

- إن تهبيج العصبة A يؤدي إلى ظهر جهد بعد سينابسي يترجم بظاهرة إزالة الاستقطاب على مستوى العصبة D.
  - يصطلاح على هذا التسجيل بالجهد بعد السينابسي المهيّج (PPSE) = Potentiel post-synaptique exciteur.
  - العصبة C يؤدي إلى نفس النتيجة المحصل عليها عند تهبيج العصبة A.
  - العصبة B يؤدي إلى ظهر استقطاب مفرط على مستوى العصبة D، ويعتبر هذا الاستقطاب بمثابة جهد بعد سينابسي كايج (PPSI) = Potentiel post-synaptique inhibiteur.
  - العصبيتين A و B معاً في آن واحد لا يعطي أي تغيير في فرق الجهد عند العصبة D.
  - العصبيتين A و C معاً في آن واحد يؤدي إلى تعدي عتبة التهبيج، وبالتالي ظهر جهد عمل على العصبة D.
- نستنتج من هذا التحليل أن العصبة بعد السينابسية تستجيب للحصيلة الجبرية لجهدي الكبح والتهبيج (PPSE و PPS):

إذا كانت هذه الحصيلة الجبرية إيجابية أي تبلغ العتبة، فإنها تولد جهد عمل.

إلا إذا كانت هذه الحصيلة الجبرية غير كافية لبلوغ العتبة، فلا يتولد عنها أي جهد عمل.

إذن للسينابسات الكابحة والمهيّجة أهمية بالغة في تناسق الحركات. مثلاً عند حركة الثني لا بد من ارتخاء عضلة البسط، وتقلص عضلة الثني.

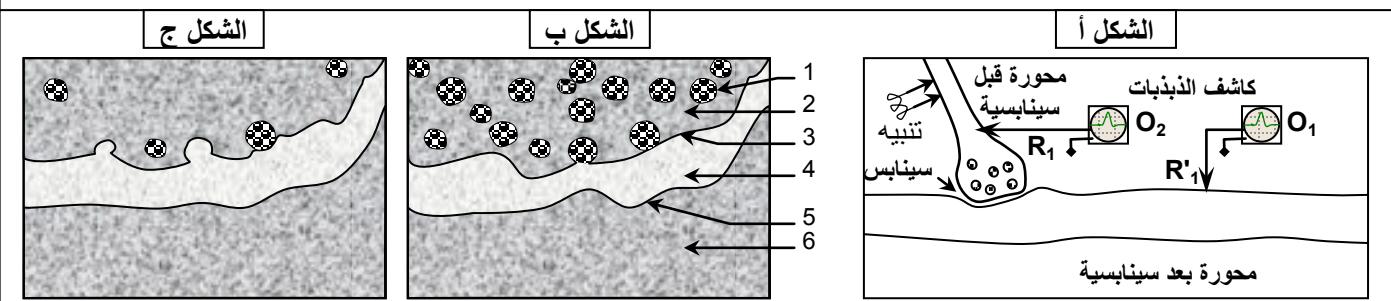
(3) التسجيلات المتوقعة عند:

- تهبيج B و C في آن واحد لا يعطي أي تغيير في فرق الجهد عند العصبة D.
- A و B و C في آن واحد ظهر جهد بعد سينابسي مهيّج (PPSE) على العصبة D.

## ب - آلية التبليغ السينابسي - معطيات تجريبية: انظر الوثيقة 24

### الوثيقة 24: آلية التبليغ السينابسي

لفهم آلية التبليغ السينابسي أجريت عدة تجارب على سينابس عملاق للخدق. ويمثل الشكل أ من الوثيقة رسماً تخطيطياً للعدة التجريبية المستعملة. والشكل ب رسم تخطيطي لنفس السينابس في غياب التهبيج.



1) فسر الشكل ب بوضع الأسماء المناسبة لأرقام هذه الوثيقة.

★ تجربة 1: نقوم بتهبيج العصبة قبل السينابسية العديد من المرات، وبعد الملاحظة المجهرية للسينابس أنجز الرسم الممثل على الشكل ج.

2) ماذا تستنتج من ملاحظة الشكل ج مقارنة بالشكل ب؟

★ تجربة 2: في غياب أي تهبيج نضع قطرة مجهرية من مادة الأستيوكولين Acetylcholine في المكان 4 من الشكل ب، فنلاحظ أن كاشف الذبذبات O<sub>1</sub> وحده هو الذي يسجل جهد عمل.

3) ماذا توضح هذه التجربة؟

★ تجربة 3: نزيل جميع أيونات الكالسيوم Ca<sup>2+</sup> من الوسط الذي غمرنا فيه العصبيتين، وعندما نهيج نسجل جهد عمل على مستوى O<sub>2</sub> فقط، كما أن الملاحظة المجهرية للسينابس تبين المظاهر الممثل بالشكل ب.

4) ماذا تبين هذه التجربة؟

★ تجربة 4: في غياب أي تنبيه نحقن بواسطة ماصة مجهرية أيونات  $\text{Ca}^{2+}$  في الحبة السينابسية، فنلاحظ تسجيل جهد عمل في مستوى  $\text{O}_1$ . كما أن عدد الحويصلات السينابسية يتناقص.  
 (5) فسر هذه النتيجة.

إذا علمت أن تحرير الأستيلكولين بالحizin السينابسي ينتج عنه تغيير نفاذية الغشاء بعد السينابسي تجاه أيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$ ، وأن الأستيلكولين لا تخترق الغشاء بعد السينابسي.  
 (6) حدد آلية التبليغ السينابسي.

### b - تحليل المعطيات التجريبية:

- (1) الأسماء المناسبة لأرقام الوثيقة:  
 1 = حويصلة سينابسية، 2 = سيتوبلازم قبل بلازمي، 3 = غشاء قبل بلازمي، 4 = حيز سينابسي،  
 5 = غشاء بعد سينابسي، 6 = سيتوبلازم بعد سينابسي.
- (2) نستنتج من ملاحظة الشكل ج مقارنة بالشكل ب أن التبليغ السينابسي مرتبط بتفریغ الحويصلات السينابسية في الحيز السينابسي.
- (3) يتبيّن من هذه التجربة أن توليد جهد عمل في الغشاء بعد سينابسي يرتبط بتحرير المبلغ العصبي الأستيلكولين في الحيز السينابسي.
- (4) يتبيّن من هذه التجربة أن أيونات الكالسيوم لها دور أساسي في نقل السيالة العصبية على مستوى السينابس.
- (5) تفسر هذه التجربة بكون دخول أيونات  $\text{Ca}^{2+}$  إلى الحبة السينابسية يسبب تحرير المبلغ العصبي المتواجد بالحويصلات السينابسية في الحيز السينابسي، وبالتالي ظهور جهد عمل بعد سينابسي.
- (6) آلية التبليغ السينابسي:

- بعد الاهاجة تنتقل السيالة العصبية عبر المحورة إلى أن تصل إلى الحبة السينابسية فتؤدي إلى افتتاح قنوات  $\text{Ca}^{2+}$  ودخول الكالسيوم إلى الحبة السينابسية.
- يحفز الكالسيوم التحام الحويصلات السينابسية مع الغشاء قبل السينابسي وبالتالي إفراز المبلغ العصبي بالحizin السينابسي.
- يثبت المبلغ العصبي على مستقبلات خاصة به مدمجة في الغشاء بعد السينابسي، الشيء الذي يؤدي إلى افتتاح قنوات بروتئينية خاصة بـ  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  وبالتالي ظهور جهد عمل بعد سينابسي.
- ينفصل المبلغ العصبي عن مستقبلاته تحت تأثير أنزين خاص، فتنغلق قنوات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$ .

### c - السينابس الكابح والمهيج:

نميز عدة مبلغات عصبية، منها ما هو مهيج ومنها ما هو كابح: انظر الوثيقة 25

- السينابس المهيجه:  
 يؤدي المبلغ العصبي إلى افتتاح قنوات  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  الشيء الذي يسمح بدخول  $\text{Na}^+$  وخروج  $\text{K}^+$  وبالتالي نشوء موجة إزالة الاستقطاب على مستوى العصبة بعد السينابسية.
- السينابس الكابحة:  
 يؤدي المبلغ العصبي إلى افتتاح قنوات  $\text{Cl}^-$  و  $\text{K}^+$  الشيء الذي يسمح بدخول مكثف لأيونات  $\text{Cl}^-$  وخروج أيونات  $\text{K}^+$  وبالتالي نشوء استقطاب مفرط على مستوى الغشاء بعد السينابسي، وهو جهد بعد سينابسي كابح.

هناك عدة مواد تؤثر في عمل السينابسات من تنشيط أو كبح. مثل الكورار Curare، النيكوتين Nicotine، الكوكايين Cocaine، مواد تثبت على مستقبلات الأستيلكولين فتوقف بذلك عملها فتعيق تبليغ السيارات العصبية.

## **الوحدة الواحدة:**

### **الاندماج العصب الهرموني**

#### **مقدمة**

تتواصل الخلايا فيما بينها بفضل تدخل كل من الجهازين العصبي والهرموني:

- يتمثل التواصل العصبي في نقل الرسائل العصبية، عبر الخلايا العصبية، نحو الأعضاء المنفذة. ويتميز الجهاز العصبي برد فعل سريع، يمكن الجسم من التكيف مع الظروف الجديدة.
- يتمثل التواصل الهرموني في تدخل الغدد الصماء المفرزة للهرمونات وانتشار الرسالة الهرمونية بواسطة الدم وتأثيرها النوعي على الخلايا الهدف. ويتميز بتدخل متأخر، إلا أنه ذو فعالية أقوى ومستديمة تضمن تنظيمًا للمتغيرات البيولوجية الأساسية.

وبفضل وجود تكامل وظيفي بين هذين الجهازين يعمل جسم الإنسان على التنظيم الذاتي لوظائفه الحيوية. ومن بين مظاهر هذا التنظيم، التي يتجلّى فيها تدخل كل من الجهازين العصبي والهرموني، هناك تنظيم الهرمونات الجنسية والضغط الشرياني والحفاظ على التوازن المائي المعدني.

**(1) فكيف يتم تنظيم هذه الوظائف الحيوية؟**

**(2) وما مظاهر التكامل الوظيفي بين التواصل العصبي والتواصل الهرموني؟**

# الفصل الأول:

## تنظيم وظيفة التوالي عند الإنسان

**مقدمة:** تلعب التواصلات الهرمونية والعصبية دوراً أساسياً في تنظيم وظيفة التوالي عند الإنسان.  
**كيف يحصل الاندماج بين الجهازين العصبي والهرموني لتحقيق وتنظيم وظيفة التوالي؟**

### I - فيزيولوجية الجهاز التناسلي عند الرجل

#### ① الكشف عن دور الخصية في الوظيفة الجنسية عند الرجل

##### أ - ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 1

###### الوثيقة 1: الكشف عن الدور المزدوج للخصية

###### ★ ملاحظات سريرية:

- يظهر عند الأولاد في طور البلوغ عدد من التغيرات المرفولوجية والفيزيولوجية منها: نمو الأعضاء التناسلية، بداية عمل الخصيتين (ذفن المنى)، ظهور صفات جنسية ثانوية كشعر الإبطين والعانة.
- يعتبر بقاء الخصيتين داخل تجويف البطن بعد الولادة شذوذًا خلقياً يدعى اختفاء الخصية، بحيث لا تنزل إلى مكانها الطبيعي وهو كيس الصفن. إذا لم تتم معالجة الوضعية قبل البلوغ فإن الشخص خفي الخصية يبقى عقيماً، لكنه يظهر صفات جنسية ثانوية عادية.
- يؤدي استئصال الخصيتين لأسباب طبية عند بعض الأطفال قبل سن البلوغ إلى العقم واختفاء الصفات الجنسية الثانوية الذكورية.
- يؤدي الخصي ثنائي الجانبين عند شخص بالغ إلى توقف إنتاج الحيوانات المنوية، وضمور الغدد الملحقة وتراجع الصفات الجنسية الثانوية.

1) انطلاقاً من تحليل هذه الملاحظات، بين العضو الذي يتحكم في إنتاج الأمشاج وظهور الصفات الجنسية الثانوية.

★ تجارب: قصد تحديد دور الخصية بعد البلوغ أُنجزت التجارب المبنية في الجدول التالي:

التجارب	النتائج	الاستنتاج
استئصال الخصيتين عند فأر بالغ عادي	- عقم - تراجع الصفات الجنسية الثانوية. - توقف نمو الأعضاء التناسلية. - غياب الغريزة الجنسية.	الخصيتان مسؤولتان عن إنتاج الحيوانات المنوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية.
حقن مستخلصات الخصية في دم فأر خصي.	- يبقى فأر عقيماً. - عودة الصفات الجنسية الثانوية.	تأثير الخصية في ظهور الصفات الجنسية الثانوية عن طريق إفراز مواد كيميائية.
استئصال الخصيتين عند فأر عادي وزرعها في مكان آخر من الجسم	- يبقى فأر عقيماً - عودة الصفات الجنسية الثانوية.	تنقل المادة المفرزة من طرف الخصية إلى الخلايا الهدف بواسطة الدم وبالتالي فهي هرمون.
حقن فأر مستأصل الخصيتين بهرمون التستوستيرون Testostérone	استرجاع الصفات الجنسية الثانوية مع بقاء العقم	الخصية تفرز هرمون التستوستيرون وهو المسؤول عن ظهور وبقاء الصفات الجنسية الثانوية.

2) حل هذه النتائج التجريبية وأعط الاستنتاج الخاص بكل تجربة، ثم استنتج دور الخصية في الوظيفة الجنسية عند الرجل، وكيف تؤثر في الصفات الجنسية الثانوية؟

### ب - تحليل واستنتاج:

1) يتبيّن من الملاحظات السريرية أن الخصيتين ضروريّتين لإنتاج الأمشاج الذكريّة، وظهور واستمرار الصفات الجنسية الثانوية.

2) انظر الاستنتاجات على جدول الوثيقة.

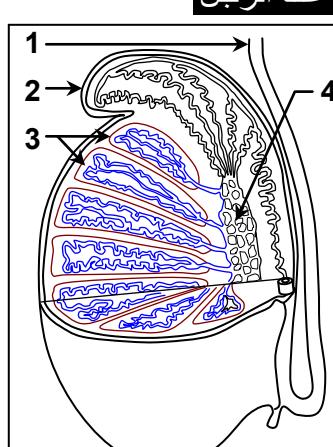
نستنتج من هذه المعطيات التجريبية أن للخصية وظيفتين أساسيتين:

- تشكيل الأمشاج الذكرية (الأنطاف).
- إفراز التستوستيرون المسؤول عن نمو الصفات الجنسية الأولية، وظهور وبقاء الصفات الجنسية الثانوية.

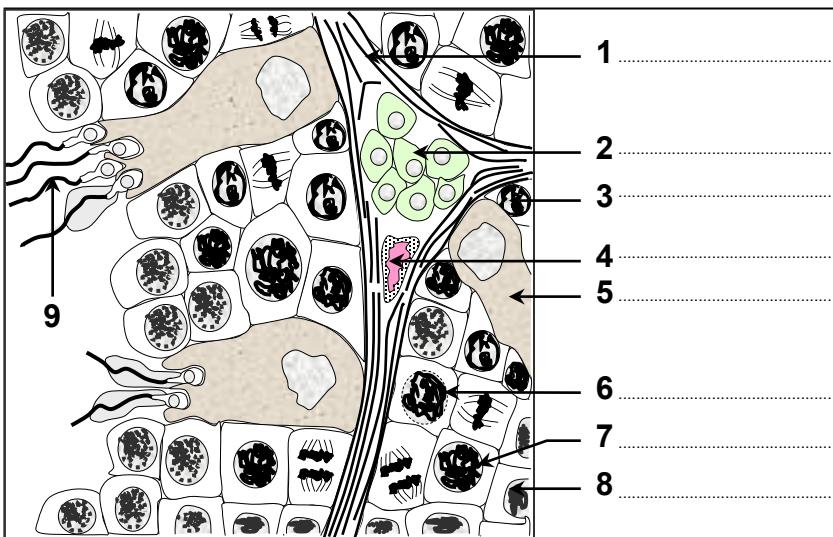
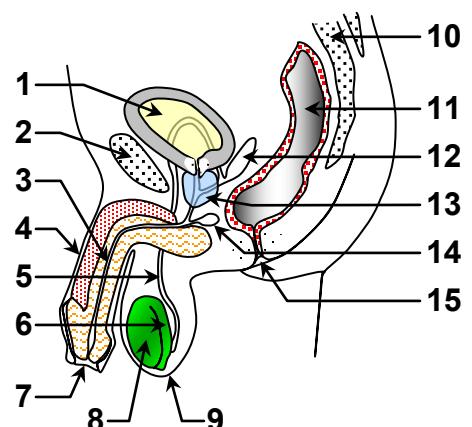
## ② البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الذكرية وإفراز التستوستيرون:

### أ - البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الذكرية:

a - معطيات للاستثمار: انظر الوثيقة 2



الوثيقة 2: البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج عند الرجل



الشكل ٥: مقطع عرضي لأنبوب منوي (الصورة أسفله) مع رسم تفسيري لجزء من هذا المقطع (الرسم أمامه).



اعتماداً على ملاحظتك لأشكال الوثيقة ومعرفك، أعط أسماء العناصر المرقمة على الوثيقة. ثم صف البنيات المسؤولة عن تشكيل الأمشاج عند الرجل.

### b - تحليل واستنتاج:

★ الأسماء المناسبة لعناصر الوثيقة:

- الشكل أ: رسم تخطيطي لمقطع طولي للجهاز التناسلي عند الرجل.

1 = مثانة ، 2 = عظم العانة، 3 = احليل، 4 = احليل، 5 = قضيب، 6 = بربخ، 7 = قناة بولية تناسلية، 8 = خصية، 9 = كيس الصفن، 10 = عمود فقري، 11 = مستقيم، 12 = حويصلة منوية، 13 = موثة = بروستات، 14 = غدة كوبر، 15 = شرج.

• الشكل ب: رسم تخطيطي لمقطع طولي للخصية  
1 = قناة ناقلة، 2 = بربخ، 3 = فصوص، 4 = شبكة الخصية.

• الشكل ج والشكل د: مقطع عرضي للخصية  
1 = أنابيب منوية، 2 = جوف الأنابيب المنوي، 3 = جدار الأنابيب المنوي.

• الشكل ه: مقطع عرضي لأنابيب منوي

1 = خلايا بيفرجية أو خلايا Leydig ، 2 = جدار الأنابيب المنوي ، 3 = جوف الأنابيب المنوي.

رسم تخطيطي لمقطع عرضي لأنابيب منوي

1 = غلاف ضام، 2 = خلايا بيفرجية (خلايا Leydig)، 3 = منسلية منوية، 4 = شعيرة دموية،

5 = خلية منوية من الرتبة الأولى، 6 = خلية منوية من الرتبة الثانية، 7 = خلية منوية من الرتبة الثالثة،

8 = منوية، 9 = حيوان منوي.

## ★ وصف البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج عند الرجل:

نلاحظ أن الجهاز التناسلي عند الرجل يظهر بالإضافة للخصيتين:

✓ غدد ملحقة (حويصلتين منويتين + المؤثة + غدد cowper).

✓ مسالك تناسلية (القنوات الناقلة والقناة الفاوزة والاحليل).

✓ العضو التناسلي (القضيب).

نلاحظ أن الخصية تظهر مجموعة من الفصوص، كل فص يتضمن مجموعة من الأنابيب المنوية إضافة إلى قنوات (قناة بربخية وقناة ناقلة).

نلاحظ أن كل أنابيب يشتمل على جزأين أساسين: جزء مركزي يشكل جوف الأنابيب المنوي، وجزء محاطي جدًا يحيط بالأنابيب.

ولتحديد طبيعة الحبيبات الملاحظة على جدار الأنابيب نركز الملاحظة على المنطقة الجدارية لكن بتغيير سلم التكبير المجهرى: يتضح من هذه الملاحظة أن الحبيبات عبارة عن نوى خلايا بعضها في طور الانقسام وأن مركز الأنابيب يحتوى على حيوانات منوية. أما النسيج المتواجد بين الأنابيب المنوية أي الوسط البيفرجي فيظهر نوع آخر من الخلايا يعرف بالخلايا البيفرجية (خلايا Leydig).

إن وجود حيوانات منوية في تجويف الأنابيب المنوي، ووجود خلايا في طور الانقسام على مستوى المنطقة الجدارية، يعني أن تشكيل الأمشاج يتم على مستوى الأنابيب انتلاقاً من خلايا جداريه في اتجاه مركز الأنابيب.

## أ - البنيات المسؤولة عن إفراز الهرمونات عند الرجل:

### a - معطيات تجريبية: انظر الوثيقة 3

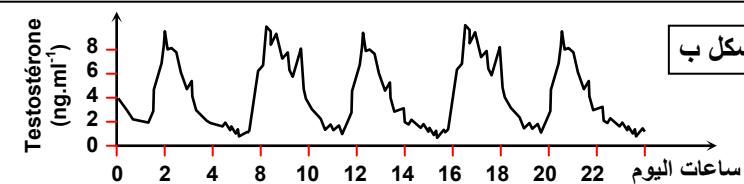
الوثيقة 3: البنيات المسؤولة عن إفراز الهرمونات عند الرجل

استنتاج	النتائج	التجارب	شكل أ
?	عدم تشكيل الحيوانات المنوية. ضمور الصفات الجنسية الثانوية.	تخريب خلايا Leydig بواسطة إشعاعات عند الفأر.	①
?	استرجاع الفأر لحالته الطبيعية	حقن الفأر السابق بمستخلصات الخصية.	②
?	تشكل أمشاج ذكرية مع ظهور نشاط إشعاعي على خلايا جدار الأنابيب المنوي.	تخريب خلايا Leydig وحقن الفأر بهرمون التستيروسترون المشع.	③

لمعرفة دور بعض العناصر المكونة للخصية، تم إنجاز التجارب المبينة على الجدول أعلاه:  
(1) حل هذه المعطيات ثم استخرج مصدر ودور هرمون التستيروسترون.

يعطي مبيان الشكل ب نتائج معايرة تركيز هرمون التستيروسترون المفرز من طرف الخصية في جسم خروف خلال 24 ساعة.

(2) صف كيفية إفراز التستيروسترون، علماً أن إفراز هذا الهرمون عند الإنسان يتم بنفس الطريقة، إلا أنه غير خاضع لتغيرات مرتبطة بفصول السنة.



## b - تحليل واستنتاج:

- 1) الاستنتاج الخاص بكل تجربة:
- التجربة ① : لخلايا Leydig دور في تشكيل الأمشاج الذكرية وبقاء الصفات الجنسية الثانوية عند الذكر.
- التجربة ② : تؤثر خلايا Leydig بواسطة هرمونات.
- التجربة ③ : تؤثر خلايا Leydig بواسطة هرمون التستيروstenone.
- نستنتج من هذه المعطيات أن التستيروstenone يفرز من طرف Leydig، فيؤدي إلى ظهور وبقاء الصفات الجنسية الثانوية. كما يحفز عملية الانطاف.
- 2) لا يتم إفراز التستيروstenone في الدم بشكل قار، بل يتم على شكل "نبضات" حيث تمثل كل نبضة تقريراً قوياً وسريعاً للهرمون في الدم (تدوم بضع دقائق)، وبذلك يتأرجح تركيز التستيروstenone في الدم باستمرار بين 0.5 mg/ml و 0.9 ng/ml.

## II - فيزيولوجية الجهاز التناسلي عند المرأة

### ① الكشف عن دور المبيض في الوظيفة الجنسية عند المرأة

#### أ - ملاحظات وتجارب: انظر الوثيقة 4

##### الوثيقة 4: الكشف عن دور المبيض في الوظيفة الجنسية عند المرأة

###### ★ ملاحظات سريرية:

عند سن البلوغ يعرف جسم المرأة تغيرات مهمة منها: بداية إنتاج الأمشاج، نمو الثديين، ظهور الطمث أو الحيض بشكل دوري، ظهور شعر العانة والإبطين. تسمى هذه الصفات المراهقة لسن البلوغ بالصفات الجنسية الثانوية. يؤدي الاستئصال الجراحي للمبيضين عند المرأة لأسباب طبية إلى العقم وانخفاض الحيض وتراجع الصفات الجنسية الثانوية.

1) انطلاقاً من تحليل هذه الملاحظات، بين العضو الذي يتحكم في إنتاج الأمشاج وظهور الصفات الجنسية الثانوية.

★ تجارب: قصد تحديد دور المبيض عند الأنثى بعد البلوغ أُنجزت التجارب المبينة في الجدول التالي:

التجارب	النتائج	استنتاج
استئصال المبيضين عند فارة عادية قبل البلوغ	- عقم - توقف نمو الأعضاء التناسلية. - عدم ظهور الصفات الجنسية الثانوية كنمو الغدد الثديية وغياب الغريزة الجنسية.	المبيضين مسؤولين عن إنتاج الأمشاج الأنثوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية.
استئصال المبيضين عند فارة عادية بعد البلوغ	- تراجع الأعضاء التناسلية وعقم. - ضمور الصفات الجنسية الثانوية. - اختفاء الغريزة الجنسية.	المبيضين مسؤولين عن بقاء الصفات الجنسية الثانوية.
استئصال المبيضين عند فارة عادية وزرع قطعة مبيض في مكان آخر من الجسم أو حقنها بمستخلصات المبيض	- تبقى الفارة عاقمة. - اختفاء الاضطرابات الناجمة عن استئصال المبيضين.	يؤثر المبيض في ظهور وبقاء الصفات الجنسية عن طريق مواد كيميائية تفرز في الدم، هي إذن عبارة عن هرمونات.

2) حل هذه النتائج التجريبية وأعط الاستنتاج الخاص بكل تجربة، ثم استنتج دور المبيض في الوظيفة الجنسية عند المرأة، وكيف تؤثر في الصفات الجنسية الثانوية؟

## b - تحليل واستنتاج:

- 1) يتبيّن من الملاحظات السريرية أن المبيضين ضروريين لنمو الأعضاء التناسلية وإنتاج الأمشاج الأنثوية، وظهور واستمرار الصفات الجنسية.

2) الاستنتاجات الخاصة بكل تجربة: أنظر جدول الوثيقة 4.

نستنتج من تحليل المعطيات التجريبية أن للمبيضين وظيفتين أساسيتين:

- شكل الأمشاج الأنثوية.

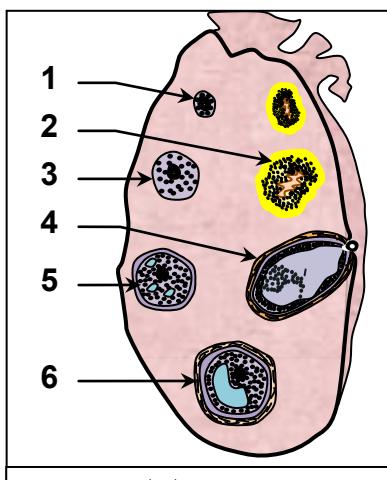
- إفراز الهرمونات المسؤولة عن نمو الصفات الجنسية الأولية، وظهور وبقاء الصفات الجنسية الثانوية.

## ② الإنتاج الدوري للأمشاج الأنثوية والهرمونات المبيضة:

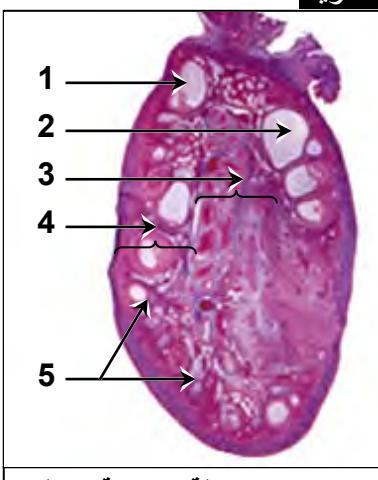
**أ - البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الأنثوية:**

**a - معطيات للاستئثار:** أنظر الوثيقة 5

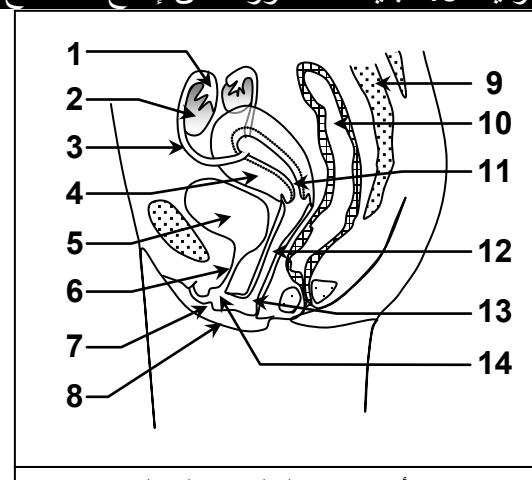
الوثيقة 5: البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الأنثوية



شكل ج: رسم تخطيطي تفسيري للمقطع الطولي للمبيض عند المرأة



شكل ب: ملاحظة مجهرية لمقطع طولي للمبيض عند المرأة



شكل أ: رسم تخطيطي لمقطع طولي للجهاز التناسلي عند المرأة

اعتماداً على ملاحظتك لأشكال الوثيقة ومعرفك، أعط أسماء العناصر المرقمة على الوثيقة. ثم صف البنيات المسؤولة عن تشكيل الأمشاج عند المرأة، علماً أن المرأة تنتج مسجلاً واحداً كل 28 يوماً في المتوسط محاطاً بخلايا جريبية.

### b - تحليل واستنتاج:

★ الأسماء المناسبة لعناصر الوثيقة:

- الشكل أ: رسم تخطيطي لمقطع طولي للجهاز التناسلي عند المرأة.

1 = صيوان ، 2 = مبيض، 3 = خرطوم، 4 = رحم، 5 = مثانة، 6 = احليل،  
7 = شفة صغيرة، 8 = شفة كبيرة، 9 = عمود فقري، 10 = مستقيم، 11 = عنق الرحم،  
12 = مهبل، 13 = فتحة تناسلية، 14 = فتحة بولية.

- الشكل ب: ملاحظة مجهرية لمقطع طولي للمبيض.

1 = جريب ناضج، 2 = جسم أصفر، 3 = منطقة لبية، 4 = منطقة قشرية، 5 = جريبات.

- الشكل ج: رسم تخطيطي للملاحظة المجهرية لمقطع طولي للمبيض.

1 = جريب أصلي، 2 = جسم أصفر، 3 = جريب ابتدائي، 4 = جريب ناضج De Dégrafe،  
5 = جريب ثانوي، 6 = جريب ثلاثي.

★ وصف البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الأنثوية:

- لاحظ أن الجهاز التناسلي عند المرأة يظهر بالإضافة للمبيضين (مناسل أنثوية):

- ✓ غدد تناسلية (غدد بارثولين Glandes de Bartholin).
- ✓ مسالك تناسلية (تشكل من المهبل وعنق الرحم والرحم والخرطوم والصوان).
- ✓ العضو التناسلي (الفرج).

نلاحظ أن المبيض محاط كلية بجدار ويظهر منطقتين : منطقة قشرية ومنطقة لبية، حيث تظهر المنطقة القشرية عناصر متعددة مختلفة الق، بعضها يظهر تجويفات، تنتع هذه العناصر بالجريبيات. أحد هذه الجريبيات قام بتحرير مشيج مباشرة عبر جدار المبيض.

الانتقال من الجريب الأصلي إلى الجريب الناضج يتم تدريجيا ويتميز بازدياد حجم الجريب ومعه حجم الخلية البيضية. بعد نضج الجريب، يضغط على جدار المبيض ويحرر المشيج الأنثوي. يشكل هذا ظاهرة الإباضة. بعد ذلك يتحول إلى الجسم الأنصاف.

ما يمكن استنتاجه من هذه الملاحظة هو أن:

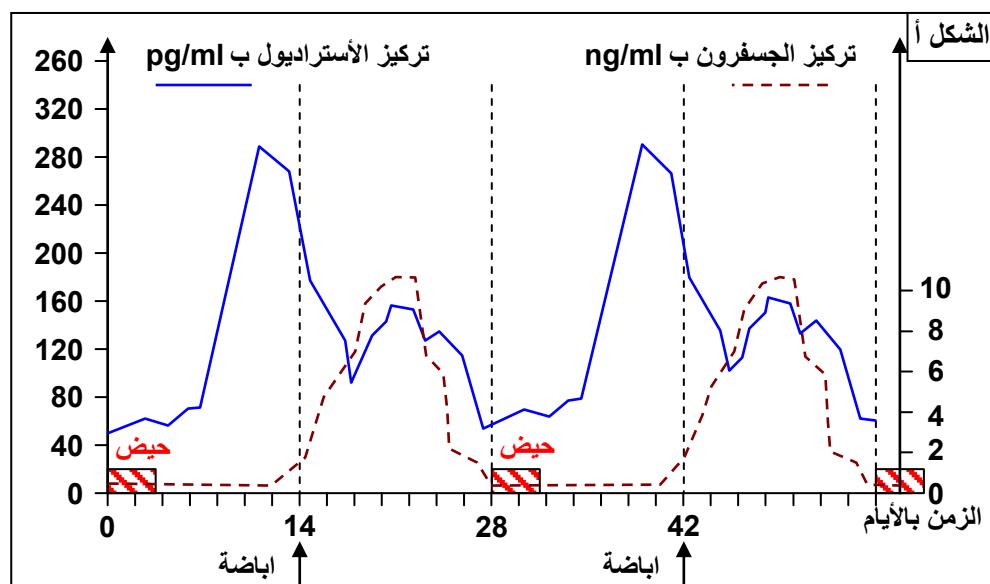
- البنيات النسيجية الأساسية في المبيض هي الجريبيات مما يعني أنها مسؤولة عن إنتاج الأمشاج الأنثوية.
- إنتاج الأمشاج الأنثوية يتم بشكل دوري (واحد كل 28 يوم في المتوسط). لذلك نتكلم عن دورة الجنسية لدى المرأة.
- الأمشاج تغادر المبيض مباشرة باختراقها للجدار وليس عبر قناة كما هو الحال بالنسبة للحيوانات المنوية.
- وجود جريبيات مختلفة المظهر والحجم الشيء الذي يدل على أنها تخضع لنمو وتطور خلال مراحل تشكيل المشيج الأنثوي.

## ب - البنيات المسؤولة عن إنتاج الهرمونات الأنثوية:

### a - معطيات للاستثمار: انظر الوثيقة 6

الوثيقة 6: البنيات المسؤولة عن إنتاج الهرمونات الأنثوية

★ يفرز المبيضين صنفين من الهرمونات تتحكم في الدورة الجنسية: الأستروجينات *Les œstrogènes* والأستراديوول *L'œstradiol* والجسغرون *La progesterone* (أهمها).



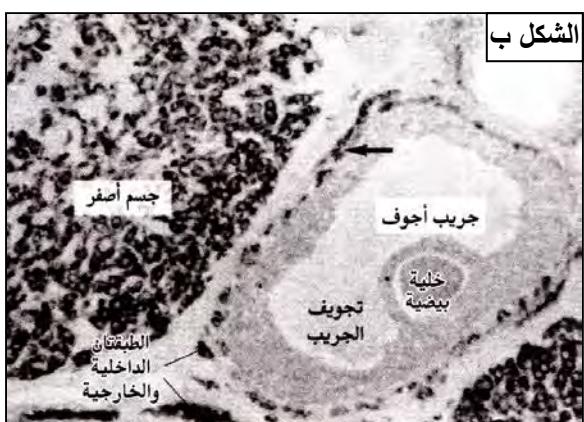
يعطي الشكل أ تسجيلا لإفراز الهرمونات الجنسية خلال الدورة الجنسية عند المرأة

1) ما مدة الدورة الجنسية العادية؟

2) كم عدد الدورات الجنسية الكاملة الممثلة في الشكل أ؟

3) ذكر أنواع الهرمونات التي تفرز خلال الدورة الجنسية.

4) ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات؟



★ نعزل ميامي أنثى جرد بالغة ثم نغمرها في سائل مثبت يوقف جميع التفاعلات البيولوجية داخل الخلايا. نقوم بعد ذلك بإنجاز مقاطع دقيقة في المبيضين (سمكها حوالي 10µm). نحضر هذه المقاطع خلال ليلة كاملة في وسط بوجود مضادات أجسام مشعة ترتبط نوعياً بأنزيمات مسؤولة عن تركيب الهرمونات الجنسية الأنثوية. بعد غسل التحضيرات لإزالة مضادات الأجسام غير المرتبطة بهذه الأنزيمات، نحدد الخلايا المشعة بواسطة التصوير الإشعاعي الذاتي.

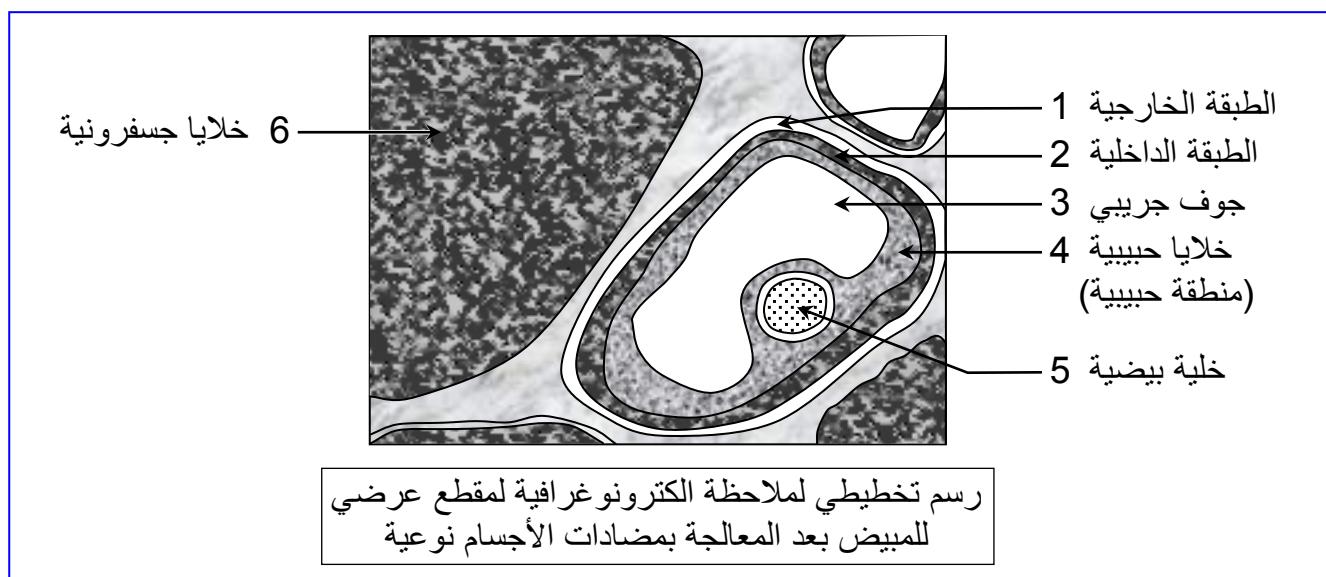
نتائج هذه التجربة ممثلة على الشكل ب من الوثيقة (تمثل البقع السوداء على الصورة أماكن توажд الإشعاع).

5) انطلاقاً من هذه المعطيات حدد البنيات النسيجية المسؤولة عن إفراز الهرمونات الميامي وأنجز رسمًا تخطيطياً لهذه البنيات.

## b - تحليل واستنتاج:

- 1) مدة الدورة الجنسية العادمة: حوالي 28 يوم على العموم، تدوم من بداية حيض إلى بداية الحيض المولاي.
- 2) عدد الدورات الجنسية الكاملة الممثلة في الشكل ب من الوثيقة هو دورتان.
- 3) أنواع الهرمونات التي تفرز خلال الدورة الجنسية: هي الجسغرون والأستروجينات (الأستراديول).
- 4) يفرز الأستراديول طيلة الدورة الجنسية عند المرأة مع بلوغ قيمة قصوى 24 ساعة إلى 36 ساعة قبل الإباضة. ويفرز هرمون الجسغرون خلال المرحلة الثانية من كل دورة جنسية حيث تكون كميته في الدم مرتفعة. نستنتج من هذه المعطيات أن الإفرازات المبيضية تتغير خلال مراحل دورات الدورة الجنسية، مرحلة ما قبل الإباضة وتسمى المرحلة الجريبية، ومرحلة ما بعد الإباضة وتسمى المرحلة الجسغروفية.
- 5) انتلافاً من معطيات الشكل ب من الوثيقة يتبين أن الخلايا المسئولة عن إفراز الهرمونات المبيضية هي:
  - ✓ الطبقة الداخلية والطبقة الحبيبية للجريبات أثناء المرحلة الجريبية، إذن تفرز الأستراديول.
  - ✓ الجسم الأصفر خلال المرحلة الجسغروفية، إذن يفرز الجسغرون.

رسم تخطيطي للبنيات الممثلة على الشكل ب من الوثيقة:



## c - خلاصة:

يتم إفراز الهرمونات الجنسية عند المرأة بكيفية دورية حيث ترتفع نسبة الأستروجينات خلال المرحلة الجريبية مع بلوغ قيمة قصوى قبل الإباضة. ويتم إفراز هذه الأستروجينات من طرف الجريبات، وقد بينت الدراسات أن الخلايا الجريبية للمنطقة الحبيبية وخلايا الطبقة الداخلية هي المسؤولة عن هذا الإفراز. أما الجسغرون فترتفع نسبته خلال المرحلة الجسغروفية مما يدل على أن الجسم الأصفر هو المسؤول عن إنتاجها، وكما يدل على ذلك انخفاض نسبة الجسغرون عند ضمور الجسم الأصفر في نهاية الدورة الجنسية.

**ملحوظة:** خلال المرحلة الجسغروفية يُستمر إنتاج الأستروجينات من طرف خلايا الطبقة الداخلية للجسم الأصفر إلا أن هذا الإنتاج يكون بنسبة قليلة.

## ② العلاقة الوظيفية بين المبيض والرحم:

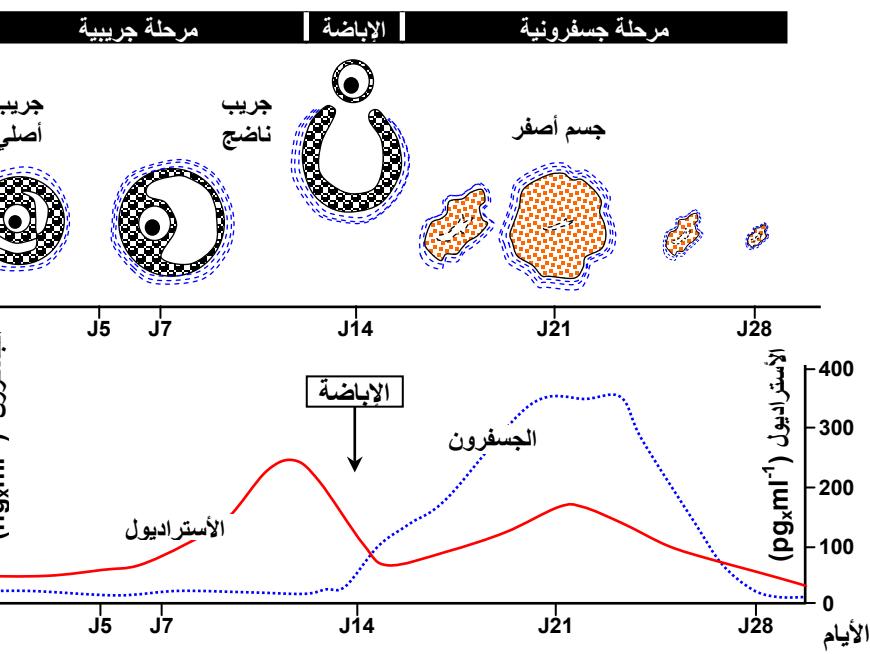
### a - دورة المبيض:

#### a - معطيات للاستثمار: انظر الوثيقة 7

## الوثيقة 7: دورة المبيض

ثلاثة أشهر قبل كل دورة جنسية تتطور مجموعة من الجريبيات الأصلية وتحاط بطبقات من الخلايا الجريبية. إلا أن أغلب هذه الجريبيات ينحل حيث يتم جريب واحد تطوره ليتحول إلى جريب ناضج والذي ينفجر في منتصف الدورة ليحرر المشيج الأنثوي، ويتحول الجريب المنفجر إلى جسم أصفر يخضع للانحلال في حالة عدم حدوث الإخصاب.

يعطي المبيان أمامه تغيرات الهرمونات المبيضية الملاحظة عند المرأة خلال دورة جنسية.



صف كيف يتتطور إفراز الهرمونات المبيضية عند المرأة خلال دورة جنسية، وأربط العلاقة بين تطور إفراز الهرمونات الجنسية ومراحل تطور الجريبيات.

### b - تحليل واستنتاج:

يتم إفراز الهرمونات المبيضية بكيفية دورية، وينتج هذا الإفراز الدوري عن التطور الدوري لجريبيات المبيض لذلك نتكلّم عن الدورة المبيضية. وهي مجموع الظواهر الهرمونية والفيزيولوجية التي تحدث بشكل دوري في المبيض.

تنقسم الدورة المبيضية إلى مرحلتين تفصلهما مرحلة الإباضة :

#### ★ المرحلة الجريبية :

تدوم ما بين 12 إلى 18 يوماً، تتميز هذه المرحلة بنمو الجريبيات حيث يبلغ في الغالب جريب واحد مرحلة النضج بينما تصاب الأخرى بالانحلال.  
وخلال هذه المرحلة ترتفع نسبة الأستراديوول تدريجياً لتبلغ قيمة قصوى 24 إلى 36 ساعة قبل الإباضة.

#### ★ الإباضة :

في نهاية المرحلة الجريبية تصير جدران الجريب الناضج والمبيض نحيفة تحت تأثير أنزيمات خاصة الشيء الذي يساعد تقلصات المبيض على تفجير هذا الجريب وتحرير الخلية البيضية II محاطة بتاج من الخلايا الجريبية. تسمى هذه الظاهرة بالإباضة L'ovulation.

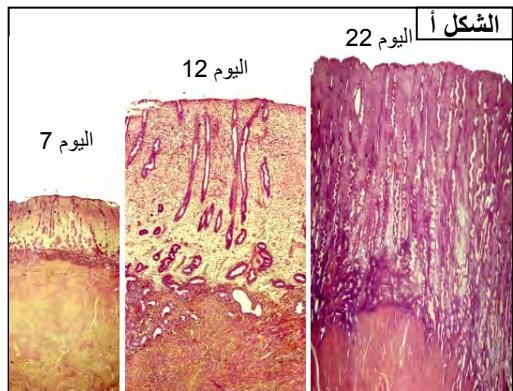
#### ★ المرحلة الجسفونية:

مدتها ثابتة نسبياً بين 13 و14 يوماً. تتميز هذه المرحلة بتحول الجريب المنفجر إلى جسم أصفر نتيجة تحول الخلايا الجريبية إلى خلايا جسفونية، وفي حالة عدم حدوث إخصاب يتراجع الجسم الأصفر ويتحول إلى جسم أبيض قبل أن يختفي خلال الدورة الجنسية الموقالية تاركاً ندبة على سطح المبيض.  
خلال هذه المرحلة يفرز الجسم الأصفر الجسفون الذي يبلغ ذروته في منتصفها ثم ينخفض إلى أدنى نسبة في نهاية الدورة.

### ب - دورة الرحم:

#### a - معطيات للاستثمار: انظر الوثيقة 8

## الوثيقة 8: دورة الرحم

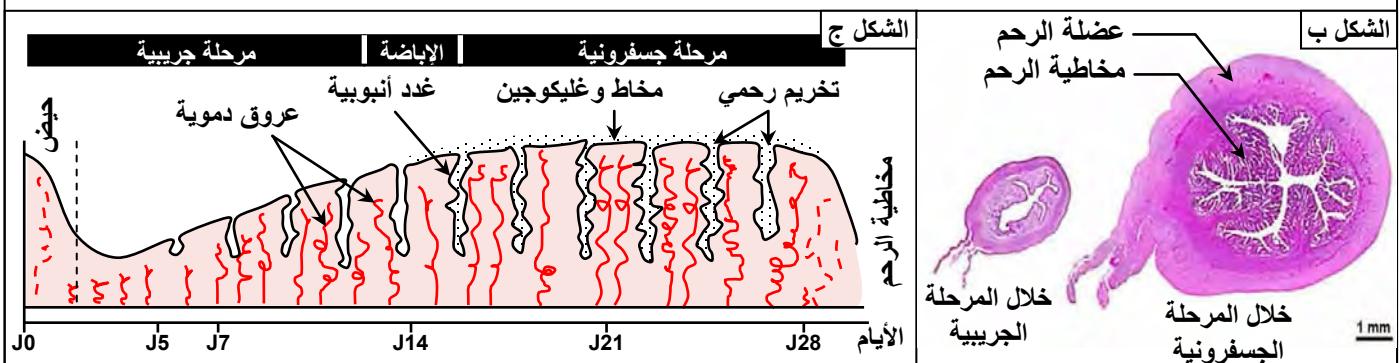


يعتبر الرحم العضو الذي ينمو فيه الجنين وله جدار سميك يتكون من طبقة خارجية مكونة من عضلات ملساء وبذلك تدعى عضلة الرحم. وطبقة داخلية تتكون من نسيج ضام غني بالعروق الدموية ومغطى بظهار غدي، وتسمى هذه الطبقة بمخاطية الرحم **Muqueuse**.

★ يعطي الشكل أ صور فوتوغرافية لمخاطية الرحم في مراحل مختلفة من الدورة الجنسية.

★ يعطي الشكل ب صور فوتوغرافية لمقاطع عرضية للرحم في مراحل مختلفة من الدورة الجنسية.

★ يعطي الشكل ج رسم تخطيطي تفسيري لتطور مخاطية الرحم.



بالاعتماد على معطيات هذه الوثيقة صف التغيرات التي تطرأ على مستوى مخاطية الرحم خلال الدورة الجنسية.

### b - تحليل واستنتاج:

التغيرات التي تطرأ على مخاطية الرحم خلال الدورة الجنسية :

★ بعد نهاية فترة الحيض أو ما يسمى بالمرحلة التكاثرية:

- ✓ ازدياد سمك مخاطية الرحم (5mm – 1mm).
- ✓ يتعمد الظهار الغدي داخل المخاطية مكوناً انغمادات على شكل أصابع قفاز وهي عبارة عن عدد أنبوبية.
- ✓ تتدخل الشريانات وشبكة من الشعيرات الدموية بين هذه الغدد الأنبوية.

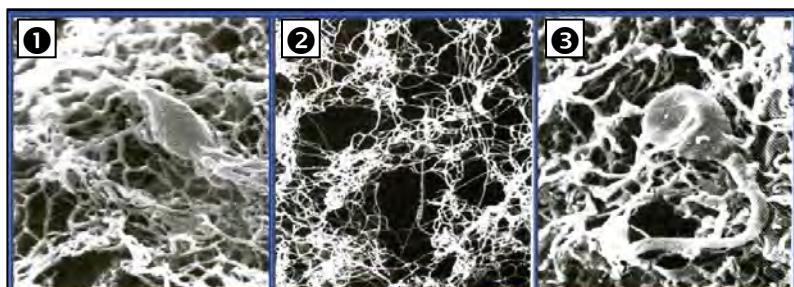
★ خلل المرحلة الإفرازية :

- ✓ استمرار ازدياد سمك مخاطية الرحم (8mm – 5mm).
- ✓ تأخذ الغدد الأنبوية أشكال منفرجة ومتعرجة وتعطي للرحم شكله المخروم فنتكلم عن رحم مخمّر.
- ✓ تأخذ العروق الدموية شكلًا ملولًا بين الغدد الأنبوية.
- ✓ تفرز خلايا الظهار مخاط وغликوجين.

★ عند نهاية الدورة الرحمية :

- ✓ في غياب الإخصاب تتكاثر تقلصات عضلة الرحم وتتمدد العروق الدموية اللولبية فتتمزق جدرانها محدثة نزيفاً يكون مصحوباً بتقشر أنسجة مخاطية الرحم مما يؤدي إلى سيلان دم مصحوب بأنسجة المخاطية في ما يسمى الطمث أو الحيض الذي يدوم ما بين 3 و 6 أيام.

**ملحوظة:** انظر الوثيقة 9



## الوثيقة 9: تطور نحامة عنق الرحم عند المرأة

تعطي الوثيقة أمامه ملاحظة بالمجهر الإلكتروني للنحامة العنقية، خلل بداية الدورة الجنسية (1)، وخلل فترة الإباضة (2)، وفي اليوم 24 من بداية الدورة الجنسية (3). صفات التطور الدوري لمظهر النحامة العنقية.

خلال الدورة الجنسية تتحذ نخامة عنق الرحم ثلاثة أشكال:

- تكون كثيفة في بداية الدورة الجنسية ولزجة.

- تكون سائلة وقليلة الكثافة في الأيام التي تزامن مع الإباضة مما يسمح بمرور الأمشاج.

- تكون ذات كثافة مرتفعة ومتخثرة خلال المراحل التي تلي حدوث الإباضة بعده أيام.

- أما عند الحمل تتصلب نخامة عنق الرحم لمنع ولوج الرحم.

### ج - العلاقة الوظيفية بين المبيض والرحم:

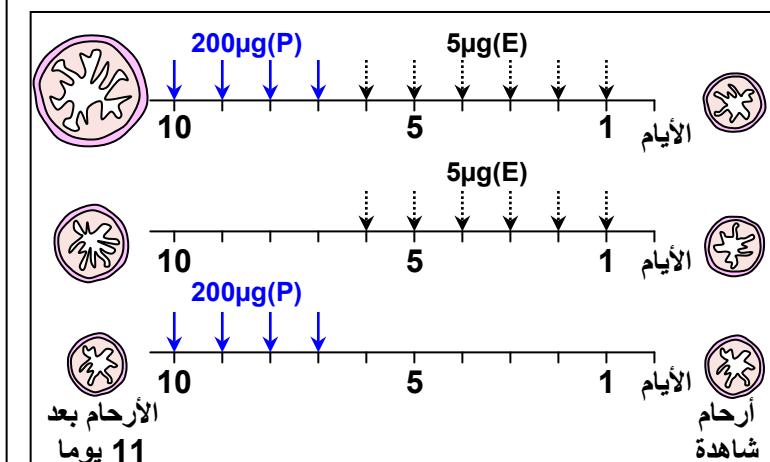
#### a - ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 10

##### الوثيقة 10: العلاقة الوظيفية بين المبيض والرحم

**ملاحظات سريرية:** يؤدي استئصال المبيضين عند المرأة لأسباب مرضية إلى التوقف النهائي للدورات الجنسية والذي يتمظهر باختفاء الحيض مع ضمور تدريجي للرحم. أما الاستئصال الجراحي للرحم عند امرأة بالغة لأسباب طبية، لا يؤثر على نشاط مبيضيها، بحيث أن المبيضين يعملان بشكل دوري وعادي.

**تجارب:** للكشف عن العلاقة الوظيفية بين المبيضين والرحم تتجز تجارب عند إناث الفئران كما هو ممثل على الجدول التالي:

فستان إناث شاهدة	استئصال المبيضين	استئصال المبيضين ثم زرعهما تحت الجلد	استئصال المبيضين يومي لمستخلصات المبيضين
تطور دورى لمخاطية الرحم دون تغيرات يومية	عدم نمو مخاطية الرحم	تطور دورى لمخاطية الرحم	تطور لمخاطية الرحم دون تغيرات يومية



لتحديد دور الهرمونات المبيضية في نمو مخاطية الرحم، حققت إناث أرانب أليفة غير بالغة يومياً بالاستراديول (E) أو الجسغرون (P) أو هما معاً لمدة عشرة أيام. وفي اليوم الحادي عشرة يستخلص رحم كل أنثى وتتجزء مقاطع عرضية لهذه الأعضاء، وتمثل الرسوم جانبها النتائج المحصل عليها.

انطلاقاً من معطيات الوثيقة بين طبيعة العلاقة بين المبيضين والرحم، ثم استنتج كيفية تأثير المبيضين على دورة الرحم.

#### b - تحليل واستنتاج:

- ما يمكن استنتاجه من معطيات الوثيقة هو أن:
  - المبيض يتحكم في عمل الرحم وأن الرحم لا يؤثر في عمل المبيض.
  - المبيض يتحكم في عمل الرحم بواسطة الهرمونات المبيضية الأستروجينات والجسغرون حيث أن:
- ✓ الأستروجينات تحدث بداية نمو المخاطية لكنها غير كافية لجعل المخاطية في أوج استعدادها لاستقبال جنين محتمل.
- ✓ الجسغرون وحده لا يؤثر في المخاطية لكنه يحدث تخريم المخاطية في حالة وجود الأستروجينات.

#### c - خلاصة:

تتزامن دورة الرحم مع دورة المبيض، ويدل ذلك على تأثير الهرمونات المبيضية على الرحم. خلال المرحلة الجريبية تنشط الأستروجينات نمو مخاطية الرحم، وتنخفض حرارة الجسم قليلاً. وخلال المرحلة الجسغرونية يدعم الجسغرون فعل الأستروجينات على المخاطية (استمرار نمو وتخرم المخاطية) ويكتسب تقلصات عضلة الرحم ويرفع قليلاً حرارة الجسم.

يؤدي الانخفاض الكبير للهرمونات الجنسية في نهاية الدورة إلى تحطم العروق الدموية وتتشقّر أنسجة المخاطية مما يؤدي إلى حدوث الطمث.

### III - الاندماج العصب هرموني في تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية

#### ① تنظيم النشاط الإفرازي للخصية

أ - دور الغدة النخامية في تنظيم إفراز هرمونات الخصية:

a - ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 11

الشكل أ		الشكل ب	الوثيقة 11: دور الغدة النخامية في تنظيم إفرازات الخصية										
			ملاحظات سريرية ★ توجد الغدة النخامية L'hypophyse في الجهة السفلية من الدماغ وهي معلقة تحت سرير المخ أو الوطاء L'hypothalamus. (الشكل أ) وتكون من فصين، أمامي يتكون من خلايا غدية، وخلفي هو امتداد للوطاء. يلاحظ عند الأشخاص المصابين بخلل في الغدة النخامية، ضمور الخصيتين والعقق، وضعف نمو بعض الصفات الجنسية الثانوية.										
			تفرز النخامية الأمامية هرمونات تسمى منشطات المناسل هي: LH (Follicle Stimulating Hormone) FSH (Luteinizing hormone). يعطي الشكل ب من الوثيقة تغيرات تركيز هرموني FSH و LH عند الرجل.										
			تجارب: ★ لتحديد دور النخامية في مراقبة عمل الخصيتين عند الفئران يقوم بالتجارب المبنية على الجدول أسفله:										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">استتصال الغدة النخامية عند مجموعة من الفئران البالغة وتوزيعها إلى أربع مجموعات</th> </tr> <tr> <th>حقن LH المستخلصة من النخامية للمجموعة 4</th> <th>حقن يومي لـ 4mg من FSH المستخلصة من النخامية للمجموعة 3</th> <th>حقن المجموعة 2 مدة شهر بمستخلصات النخامية</th> <th>تركت المجموعة 1 دون معالجة</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>استعادة الخصيتين لنشاط إفراز هرمون التستوستيرون.</td> <td>استعادة الخصيتين لنشاط تشكيل الأمشاج.</td> <td>- استعادة الخصيتين. - ضمور الحويصلات المنوية. - إفراز التستوستيرون.</td> <td>- ضمور الخصيتين. - ضمور الحويصلات المنوية. - توقف إنتاج الأمشاج. - توقف إفراز التستوستيرون.</td> </tr> </tbody> </table>	استتصال الغدة النخامية عند مجموعة من الفئران البالغة وتوزيعها إلى أربع مجموعات				حقن LH المستخلصة من النخامية للمجموعة 4	حقن يومي لـ 4mg من FSH المستخلصة من النخامية للمجموعة 3	حقن المجموعة 2 مدة شهر بمستخلصات النخامية	تركت المجموعة 1 دون معالجة	استعادة الخصيتين لنشاط إفراز هرمون التستوستيرون.	استعادة الخصيتين لنشاط تشكيل الأمشاج.	- استعادة الخصيتين. - ضمور الحويصلات المنوية. - إفراز التستوستيرون.	- ضمور الخصيتين. - ضمور الحويصلات المنوية. - توقف إنتاج الأمشاج. - توقف إفراز التستوستيرون.	التجربة النتائج
استتصال الغدة النخامية عند مجموعة من الفئران البالغة وتوزيعها إلى أربع مجموعات													
حقن LH المستخلصة من النخامية للمجموعة 4	حقن يومي لـ 4mg من FSH المستخلصة من النخامية للمجموعة 3	حقن المجموعة 2 مدة شهر بمستخلصات النخامية	تركت المجموعة 1 دون معالجة										
استعادة الخصيتين لنشاط إفراز هرمون التستوستيرون.	استعادة الخصيتين لنشاط تشكيل الأمشاج.	- استعادة الخصيتين. - ضمور الحويصلات المنوية. - إفراز التستوستيرون.	- ضمور الخصيتين. - ضمور الحويصلات المنوية. - توقف إنتاج الأمشاج. - توقف إفراز التستوستيرون.										
بالاعتماد على معطيات الوثيقة بين كيف تتدخل الغدة النخامية في مراقبة نشاط الخصيتين.			- توقف إنتاج الأمشاج. - تشكيل الأمشاج.										

#### b - تحليل واستنتاج:

★ النخامية عبارة عن غدة صغيرة ترتبط بالدماغ عبر منطقة تعرف بتحت سرير المخ أو الوطاء : Hypothalamus  
★ بما أن بعض أشكال العقم عند الذكر هي مرتبطة بخلل وظيفي على مستوى الغدة النخامية فهذا يدل على أن الغدة النخامية تراقب نشاط الخصية.

★ تتحكم الغدة النخامية في نشاط الخصية بواسطة الهرمونات FSH و LH، والتي تفرز بكيفية نبضانية ولا تشهد أي تطور دوري. حيث أن:

- FSH ينشط تشكيل الأمشاج الذكري إذ يؤثر في الأنابيب المنوية.
- LH يحفز إفراز هرمون التستوستيرون إذن يؤثر في خلايا Leydig

#### ب - دور الوطاء في تنظيم إفراز هرمونات الغدة النخامية:

a - ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 12

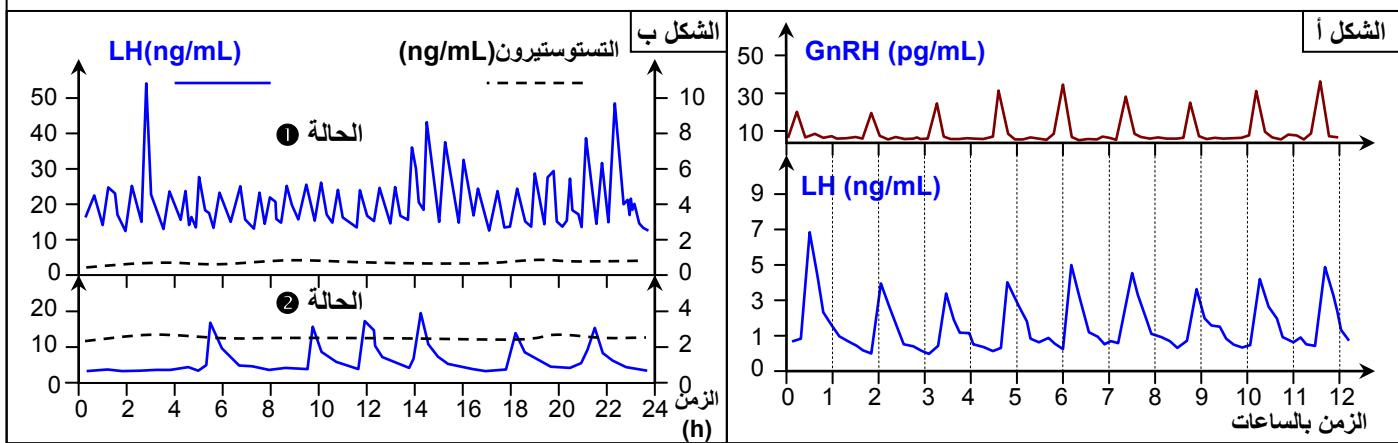
## الوثيقة 12: مراقبة الوطاء لنشاط الغدة النخامية عند الرجل

★ مكنت عدة تجارب أجريت على حيوانات من تحديد دور الوطاء في مراقبة نشاط النخامية، ويلخص الجدول التالي بعض هذه التجارب ونتائجها:

النتائج	التجارب
توقف إفراز FSH و LH من طرف النخامية	تخريب بعض مجموعات عصبات الوطاء عند حيوان
ارتفاع مفاجئ لإفراز FSH و LH من طرف النخامية	تنبيه كهربائي لنفس هذه المجموعات من العصبات عند حيوان آخر
توقف إفراز FSH و LH من طرف النخامية الأمامية	فصل النخامية الأمامية عن الوطاء بوضع صفيحة Téflon على مستوى ساق النخامية عند حيوان عادي
عزل مادة نشطة GnRH يسبب تحرير FSH و LH من طرف النخامية الأمامية	عزل عينة دم من ساق النخامية ثم تحليتها
استمرار توقف إفراز FSH و LH من طرف النخامية الأمامية.	حقن هرمون GnRH بشكل مستمر لحيوان خرب وطاءه
إفراز FSH و LH من طرف النخامية الأمامية.	حقن هرمون GnRH بتردد نبضة في الساعة لحيوان خرب وطاءه

★ نقوم بمعايرة إفراز هرمون GnRH في دم ساق النخامية، وهرمون LH في الدورة الدموية، عند كبش خصي، فتحصل على النتائج الممثلة على الشكل أ من الوثيقة.

★ نقوم بمعايرة إفراز هرمون LH، وهرمون التستوستيرون في الدورة الدموية خلال 24 ساعة، عند كبش بعد 6 أسابيع من الخصي (الحالة ①)، وعند كبش خصي يحمل مزدراع Implant تحت الجلد يحرر التستوستيرون بكيفية مستمرة (الحالة ②)، فتحصل على النتائج الممثلة على الشكل ب من الوثيقة.



انطلاقاً من معطيات هذه الوثيقة بين كيف ينظم الوطاء إفرازات النخامية، وفسر الارتباط الإيقاعي لإفراز GnRH وإفراز LH. ثم برهن على وجود مفعول رجعي سلبي ينظم نشاط الخصية.

## b – تحليل واستنتاج:

★ يخضع نشاط الغدة النخامية لمراقبة الوطاء وذلك بواسطة مادة تنقل عبر شبكة العروق الدموية لساق النخامية. هذه المادة هي عبارة عن هرمون عصبي GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone)، والتي تقرز بشكل اهتزازي فتسبيب إفراز كل من FSH و LH.

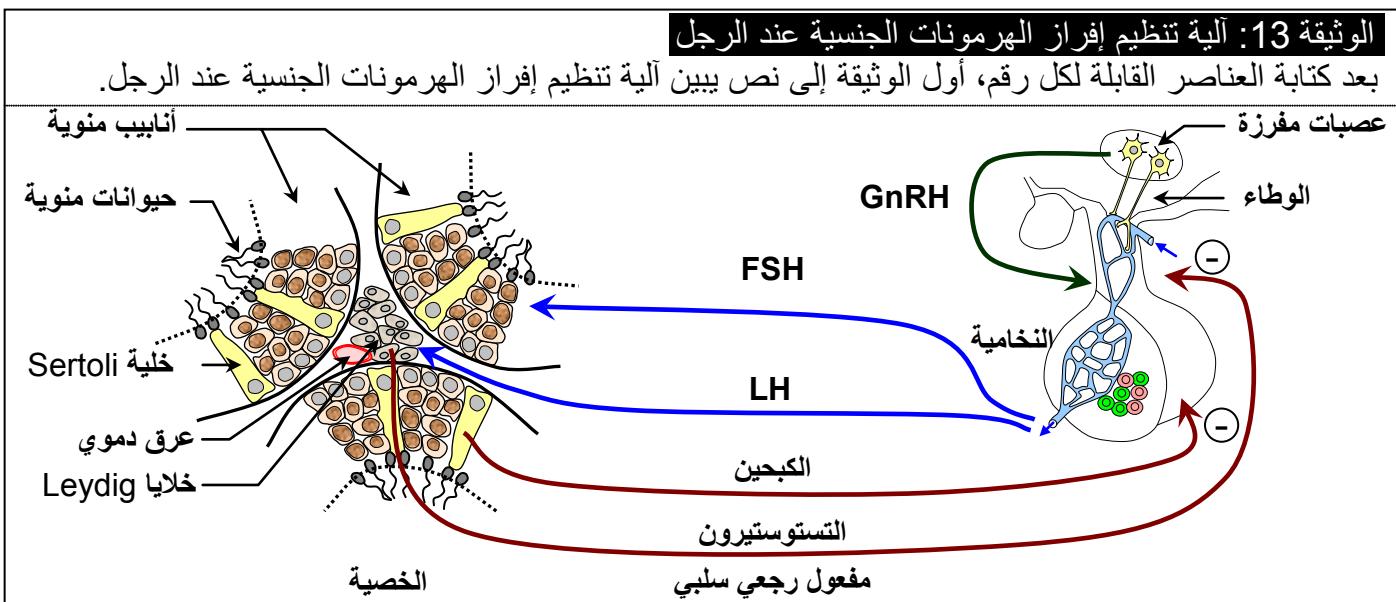
★ يتبيّن من الشكل أ أن الاهتزازات التي تؤدي إلى إفراز هرمون LH يسبقها بقليل ارتفاع تركيز GnRH. نستنتج من ذلك أن سبب الاهتزازات التي تؤدي إلى إفراز هرمون LH في الدم هو ارتفاع تركيز هرمون GnRH.

### ★ تحليل الشكل ب من الوثيقة:

- **الحالة ①:** بعد 6 أسابيع من خصي الكبش تنخفض كمية التستوستيرون في دم هذا الحيوان، يتبع ذلك انخفاض إفراز هرمون GnRH.
- **الحالة ②:** في حالة حمل الكبش الخصي لمزدراع يحرر التستوستيرون، نلاحظ ارتفاع تركيز التستوستيرون في الدم، يتبع ذلك انخفاض تركيز هرمون GnRH.

يتبيّن من هذا التحليل أن ارتفاع نسبة التستوستيرون في الدم يؤدي إلى التقليل من إفراز GnRH من طرف الوطاء، الشيء الذي سيؤثّر في نسبة إفراز FSH و LH من طرف النخامية الأمامية. نقول إذن أن الخصية تمارس مفعولاً رجعياً سلبياً على مركب الوطاء - النخامية = Rétroaction = Feedback.

### ج - دور الغدة النخامية والوطاء في تنظيم النشاط الإفرازي للخصية [أنظر الوثيقة 13](#)



★ تفرز النخامية الأمامية هرموني FSH و LH بكيفية نبضانية متزامنة.  
تؤثر LH على خلايا Leydig لإنتاج التستوستيرون، بينما تمكن FSH من تنشيط إنتاج الأمشاج الذكورية وذلك بتأثيرها على خلايا الأنابيب المنوية.

★ يفرز الوطاء هرمون GnRH بشكل نبضاني كذلك من طرف خلايا عصبية متجمعة على شكل نوى في الوطاء تدعى عصبات مفرزة، تفرز الهرمون في شبكة العروق الدموية لسان النخامية لينقل إلى الفص الأمامي للغدة النخامية حيث ينشط إفراز هرموني FSH و LH. وبهذا تمثل العصبات المفرزة للوطاء البنيات التي تشكّل حلقة الاندماج بين التواصل العصبي والتواصل الهرموني.

★ بواسطة الهرمون الجنسي التستوستيرون تمارس الخصية مفعولاً رجعياً سلبياً على مركب النخامية - الوطاء وذلك لوجود مستقبلات نوعية على مستوى الوطاء تتأثر بنسبة التستوستيرون في الدم.

## ② تنظيم النشاط الإفرازي للمبيض

### أ - دور الغدة النخامية في تنظيم إفرازات المبيض:

#### a - ملاحظات وتجارب: [أنظر الوثيقة 14](#)



## b - تحليل واستنتاج:

يتبيّن من معطيات الوثيقة أن:

- ★ نشاط المبيضين يخضع لمراقبة الغدة النخامية وذلك بواسطة هرمون LH و FSH على غرار ما هو عليه الحال عند الذكور.

★ إفراز منشطتي المناسل FSH و LH عند الإناث يتميز بكون الكمية المفرزة تختلف حسب أيام الدورة الجنسية مع إفراز غيري في الأيام التي تسبق الإباضة. على عكس الذكور فإن إفراز هذه الهرمونات يكون بشكل ثابت.

★ إفراز FSH يبلغ ذروته في منتصف الدورة المبيضية، فينشط خلال المرحلة الجريبية نمو الجريبات ونضجها وبالتالي ينشط إفراز الأستروجينات.

★ إفراز LH يصل ذروته قبيل الإباضة، ويعتبر هذا التغير السريع العامل الأساسي لحدوث الإباضة. خلال المرحلة الجسغرونية تمكن هذه الهرمونات من تكون الجسم الأصفر وبالتالي تنشيط إفراز الجسغرون الأستروجينات.

## ب - دور الوطاء في تنظيم إفرازات الغدة النخامية:

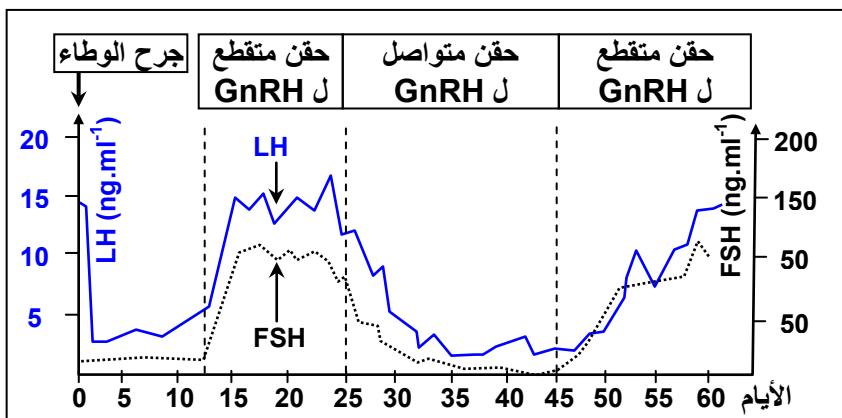
### a - ملاحظات وتجارب: أنظر الوثيقة 15

الوثيقة 15: مراقبة الوطاء لنشاط الغدة النخامية عند المرأة

#### ملاحظات سريرية:

- يؤدي الاستئصال الجراحي للمبيضين لأسباب طيبة إلى انخفاض تركيز الأستروجينات في الدم، وإلى ارتفاع تركيز كل من LH و FSH.
- يحدث حقن كمية ضعيفة من الأستراديل في بداية المرحلة الجريبية انخفاض كمية كل من LH و FSH.
- عند الظهى، تتحسن كمية الهرمونات المبيضية في الدم نتيجة اخفاء جريبات المبيض، وتترفع بكيفية ملحوظة كمية كل من LH و FSH.

**تجارب:** مكنت عدة تجارب أجريت على حيوانات من تحديد دور الوطاء في مراقبة نشاط الغدة النخامية.



- خربت إحدى نوى الوطاء عند أنثى قرد ثم تمت معايرة إفراز كل من LH و FSH مباشرة بعد التخريب، وبعد حقن متقطع لهرمون GnRH، وبعد حقن متواصل بكميات متزايدة من هرمون GnRH.
- نتائج هذه التجربة مماثلة على المبيان أمامه.

- تم تسجيل إفراز هرمون GnRH والوطاء LH النخامية الأمامية عند شاة في نهاية المرحلة الجريبية وأثناء ذروة LH المحدثة للإباضة.

تمثل المنحنيات أمامه النتائج المحصل عليها انطلاقاً من معطيات هذه الوثيقة بين كيف ينظم الوطاء إفرازات النخامية، وفسر الارتباط الإيقاعي لإفراز GnRH وإفراز LH. واستنتج العلاقة بين إفراز الهرمونات المبيضية وإفراز هرمونات مركب الوطاء-النخامية.

## b - تحليل واستنتاج:

★ يتبيّن من الملاحظات السريرية أن إفراز كل من FSH و LH هو تحت تأثير الهرمونات المبيضية. وأن تأثير هذه الهرمونات يختلف حسب تركيزها في الدم بحيث أن الأستروجينات (الأستراديول) تمارس تأثيراً سلبياً في حالة تركيز ضعيف (المرحلة الجريبية)، وتؤثّر إيجابياً في حالة تركيز في حالة غياب هذه الهرمونات.

★ يتبيّن من المعطيات التجريبية أن:

- جرح الوطاء لدى الشاة، يؤدي إلى تقلص كبير في إفراز LH.
- الحقن المتقطع ل GnRH عند حيوان يحمل جروح وطائية يؤدي إلى إفراز FSH و LH بشكل كبير ومتقطع.
- الحقن المستمر ل GnRH عند حيوان يحمل جروح وطائية يؤدي إلى إفراز FSH و LH بشكل متوسط شبه ثابت.
- تقريباً كل اهتزاز في إفراز GnRH يقابل اهتزاز في إفراز LH.

نستنتج من هذا أن وجود GnRH في الدم بشكل كبير وبشكل نبضاني هو الذي يسبب إفراز FSH و LH. وأن للهرمونات المبيضية مفعولان مختلفان على إفراز LH:

- وجود الهرمون الجنسي الأنثوي (الأستراديول) في الدم بكمية قليلة يكبح إفراز GnRH وعبرها إفراز FSH و LH (مفعول رجعي سلبي).
- وجود الهرمون الجنسي الأنثوي (الأستراديول) في الدم بكمية كبيرة يؤدي إلى إفراز GnRH وعبرها إفراز غزير LH (مفعول رجعي إيجابي).

**ملحوظة:** هذا لا يلاحظ عند الذكور، فوجود الهرمون الجنسي الذكري (التستوستيرون) في الدم يكبح إفراز GnRH وعبرها إفراز FSH و LH (مفعول رجعي سلبي).

## ج - آلية تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية عند المرأة

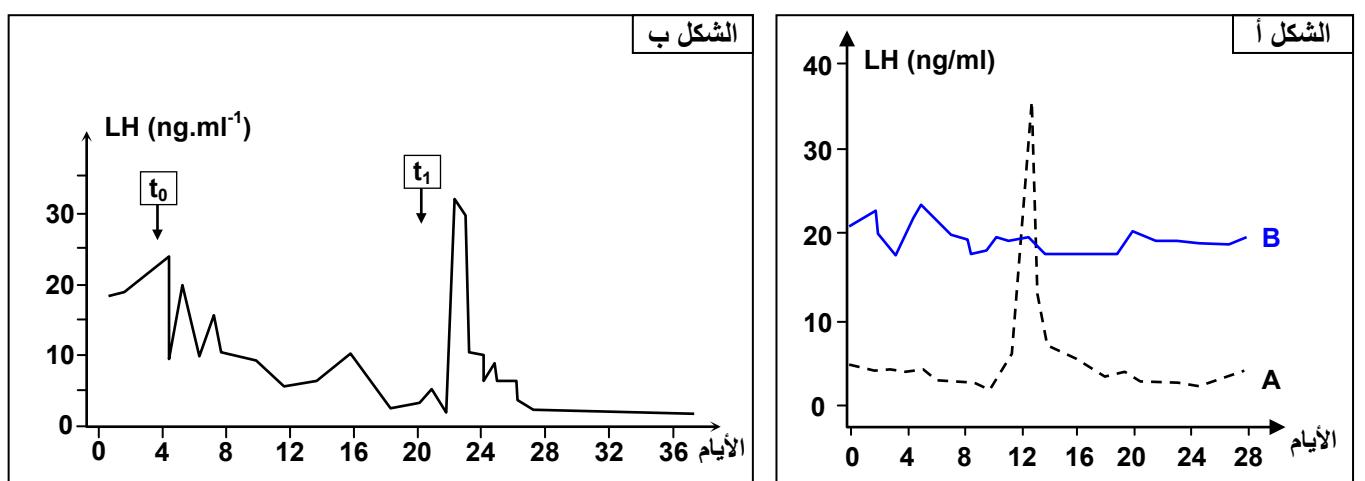
### a - معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 16

#### الوثيقة 16: المفعول الرجعي للهرمونات المبيضية على مركب الوطاء-النخامية

يدل الإفراز الدوري لمنشطتي المناسل FSH و LH من طرف مركب الوطاء-النخامية عن وجود آلية منظمة لنشاط هذا المركب. ولمعرفة كيف تتم مراقبة نشاط مركب الوطاء-النخامية تقوم بالتجارب التالية:

★ نقوم باستئصال المبيضين عند أنثى قرد عاديه ثم نقوم بمعايرة تركيز هرمون LH خلال دورة جنسية. يعطي مبيان الشكل أ نتائج هذه التجربة ( $A =$  قردة عاديه،  $B =$  قردة مستأصلة للمبيضين).

★ خضعت قردة مستأصلة للمبيضين في الزمن  $t_0$  لوضع مزرع Implant يحرر الأستراديول بكيفية متواصلة لضمان تركيز الأستراديول في الدم يقارب التركيز الذي يوجد في الدم في بداية المرحلة الجريبية، وفي الزمن  $t_1$  حققت بكمية مرتفعة إضافية من الأستراديول وهي نسبة مشابهة لتلك التي توجد في الدم في نهاية المرحلة الجريبية. خلال مراحل هذه التجربة تتبع تغير تركيز هرمون LH في دم القردة فتحصل على النتائج الممثلة على الشكل ب.

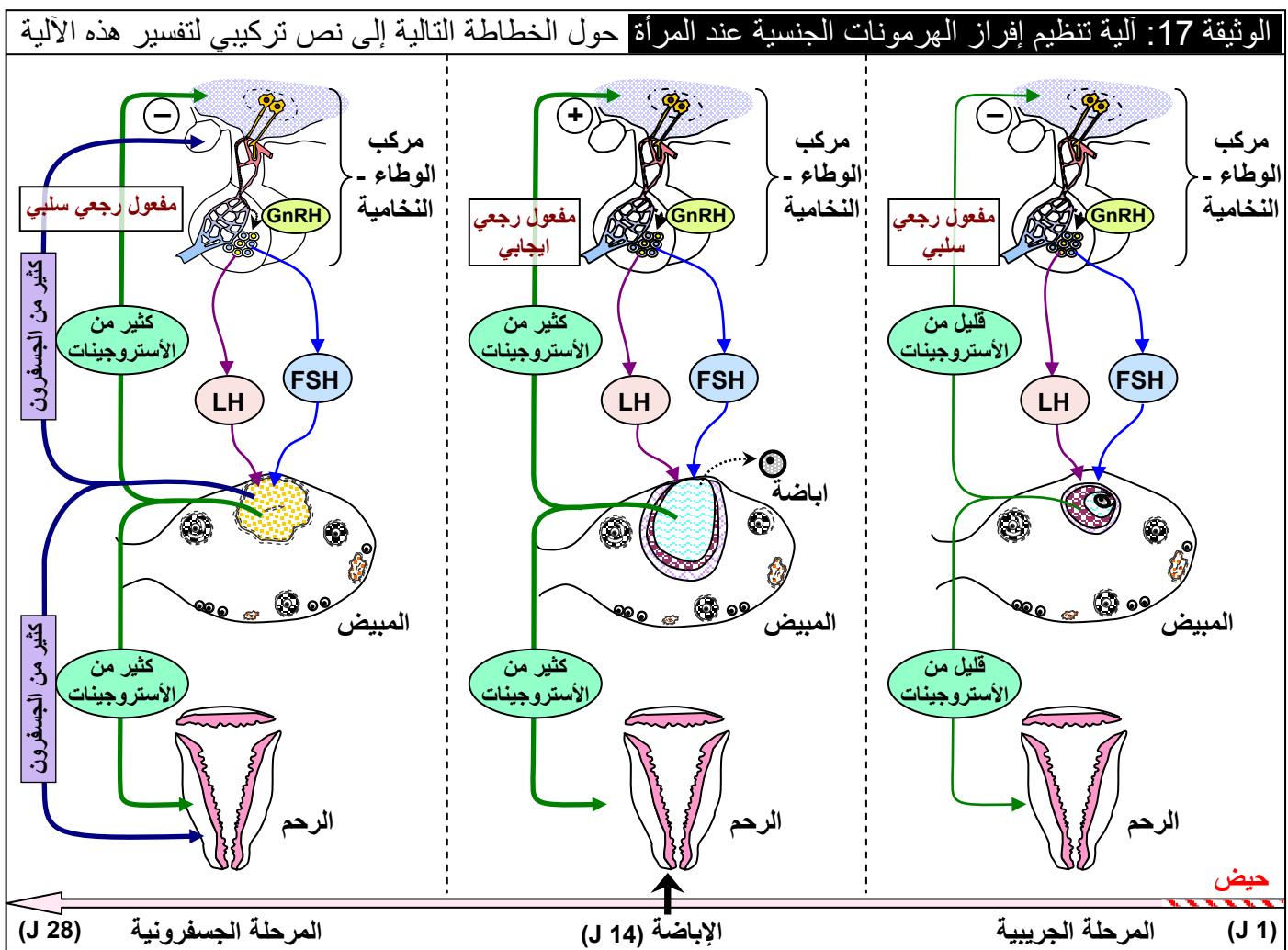


بالاعتماد على معطيات هذه الوثيقة اقترح تفسيراً لكيفية تأثير الأستراديول على إفراز هرمونات LH.

## b - تحليل واستنتاج:

- ★ يؤدي استئصال المبيضين (أي غياب الأستراديوول) إلى ارتفاع إفراز هرمون LH.
- ★ يؤدي حقن الأستراديوول بكمية قليلة تعادل تركيزه في الدم في بداية المرحلة الجريبية إلى انخفاض تركيز LH في الدم، ولكن عند زيادة تركيز الأستراديوول المحقون بنسبة مشابهة لتلك التي توجد في الدم في نهاية المرحلة الجريبية، يكون له مفعول معاكس حيث يزيد من إفراز LH في الدم.
- ★ تستنتج من هذه المعطيات أن وجود الهرمون الجنسي الأنثوي (الأستراديوول) في الدم له مفعول رجعي على إفراز GnRH من طرف الوطاء، وعبره إفراز LH وFSH من طرف النخامية الأمامية. وهذا المفعول الرجعي يكون:
  - سلبياً عندما تكون نسبة الأستراديوول منخفضة، فيكون بذلك إفراز GnRH وعبرها إفراز LH.
  - إيجابياً عندما تكون نسبة الأستراديوول مرتفعة فيؤدي بذلك إلى إفراز GnRH وبالتالي إفراز غزير LH.

## c - آلية تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية عند المرأة: انظر الوثيقة 17



- ★ يفرز الوطاء بشكل نبضاني هرمون عصبي هو GnRH ، بواسطة عصبات مفرزة متجمعة على شكل نوى، وينقل عبر شبكة أوعية دموية بساق النخامية إلى الفض الأمامي لهذه الغدة حيث يراقب إفراز LH وFSH. تجسد هذه المراقبة اندماجاً عصبياً هرمونياً.
- ★ يخضع مركب الوطاء-النخامية لمراقبة راجعة من طرف الهرمونات المبيضية عن طريق مفعول رجعي سلبي وأخر إيجابي:
  - المفعول الرجعي الإيجابي: يؤدي إفراز الأستروجينات بكميات مرتفعة في نهاية المرحلة الجريبية قبل الإباضة إلى تنشيط تفريغ LH مما يؤدي إلى الإباضة.
  - المفعول الرجعي السلبي: خلال المرحلة الجسفونية تكبح النسب المرتفعة للهرمونات المبيضية (الأستروجينات والجسفرون) إفراز LH وFSH ، بينما يؤدي انخفاضها في نهاية الدورة الجنسية إلى إبطال كبح إفراز LH وFSH.

## الفصل الثاني: تنظيم الضغط الشرياني والحفاظ على التوازن المائي المعدني

### مقدمة:

يعد الضغط الشرياني La pression artérielle إحدى الثوابت البيولوجية القابلة للتنظيم عندما يتغير تحت تأثير مجموعة من العوامل. ففي الحالة العادية تتراوح قيمته بين 9 cmHg و 16 cmHg. وتعتبر قيمة الضغط التناظري للبلازم ما ثابتة فيزيولوجية ضرورية لضمان عمل الخلايا في ظروف عادية. وهي دالة على التوازن المائي المعدني للوسط الداخلي.

- **فما هي الآليات المسئولة عن تنظيم الضغط الشرياني؟**
- **وكيف يتم الحفاظ على التوازن المائي المعدني للجسم؟**

## I - الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت

### ① قياس الضغط الشرياني

#### أ - القياس المباشر للضغط الشرياني

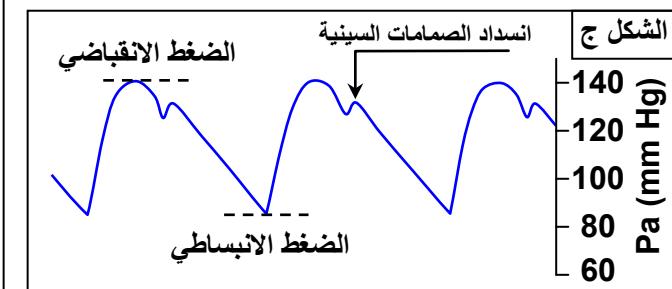
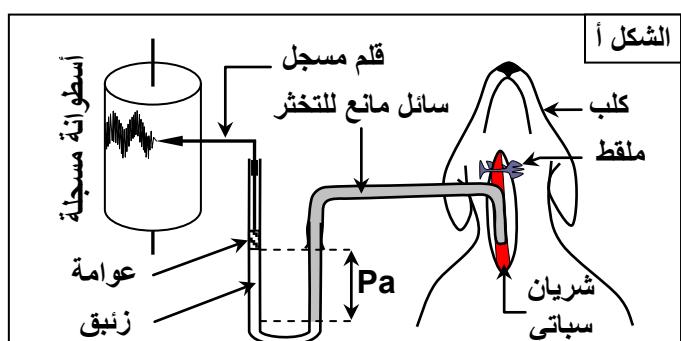
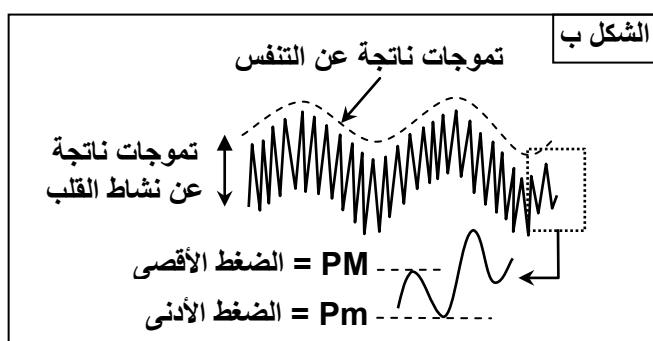
##### a - معطيات تجريبية: أنظر الوثيقة 1

###### الوثيقة 1: القياس المباشر للضغط الشرياني La pression artérielle

★ في سنة 1732 قطع الباحث الانجليزي Stephen Hales الشريان الفخذي لأنثى فرس ملقأة على ظهرها، ثم أوصل جزء الشريان المتصل بالقلب بأنبوب عمودي طوله 3 m، فلاحظ ارتفاع الدم في الأنابيب إلى مستوى 2.7m.

1) ماذا يمكن استنتاجه من هذه الملاحظة؟

★ يبين الشكل أ طريقة القياس المباشر للضغط الشرياني عند الكلب، والشكل ب نتائج هذا القياس المباشر.



★ يعطي الشكل ج نتائج قياس الضغط الشرياني داخل الشريان الأبهري L'artère Aorte عند الإنسان عن طريق القسطرة Cathétérisme (إدخال مجس في الأبهري).

2) من خلال تسجيلات الشكلين ب وج فسر تغيرات الضغط الشرياني الملاحظة.

##### b - تحليل واستنتاج

1) لقد لاحظ S.Hales أن الدم يرتفع في الأنابيب إلى مستوى 2.7m. نستنتج من هذه الملاحظة أن الدم يدور في الشرايين تحت ضغط معين، يفوق قيمة الضغط الجوي ويسمى الضغط الشرياني Pa.

2) يمكن قياس الضغط الشرياني مباشرة على مستوى الشرايين:

✓ **عند الكلب:** نلاحظ أن الضغط الشرياني المسجل يتراوح بين قيمتين، قيمة دنيا (Pm) وقيمة قصوى (PM).

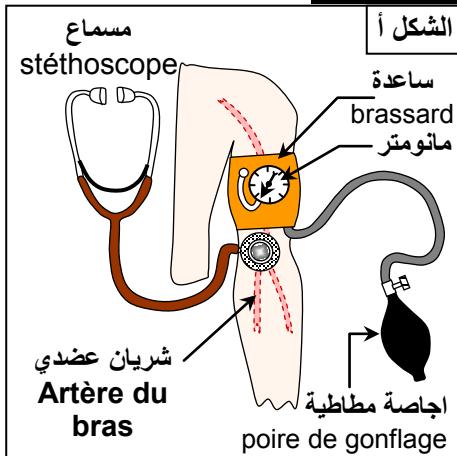
وتتأثر هذه القيم جزئياً بالنشاط القلبي وبعملية التنفس.

✓ **عند الإنسان:** الضغط الشرياني كذلك يتراوح بين قيمتين، قيمة دنيا (Pm) تمثل الضغط الانبساطي La pression diastolique وهي القيمة القصوى للضغط على مستوى الأبهري الناتج عن انقباض البطين الأيسر. وقيمة قصوى (PM) تمثل الضغط الانقباضي La pression systolique وهي القيمة الدنيا للضغط الشرياني في الأبهري الناتج عن الانبساط العام للقلب.

## ب - القياس غير المباشر للضغط الشرياني

### a - استعمال الساعدة المطاطية: أنظر الوثيقة 2

#### الوثيقة 2: القياس غير المباشر للضغط الشرياني بواسطة الساعدة المطاطية Brassard

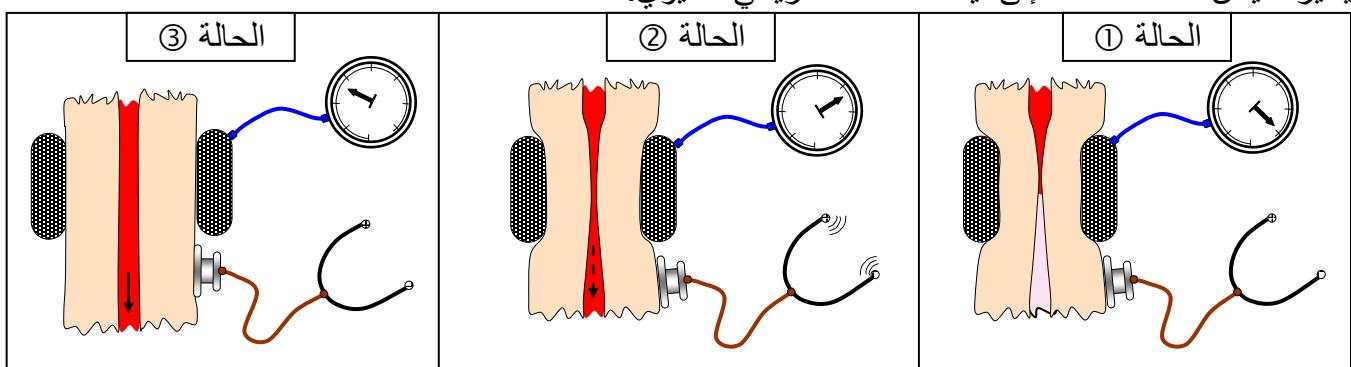


عند الإنسان يتم القياس غير المباشر للضغط الشرياني على مستوى الشريان العضدي بواسطة الساعدة والمسماع (الشكل أ). ويتم ذلك في ثلاث مراحل:

★ المرحلة ①: تنفس الساعدة بواسطة اجاصة مطاطية ضاغطة للهواء إلى أن يتوقف جريان الدم في الشريان العضدي، وتحتفي بذلك كل الأصوات في المسماع.

★ المرحلة ②: تفرغ الساعدة المطاطية تدريجياً من الهواء حتى سماع الأصوات المصاحبة لعودة جريان الدم، حينئذ نقرأ الضغط الشرياني القصوي مباشرة على مقياس الضغط Manomètre.

★ المرحلة ③: نستمر في إفراغ الساعدة إلى أن تختفي الأصوات نهائياً فيشير مقياس الضغط آنذاك إلى قيمة الضغط الشرياني الديني.



اعتماداً على معطيات الوثيقة صُفَّ قياس الضغط الشرياني بواسطة الساعدة والمسماع، مع تقسيم نتائج كل مرحلة. أنجز المناولة على أحد التلاميذ واستنتج مجال تغير الضغط الشرياني عنده.

## b - تحليل وتفسير:

★ في المرحلة ① بعد نفخ الساعدة يكون الضغط الموجه من الشريان على الخارج بواسطة الاجاصة أكبر من الضغط الشرياني الأقصى، الشيء الذي يفسر توقف دوران الدم بهذا الشريان و اختفاء الأصوات المصاحبة له.

★ في المرحلة ② عند إفراغ الساعدة وفي اللحظة التي تظهر فيها الأصوات من جديد نتيجة جريان الدم من جديد، فهذا يعني أن الضغط الشرياني قارب الضغط الموجه من الخارج. حينئذ نسجل الضغط الشرياني القصوي.

★ في المرحلة ③ عند الاستمرار في إفراغ الساعدة، تختفي الأصوات رغم استمرار تدفق الدم. هذا يعني أصبح الضغط الشرياني تحت أدنى قيمة للضغط الخارجي. حينئذ نسجل قيمة الضغط الديني.

## c - خلاصة:

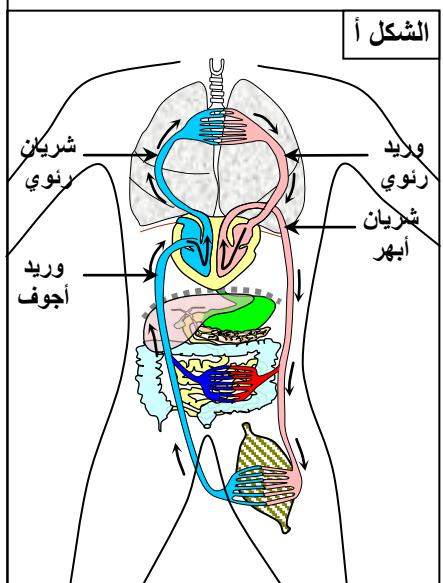
يبين القياس غير المباشر للضغط الشرياني أن قيمته تتراوح بانتظام بين قيمة دنيا ( $Pm = 9\text{cmHg}$ ) وقيمة قصوى ( $PM=16\text{cmHg}$ ). إلا أن هذه القيم تتأثر بشكل طفيف بمجموعة من العوامل، وسرعان ما تصحح مما يدل على أن الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت يخضع باستمرار لآلية تعمل على تنظيمه.

## ② تغيرات الضغط الشرياني

### أ - بعض العوامل المؤثرة على الضغط الشرياني:

#### a - وثائق للاستثمار: أنظر الوثيقة 3

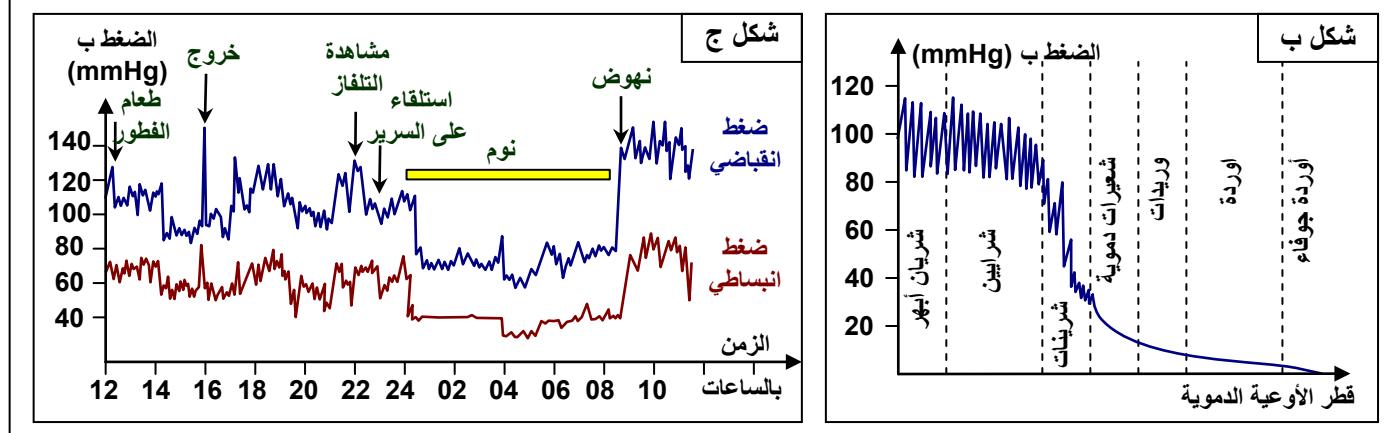
### الوثيقة 3: تغيرات الضغط الشرياني



- لمعرفة بعض العوامل المسؤولة عن تغيرات الضغط نعطي الوثائق التالية:
- ★ الشكل أ: هو رسم تخطيطي مبسط للدورتان الدمويتان الصغرى والكبرى.
- ★ الشكل ب: تمثل للضغط الشرياني في مختلف الأوعية الدموية للدورة العامة.
- ★ يعطي الجدول التالي القيم العادلة للضغط الشرياني عند الإنسان حسب العمر:

العمر بالسنوات	الحدود القصوى لقيمة العادلة للضغط ب (cmHg)	القيم القصوى للضغط
من 4 إلى 16	ما بين 10.5 و 13	8
من 16 إلى 30	ما بين 14.5 و 15.5	9
من 30 إلى 50	ما بين 16.5 و 17.5	10
من 50 وما فوق	ما بين 17.5 و 20	13

- ★ الشكل ج: تمثل لتغيرات الضغط الشرياني عند إنسان بالغ خلال 24 ساعة.
- من خلال تحليل معطيات هذه الوثائق استنتج العوامل المؤثرة في الضغط الشرياني.



### b - تحليل واستنتاج:

- ★ إن الدم يدور في الأوعية الدموية تحت ضغط معين. ينطلق الدم دوريا من القلب ليعود إليه بعد مروره في الشرايين والشريانات والشعيرات الدموية والوريدات والأوردة، وتتكرر هذه الدورة (الكبرى والصغرى) بدون توقف وفي نفس الاتجاه.
- ★ كلما ابتعدنا عن القلب انخفضت قيمة الضغط الشرياني وذلك حسب طبيعة الأوعية الدموية (شرايين، شريانات، ...).
- ★ تتغير القيم القصوى والدنيا للضغط الشرياني عند الإنسان حسب الفئات العمرية، إذ ترتفع مع زيادة العمر.
- ★ تتغير قيمة الضغط الشرياني القصوى والدنيا بالتزامن بالتوالي حسب الأنشطة اليومية، والانفعالات التي يتعرض لها. وأدنى قيمة للضغط تكون خلال النوم حيث يبدل أقل مجده.

نستنتج من هذا التحليل أن تغيرات الضغط الشرياني ترتبط بعدة عوامل منها ما يرتبط ببنية وطبيعة الأوعية الدموية، ومنها ما يرتبط بنشاط القلب. فما العلاقة بين تغيرات الضغط الشرياني ونشاط القلب؟

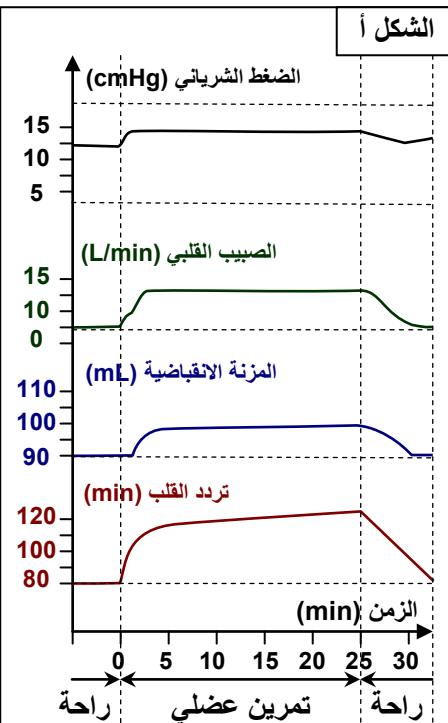
### ب - العلاقة بين الضغط الشرياني ونشاط القلب

#### a - وثائق للاستثمار: أنظر الوثيقة 4

#### الوثيقة 4: العلاقة بين الضغط الشرياني ونشاط القلب

★ نسجل بانتظام عند شخص تردد القلب FC وصبيب القلب Q (حجم الدم الذي يمر من القلب خلال دقيقة واحدة)، والمزنة الانقباضية VS (حجم الدم المدفوع من قبل البطين في كل انقباض)، والضغط الشرياني PA. وذلك في حالة راحة متبوعة بترين عضلي ذو شدة معتدلة وثابتة خلال عدة دقائق، والعودة لحالة الراحة.

تحول النتائج المحصلة إلى سلسلة من البيانات هي الممثلة على الشكل أ.

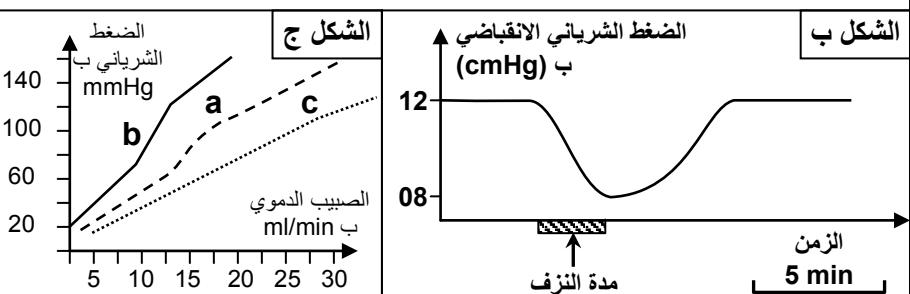


★ يعطي الشكل ب تغيرات متوسط الضغط الشرياني اثر نزف دموي.

★ يعطي الشكل ج تغيرات الضغط الشرياني حسب تغيرات الصبيب الدموي وقطر الشريان: a: حالة عادية، b: حالة تضيق قطر الشريان، c: حالة تمدد قطر الشريان.

1) حل المنحنيات واربط العلاقة بين نشاط القلب وتغير الضغط الشرياني.

2) انطلاقاً من تحليل معطيات الوثيقة وضح أن الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت.



#### b - تحليل واستنتاج:

1) تحليل الوثائق:

★ الشكل أ: في حالة الراحة كل القيم المقاسة (FC، Q، VS، PA) تبقى ثابتة. مع بداية الترين العضلي نلاحظ ارتفاعاً في كل من التردد القلبي والمزنة الانقباضية والصبيب الدموي والضغط الشرياني، فتبقى ثابتة في قيمة قصوية طيلة مدة الترين العضلي. مباشرةً بعد نهاية الترين تعود تدريجياً جميع العوامل إلى قيمها الأصلية.

★ الشكل ب: يؤدي النزيف مباشرةً إلى انخفاض الضغط الشرياني، وبمجرد توقف النزيف يعود الضغط الشرياني إلى قيمته الأصلية.

★ الشكل ج: يؤدي تضيق العروق الدموية إلى ارتفاع مقاومتها لجريان الدم ومن ثم ارتفاع الضغط الشرياني. في حين يؤدي تمدها إلى انخفاض المقاومة وبالتالي انخفاض الضغط الشرياني.

يتبيّن من هذه الملاحظات أن كل تغيير في نشاط القلب ينتج عنه تغيير في الضغط الشرياني. فارتفاع تردد القلب ينتج عنه ارتفاع المزنة الانقباضية وبالتالي ارتفاع صبيب القلب، الشيء الذي يؤدي إلى ارتفاع الضغط الشرياني. والعكس صحيح فإن انخفاض الصبيب القلبي ينتج عنه انخفاض الضغط الشرياني.

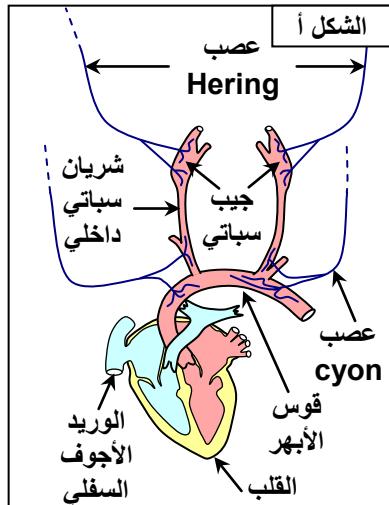
2) يتبيّن من هذه الملاحظات أن الضغط الشرياني يعود إلى قيمته الأصلية عند توقف كل العوامل المؤثرة عليه كالنشاط العضلي أو النزف أو الانفعال. وهذا يمكن القول أن الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت.

## II - دور الجهاز العصبي في تنظيم الضغط الشرياني

### أ - الكشف عن مستقبلات الضغط الشرياني:

5 - تجرب (1924) Hering a: أنظر الوثيقة 5

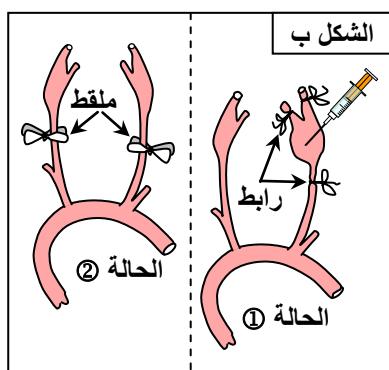
## الوثيقة 5: الكشف عن مستقبلات الضغط الشريانى



**التجربة 1:** عند قطع الأعصاب القلبية التي تربط القلب بالمراعز العصبية عند كلب ونجره على الجري، يلاحظ انه يسقط منها خلاً وقت وجيز ويبيق إيقاع قلبه ثابتاً.

**التجربة 2:** بعد عزل الجيب السباتي عند حيوان بواسطة رابطات (الشكل ب) تم حقن سائل فيزيولوجي في المنطقة المعزولة للرفع من الضغط بداخلاً، فلُوحظ انخفاض في كل من التردد القلبي والضغط الشريانى في الجهاز الدورانى للحيوان.

**التجربة 3:** يؤدي ربط الشريانين السباتيين أسفل الجيب السباتي بواسطة ملقط (الشكل ب) إلى انخفاض الضغط في هذه المنطقة يتربع عليه تسارع في إيقاع القلب وارتفاع في الضغط الشريانى في الجهاز الدورانى للحيوان.



**التجربة 4:** تحتوي منطقة الجيب السباتي على نهايات عصبية تعصب الطبقة العضلية لجدار الشريان. يؤدي تهييج هذه الألياف العصبية إلى تبديد تردد القلب. ويؤدي قطعها إلى تسريع تردد القلب. ولا ينتج عن تهييج الطرف المحيطي أي تأثير بينما يتربع على تهييج الطرف المركزي تبديد لتردد القلب.

حل المعطيات التجريبية وفسر دور الجيب السباتي واستنتج المعلومات التي تمكن من إبراز وجود مستقبلات الضغط في هذا الجيب السباتي.

## b - تحليل واستنتاج:

★ من خلال معطيات التجربة 1 يتبين أن الجهاز العصبي يتدخل في نشاط القلب ومن تم في تنظيم الضغط الشريانى.

★ من خلال معطيات التجربة 2 و3 و4 يتبين أن الجيب السباتي يحتوى على مستقبلات حساسة لغيرات الضغط تسمى مستقبلات الضغط **Les barorécepteurs**، حيث انه كل ارتفاع في الضغط على مستوى الجيب السباتي يؤدي إلى انخفاض التردد القلبي وبالتالي انخفاض الضغط الشريانى وعودته إلى قيمته الأصلية، والعكس صحيح عند انخفاض الضغط على مستوى الجيب السباتي.

مستقبلات الضغط هذه هي عبارة عن نهايات عصبية تنتهي لأعصاب حسية هي عصب **Hering** في مستوى الجيبيين السباتيين، وأعصاب **Cyon** في مستوى قوس الأبهر.

## ب - دور الانعكاسات العصبية في تنظيم الضغط الشريانى:

### a - ملاحظات وتجارب: انظر الوثيقة 6

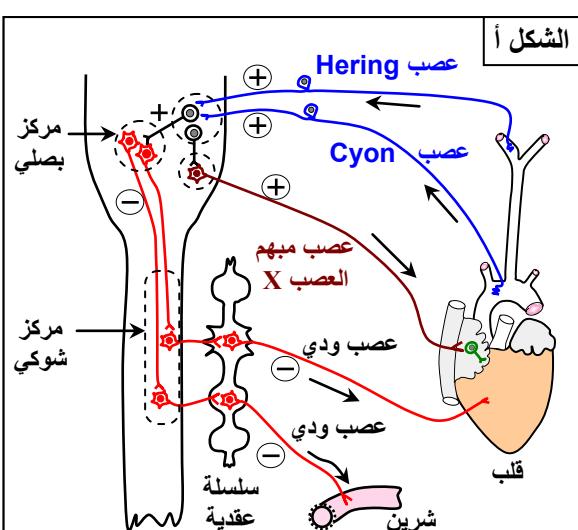
#### الوثيقة 6: دور الانعكاسات العصبية في تنظيم الضغط الشريانى

للقلب تعصيب مزدوج ينتمي للجهاز العصبي الاعاشي Végétatif الشكل أ (= تسمى ذاتية وتوجد خارج الجهاز العصبي المركزي):

- ألياف عصبية لا ودية Parasympathique تتمرّك أجسامها الخلوية بالوصلة السيسائية Bulbe rachidien. (عصب مفهم).

- ألياف عصبية ودية Orthosympathique تتمرّك أجسامها الخلوية بعد نجمية ترتبط بالمركز النخاعي.

للكشف عن دور هذه المراكز والأعصاب الودية والأعصاب اللاودية في تنظيم الضغط الشريانى نقترح التجارب التالية:  
(أنظر الصفحة الموالية)



## ★ تحديد دور المراكز العصبية والأعصاب في تنظيم الضغط الشرياني:

البنية	نتائج تهييجهما	نتائج تخريبها أو قطعها
البصلة السيسانية البطنية	- انخفاض تردد القلب. - توسيع الشرايين. - انخفاض الضغط الشرياني.	- ارتفاع تردد القلب. - ارتفاع الضغط الشرياني.
البصلة السيسانية الجانبية والنخاع الشوكي	- ارتفاع تردد القلب. - تصيق الشرايين. - ارتفاع الضغط الشرياني.	- انخفاض تردد القلب. - انخفاض الضغط الشرياني.
اللاؤدي: العصب X.	- ارتفاع تردد القلب. - انخفاض الضغط الشرياني.	- ارتفاع تردد القلب. - ارتفاع الضغط الشرياني.
الودي: العصب القلبي الودي المحرك	- ارتفاع تردد القلب. - ارتفاع الضغط الشرياني.	- انخفاض تردد القلب. - انخفاض الضغط الشرياني.

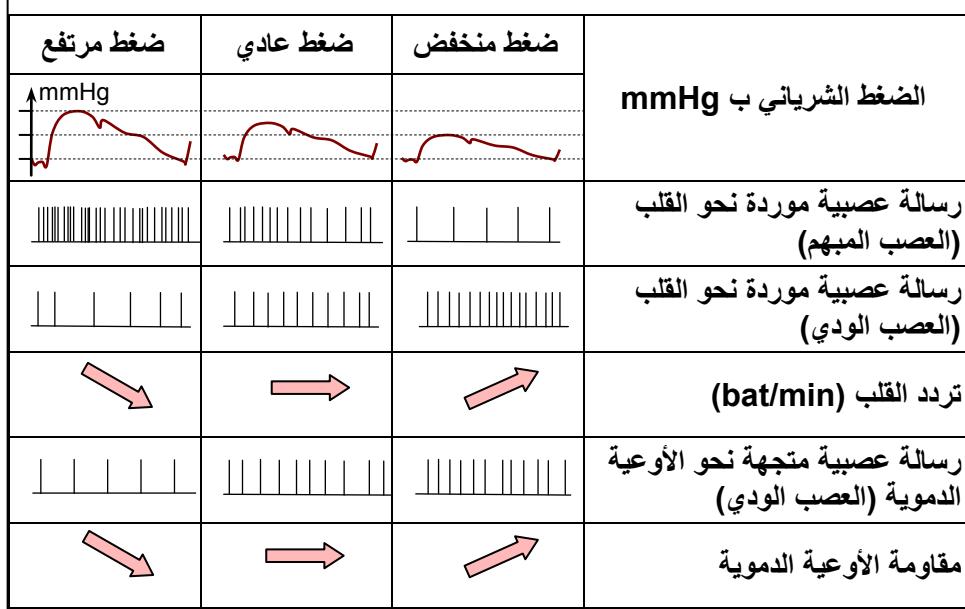
1) حل المعطيات التجريبية واستنتاج المراكز العصبية والأعصاب المتدخلة في تنظيم الضغط الشرياني مبينا دورها.

### ★ النشاط العصبي للألياف العصبية المرتبطة بالقلب وعلاقتها بنشاط القلب والأوعية الدموية.

نقوم بتسجيل السيالات العصبية في الألياف العصبية المرتبطة بالقلب والأوعية الدموية عند حيوان ثديي، اثر تغيرات الضغط الشرياني، كما نحدد تغيرات تردد القلب ومقاومة الأوعية الدموية.

النتائج مدونة على الجدول أمامه:  
(2) بين كيف تؤثر تغيرات الضغط الشرياني على نشاط مختلف المسالك العصبية.

(3) بالاعتماد على كل ما سبق وضح كيف يتدخل الجهاز العصبي في تنظيم الضغط الشرياني.



### b - تحليل واستنتاج:

1) نستنتج من تحليل المعطيات التجريبية أن هناك مركزين عصبيين يتحكمان في نشاط القلب وبالتالي الضغط الشرياني:  
• مركز بصلي مبطئ للقلب اي مخفض لضغط الشرياني.

• مركز بصلي جانبي ومركز شوكي مسرع للقلب ومضيق للأوعية الدموية اي رافع لضغط الشرياني.

ويؤثر هذان المركزان العصبيان على نشاط القلب والأوعية الدموية بواسطة عصبات حركية تتطرق منها لتعصب القلب وهي نوعان:

• ألياف العصب اللاؤدي (العصب الرئوي المعدني أو العصب X) = Nerf vague  
• تتمرکز أجسامها الخلوية بمركز البصلة السيسانية القلبي وتنتقل سيالات عصبية كابحة لنشاط القلب.

• ألياف العصب الودي، تتمرکز جل أجسامها الخلوية بالعقد النجمية وتنتقل سيالات عصبية منبقة من المركز النخاعي، منبهة لنشاط القلب ورافعة لمقاومة الأوعية الدموية.

2) يتبيّن من المعطيات التجريبية أن نشاط القلب يتغيّر مع تغيير الضغط الشرياني:

• في حالة ارتفاع الضغط الشرياني يرتفع تردد جهود العمل على مستوى العصب المبهم بينما ينخفض هذا التردد على مستوى العصب الودي. كما ينخفض تردد القلب ومقاومة الأوعية الدموية.

• في حالة انخفاض الضغط الشرياني ينخفض تردد جهود العمل على مستوى العصب المبهم بينما يرتفع هذا التردد على مستوى العصب الودي. كما يرتفع تردد القلب ومقاومة الأوعية الدموية.

(3) انطلاقاً من المعطيات السابقة يمكن القول أن تنظيم الضغط الشرياني هو عبارة عن فعل انعكاسي يتم بواسطة آليات لا إرادية سريعة، ويتم كما يلي:

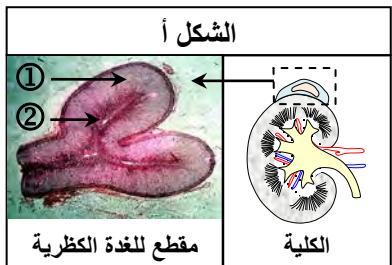
- في حالة ارتفاع الضغط الشرياني يتم تهيج مستقبلات الضغط على مستوى الجيب السباتي وقوس الأبهر، لتصل سيالة عصبية حسية عبر أعصاب Cyon Hering إلى المركز البصلي المبطئ للقلب. يتم من جهة كبح المركز النخاعي المسرع للقلب والمضيق للشرايين، ومن جهة أخرى تتبعد سيالة عصبية نابذة عبر العصب المبهم نحو القلب لتخفيف نشاطه. ونتيجة لهذا ينخفض التردد القلبي وتتوسيع العروق الدموية ومن ثم انخفاض الضغط الشرياني ليعود إلى قيمته الأصلية.
- في حالة انخفاض الضغط الشرياني لا يتم تهيج مستقبلات الضغط على مستوى الجيب السباتي وقوس الأبهر، ومن تم توقف نشاط أعصاب Cyon Hering، فيرفع الكبح عن المركز النخاعي المسرع للقلب والمضيق للشرايين، وتتبعد سيالة عصبية نابذة عبر الألياف العصبية الودية القلبية نحو القلب لترفع من نشاطه، وعبر الألياف العصبية الودية الشريانية نحو العروق الدموية لتضيقها. ونتيجة لهذا يرتفع التردد القلبي وتتضيق العروق الدموية ومن ثم ارتفاع الضغط الشرياني ليعود إلى قيمته الأصلية.

### III - دور الهرمونات في تنظيم الضغط الشرياني

#### أ - التنظيم السريع للضغط الشرياني بواسطة الكاتيكولامينات: Catécholamine

a - وثائق ومعطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 7

##### الوثيقة 7: دور الكاتيكولامينات في تنظيم الضغط الشرياني

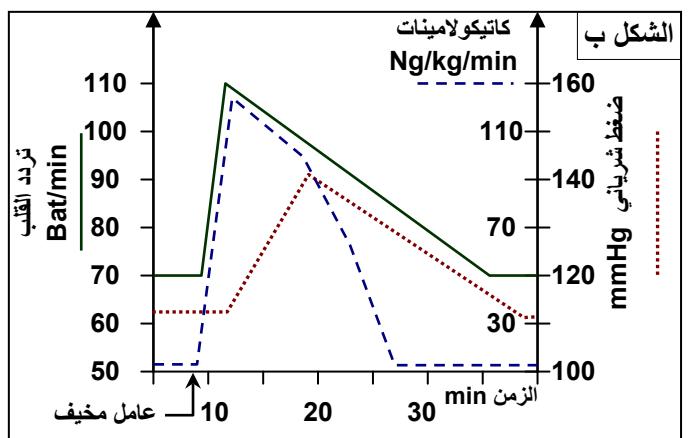
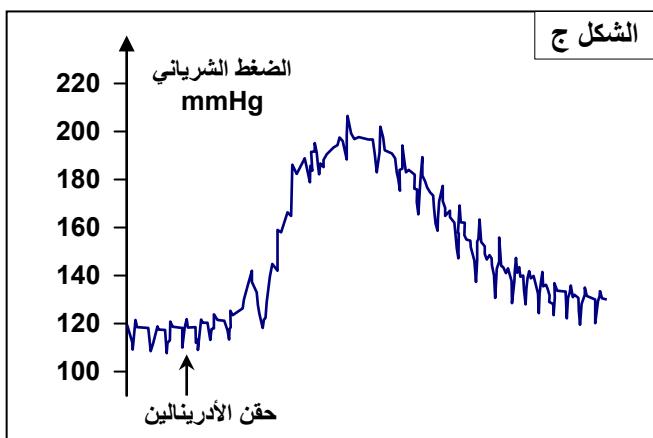


الأدرينالين adrénaline والنورادرينالين noradrénaline هرمونين ينتميان إلى مجموعة الكاتيكولامينات catécholamines، يفرزهما لب الغدة الكظرية في الدم، تحت تأثير الجهاز العصبي الودي.

★ يعطي الشكل أ رسم تخطيطي لمقطع للغدة الكظرية الموجودة فوق الكلية. وتنكون من جزء خارجي (1) يسمى قشرة الكظر Corticosurrénale، وجزء مركري (2) يدعى لب الكظر Medullosurrénale.

★ بيّنت تجارب أنجزت على حيوانات أن الانفعال يحدث ارتفاعاً مفاجئاً لإفراز مادة الأدرينالين من لدن غدة لب الكظر. ويبين الشكل ب من الوثيقة تسجيلات تردد القلب والضغط الشرياني وكمية الكاتيكولامينات البلازمية عند الإنسان في حالة الانفعال (الخوف مثلاً).

★ بعد حقن الأدرينالين أو النورادرينالين لكلب سليم، تتبع تغيرات الضغط الشرياني. النتائج المحصل عليها مماثلة على الشكل ج من الوثيقة.



انطلاقاً من تحليل معطيات الوثيقة حدد تأثير الكاتيكولامينات (الأدرينالين مثلاً) على نشاط القلب، وآلية تدخلها في تنظيم الضغط الشرياني.

## b - تحليل واستنتاج:

- ★ في حالة الانفعال كالخوف مثلا يلاحظ ارتفاع سريع في تردد القلب، يصاحبه ارتفاع إفراز الأدرينالين من طرف لب الكظر، ثم بعد فترة زمنية قصيرة يرتفع الضغط الشرياني. تصحح هذه الاضطرابات بعد عدة دقائق.
- ★ عند حقن الأدرينالين لكلب سليم يلاحظ ارتفاع مفاجئ للضغط الشرياني. وبعد مدة زمنية يصحح هذا الارتفاع. يتبيّن من هذه المعطيات أن الكاتيوكولامينات هي هرمونات مفرطة للضغط الشرياني إذ أنها تسرع القلب وبالتالي تؤثر على الصبيب القلبي، وتضيق الشرايين وبالتالي تؤثر على مقاومة جريان الدم.

### ب - التنظيم المتوسط المدى للضغط الشرياني بواسطة الرينين - الأنجيوتنسين:

#### a - وثائق ومعطيات للاستثمار: انظر الوثيقة 8

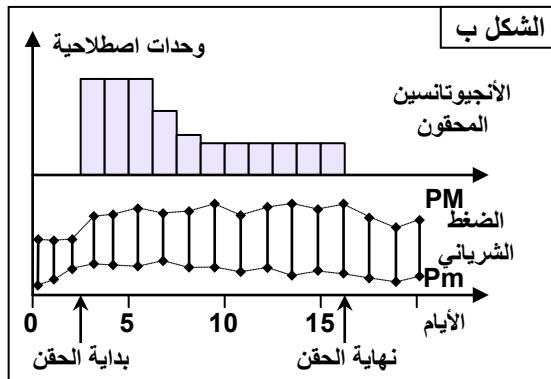
##### الوثيقة 8: دور نظام الرينين - أنجيوتنسين في تنظيم الضغط الشرياني

تركيز الرينين في البلازما UA		
شخص شاهد	شخص مريض	كلية يمني
4	6	6
5	12	6

الشكل أ

شريان كلوي (دم داخل)  
وريد كلوي (دم خارج)

لوحظ عند شخص مصاب بفرط الضغط الشرياني انغلاق جزئي للشريان الكلوي الأيسر نتج عنه انخفاض كبير للضغط الدموي في الكلية اليسرى مصحوب بارتفاع مهم للضغط في الكلية اليمنى. يبيّن الجدول أمامه قياس تركيز الرينين (أنزيم تقرزه الكلية) في الدم الداخل والدم الخارج من كل كليّة.



★ الأنجيوتنسين Angiotensine بروتين يفرز من طرف بعض الخلايا الكبدية على شكل بشير خامل يدعى الأنجيوتنسينوجين. يوجد هذا الأخير في البلازما بصفة دائمة، ولا يتحول إلى هرمون نشيط إلا بتواجد أنزيم الرينين Rénine المفرز من طرف الكليتين. خضع شخص عادي لتزويد مطولة (عدة أيام) بالأنجيوتنسين، وتم عنده تتبع تغير قيمة الضغط الشرياني، ويلخص الشكل ب من الوثيقة النتائج المحصل عليها.

1) حل هذه الملاحظات السريرية، والمعطيات التجريبية واستنتاج الآلية المتحكمّة في إفراز الرينين وعلاقة هذا الأخير بتنظيم الضغط الشرياني.

بعد استئصال الغدتين الكظريتين وإحدى كليتي الكلب، وقطع الأعصاب المرتبطة بالكلية المتبقية، تم تتبع كل من كمية الرينين المفرزة من طرف الكلية المتبقية، وتغيير الضغط الشرياني داخلها حسب الزمن قبل وبعد خضوع هذا الكلب لنزف دموي. يمثل مبيان الشكل ج من الوثيقة النتائج المحصل عليها.

2) انطلاقاً من تحليل هذه المعطيات التجريبية حدد العامل المسؤول عن تنظيم إفراز الرينين من طرف الكلية.

## b - تحليل واستنتاج:

- 1) يتبيّن من معطيات الشكل أ أن انخفاض الضغط في الشريان الكلوي يحرّض الكلية على إفراز الرينين في الدم، الشيء الذي يؤدي إلى ارتفاع الضغط الشرياني.
- يتبيّن من معطيات الشكل ب أن حقن الأنجيوتنسين يؤدي إلى رفع قيمة الضغط الشرياني سواء منها القيمة الدنيا أو القصوى. وقد بيّنت الدراسات أن الأنجيوتنسين يسرع القلب ويضيق الشرايين وبذلك يرفع الضغط الشرياني.
- نستخلص من هذه الملاحظات أن انخفاض الضغط الشرياني على مستوى الكلية يؤدي إلى إفراز الرينين في الدم حيث يقوم بتحويل الأنجيوتنسينوجين المفرز من قبل الكبد إلى أنجيوتنسين، هذا الأخير يعمل على زيادة ضغط الشريان.

2) يؤدي النزف إلى نقصان حجم الدم، فيصل الدم إلى الكليتين بضغط منخفض، يمثل هذا الضغط المنخفض منبهاً للكليتين فتقرزان أنزيم الرينين. تستخرج من هذا أن العامل المسؤول عن تنظيم إفراز الرينين هو تغيير الضغط الشرياني على مستوى الشريرات الكلوية. وقد بيّنت دراسات أخرى أن ارتفاع تركيز  $\text{Na}^+$  في البلازما أو ارتفاع الضغط الشرياني يحفز الكليتين على إفراز أنزيم الرينين.

### ج - التنظيم الطويل المدى للضغط الشرياني:

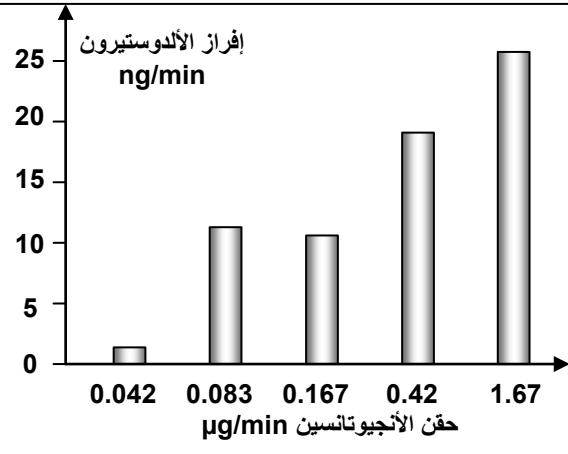
#### a - دور هرمون الألدوستيرون في تنظيم الضغط الشرياني: انظر الوثيقة 9

##### الوثيقة 9: دور هرمون الألدوستيرون Aldostérone في تنظيم الضغط الشرياني

★ ينبع عن ورم في الغدة الكظرية فرط في الضغط الشرياني بسبب احتفاظ الجسم بكميات كبيرة من  $\text{Na}^+$ ، وبالتالي الاحتفاظ بالماء، في حين يؤدي ضمور هذه الغدة، عند بعض المرضى، إلى انخفاض الضغط الشرياني الناتج عن طرح كميات كبيرة من  $\text{Na}^+$  في البول، وبالتالي فقدان كميات مهمة من الماء.

★ يؤدي حقن حيوان مستأصل الغدة الكظرية بمستخلصات قشرة الكظر إلى انخفاض كبير في طرح  $\text{Na}^+$  في البول، وقد بيّنت التحاليل أن المادة النشطة في المستخلصات هي هرمون الألدوستيرون Aldostérone.

★ لوحظ عند حيوان ثديي خضع لنظام غذائي بدون  $\text{Na}^+$  فرط في إفراز الألدوستيرون، وبالمقابل يسبب النظام الغذائي الغني بملح الطعام انخفاض في إفراز هذا الهرمون.



★ عند تزويد الغدة الكظرية بمحاليل ذات تركيز ضعيف أو كبير ل  $\text{NaCl}$  لا يلاحظ أي تغيير في إفراز الألدوستيرون. وعند تزويد الشرين المورد للكبيبة بمحلول  $\text{NaCl}$  المخفف يسبب إفراز الرينين المتبع بإفراز الألدوستيرون.

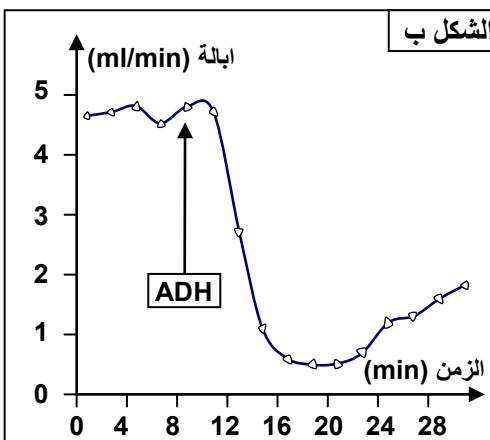
★ تتبع عند كلب مستأصل الكليتين تغير إفراز الألدوستيرون من طرف قشرة الغدة الكظرية بعد حقن الأنجيوتنسين. يمثل المبيان أمامه النتائج المحصل عليها.

حل المعطيات السريرية والتجريبية واستنتج آلية إفراز ودور الألدوستيرون في تنظيم الضغط الشرياني.

تدخل القشرة الكظرية في تنظيم الضغط الشرياني عن طريق إفراز هرمون الألدوستيرون، وهو الهرمون الذي يؤثر على الأنابيب الكلوية ل إعادة امتصاص الصوديوم  $\text{Na}^+$ ، ومن تم الاحتفاظ بالماء، مما يؤدي إلى زيادة حجم الدم، وبالتالي الزيادة في الضغط الشرياني. ينشط وجود الأنجيوتنسين في الدم إفراز الألدوستيرون.

#### b - دور هرمون ADH في تنظيم الضغط الشرياني انظر الوثيقة 10

##### الوثيقة 9: دور هرمون ADH (Anti-Diuritic-Hormon) في تنظيم الضغط الشرياني

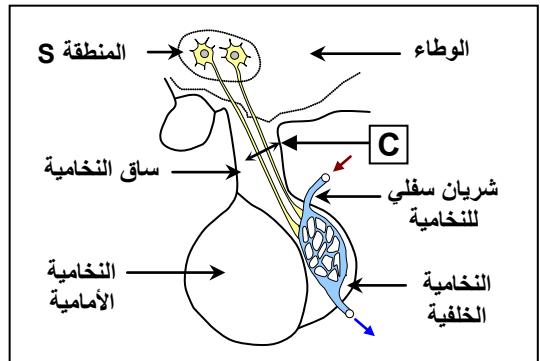


★ قصد الكشف عن دور هرمون ADH (Antidiuritique) في تنظيم الضغط الشرياني، أجري عند كلب قياس كل من تركيز ADH وحجم البول المطروح، ويبيّن الشكلان أ و ب النتائج المحصل عليها.

- الشكل أ: تغيير تركيز هرمون ADH في الدم بدلالة تغير نسبة حجم الدم.

- الشكل ب: تغيير الإفالة على اثر الحقن ADH. الضمور بدبي بهرمون ADH.

★ قصد الكشف عن مصدر هرمون ADH وعن مراحل تدخله في تنظيم الضغط الشرياني، تم عند الكلب، القيام بالتجارب الممثلة في الجدول التالي:



التجربة	النتائج
اهاجة المنطقة S من الوطاء (مركز اندماجي)	- انخفاض طرح البول. - ارتفاع نسبة ADH في الدم الوريدي للنخامية.
قطع الألياف في مستوى C ثم تهيج المنطقة S	- ارتفاع طرح البول. - انعدام ADH في الدم الوريدي للنخامية.
استئصال النخامية الخلفية	- ارتفاع حجم البول المطروح
عزل الكلية وحقها بمستخلصات النخامية الخلفية	- نقص في حجم البول المطروح.

انطلاقاً من تحليلك لمعطيات الوثيقة:

- أبرز العلاقة الموجودة بين تركيز ADH وتغير حجم الدم. ثم حدد تأثير حقن ADH على حجم البول المطروح.
- حدد مصدر ADH والبنيات الشراعية المتدخلة في تنظيم حجم البول المطروح.
- استنتج دور ADH في تنظيم الضغط الشرياني.

- تحفيز الغدة النخامية الخلفية لافراز فاسوبريسين (هرمون المضاد للابالة ADH) الذي يؤثر أيضاً على الكليتين لاءادة امتصاص الماء، مما يؤدي إلى زيادة حجم الدم أي الصبيب الدموي ويضيق الاوعية الدموية وبالتالي الزيادة في الضغط الشرياني.

معالجة ارتفاع الضغط الشرياني عن طريق كبح نظام الرئتين - الأنجيوتانسين

#### 4 - خلاصة:

يتم تنظيم الضغط الشرياني بواسطة أعضاء مختلفة بينها تواصل عصبي - هرموني أي اندماج الاليات العصبية والهرمونية.

تدخل في البداية الاليات العصبية السريعة وفي حالة استمرار انخفاض الضغط تتدخل الاليات الهرمونية لتكمل عمل الجهاز العصبي.

تدخل كل هذه الاليات اما بتسريع القلب او تضيق الاوعية الدموية او الزيادة في حجم الدم.

## الفهرس

<p>3</p> <p>I - <b>تصنيف مكونات الرواسب</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① تصنیف مكونات الرواسب حسب قدها</li> <li>② نفس الراسب وأوساط رسوبية مختلفة.</li> </ul> <p>II - <b>الدراسة الإحصائية لمكونات الرواسب.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① دراسة قد مكونات الرواسب.</li> <li>② خلاصة.</li> <li>③ تمارين تطبيقية.</li> </ul> <p>III - <b>دراسة الشكل الخارجي لمكونات الرواسب (دراسة مورفولوجية).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① دراسة إحصائية للمظهر الخارجي لحبات المرسو.</li> <li>② خلاصة.</li> </ul> <p><b>III - دراسة الأشكال الرسوبية.</b> <i>Les figures sédimentaires</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① العلاقة بين الأشكال الرسوبية و سبب تكوينها.</li> <li>② خلاصة.</li> </ul> <p>V - <b>دينامية وعوامل نقل الرواسب.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① العلاقة بين التيار وأصناف مكونات الرواسب.</li> <li>② كيف تنقل العناصر الرسوبية؟</li> <li>③ خلاصة:</li> </ul> <p>VI - <b>ظروف التربب في أهم أوساط التربب.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① الرواسب القارية. <i>Sédiments continentaux</i></li> <li>② الرواسب البينية.</li> <li>③ الرواسب البحرية.</li> </ul> <p>VII - <b>ظروف التربب في وسط قديم ( حوض الفوسفات ).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① طبيعة ومكونات الصخور الفوسفاتية بالمغرب.</li> <li>② خلاصة.</li> </ul> <p>VIII - <b>إنجاز خريطة الجغرافيا القديمة لحوض الفوسفات .</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>② خريطة الجغرافيا القديمة لحوض الفوسفات.</li> </ul>	<p>الفصل الأول: إنجاز خريطة الجغرافيا القديمة</p> <p>الكتاب في الأندلس من الأندلس إلى العالم الإسلامي</p>
---	---

	<p>١ - المبادئ الاستراتيجية والتاريخ النسبي للتشكلات الجيولوجية.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① خاصية التطبيق لدى المجموعات الرسوبيّة.</li> <li>② المبادئ الاستراتيجية. <i>Les principes stratigraphiques</i></li> </ul> <p>٢ - التقسيمات الجيوكرونولوجية للزمن الجيولوجي.</p> <p>٣ - الوحدة الاستراتيجية الأساسية: (الطابق) (<i>Etage</i>).  <ul style="list-style-type: none"> <li>② مفهوم الدورة الرسوبيّة. (Cycle <i>sédimentaire</i>)</li> <li>③ مفهوم المنطقة الإحيائية: <i>Biozone</i></li> <li>④ مفهوماً الحقب والدور. (<i>Ere et Cycle</i>)</li> </ul> <p>٤ - الخريطة الجيولوجية، حصيلة تركيبية للدراسات الاستراتيجية.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① الخريطة الجيولوجية وثيقة تركيبية.</li> <li>② المقطع الجيولوجي. <i>Coupe géologique</i>.</li> </ul> <p>٥ - استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة معينة.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① المثال الأول: هضبة الفوسفات</li> <li>② المثال الثاني: الحوض الفحمي لجرادة</li> </ul> </p>	<p>الفصل الثاني: استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبيّة</p>
43	<p>٦ - الكشف عن تبادلات الماء عند النباتات اليخضورية.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① ملاحظات بالعين المجردة</li> <li>② ملاحظات مجهرية</li> </ul> <p>٧ - نموذج فيزيائي لتفسير تبادلات الماء بين الخلية ومحيطها</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① مفهوم التنااذع عند الخلايا النباتية</li> <li>② قياس ضغط التنااذع <math>\Pi</math> أو <math>P</math></li> </ul> <p>٨ - الكشف عن تبادلات المواد المذابة عند الخلايا النباتية</p> <p>٩ - الكشف عن ظاهرة الانتشار <i>La diffusion</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① النفاذية الموجهة وظاهرة زوال البزلمة</li> <li>② الكشف عن النفاذية الموجهة والنقل النشيط</li> <li>③ خلاصة:</li> </ul> <p>١٠ - آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① البنيات المسؤولة عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية</li> <li>② آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية</li> </ul> <p>١١ - البنيات الخلوية المتدخلة في امتصاص الماء والأملاح المعدنية</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① تعرف بنية الجدار الهيكلي والغشاء السيتو بلازمي</li> </ul>	<p>الفصل الأول: آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية عند النباتات اليخضورية وظائف الماء</p>

	<p><b>I - الكشف عن التبادلات الغازية عند النباتات اليخصوصورية</b></p> <p>① الكشف عن امتصاص <math>\text{CO}_2</math>      ② الكشف عن طرح <math>\text{O}_2</math>      ③ خلاصة:</p> <p>① تعريف شدة التبادلات الغازية اليخصوصورية      ② تأثير تركيز <math>\text{CO}_2</math>:      ③ تأثير شدة الإضاءة:      ④ تأثير درجة الحرارة:      ⑤ خلاصة:</p> <p><b>III - البنيات المسؤولة عن التبادلات الغازية اليخصوصورية</b></p> <p>① ملاحظة مجهرية لورقة خضراء      ② بنية الثغور      ③ آلية افتتاح وانغلاق الثغور      ④ العوامل المؤثرة في افتتاح وانغلاق الثغور      ⑤ خلاصة:</p> <p><b>IV - إنتاج المادة العضوية من طرف النباتات اليخصوصورية</b></p> <p>① شروط إنتاج النشا عند النباتات اليخصوصورية      ② الطبيعة الكيميائية للمواد العضوية المركبة</p>	<p><b>الفصل الثاني:</b>  <b>التبادلات الغازية اليخصوصورية وإنتجاج المادة العضوية</b></p>
67	<p><b>I - الصبغات اليخصوصورية ومكان تمويعها داخل الخلية</b>  <b>Les pigments chlorophylliens</b></p> <p>① استخلاص الصبغات اليخصوصورية      ② خصائص الصبغات اليخصوصورية      ③ على أي مستوى من الخلية يوجد اليخصوصور؟</p> <p><b>II - آلية التركيب الضوئي</b></p> <p>① الكشف عن مراحل التركيب الضوئي      ② التفاعلات الأساسية للتركيب الضوئي</p> <p><b>III - تنوع مصادر المادة والطاقة المستعملة من طرف الكائنات الحية</b></p> <p>① التركيب الكيميائي عند الكائنات المعدنية التغذية      ② تنوع مصادر المادة والطاقة</p>	<p><b>الفصل الثالث:</b>  <b>إنتاج المادة العضوية وتدفق الطاقة</b></p>
84	<p><b>I - تحلون الدم عامل بيولوجي ثابت</b></p> <p>① الكشف عن وجود الكليكوز في الدم:      ② الكشف عن ثبات قيمة تحلون الدم:</p> <p><b>II - الأعضاء المسؤولة عن الحفاظ على ثبات تحلون الدم</b></p> <p>① علاقة الكبد بتحلون الدم:      ② علاقة البنكرياس بتحلون الدم:</p> <p><b>III - خطاطة عامة تبين آلية تنظيم تحلون الدم</b></p>	<p><b>الفصل الأول:</b>  <b>التواصل الهرموني</b></p> <p style="text-align: right;">الهormone الـhormone الـhormone الـhormone الـhormone الـhormone الـhormone الـhormone</p>

94	<p><b>I - خصيات العصب</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① الكشف عن خصيات العصب:</li> <li>② دراسة خصيات العصب:</li> </ul> <p><b>II - طبيعة الرسالة العصبية</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① الظواهر الكهربائية المصاحبة لنشاط الليف العصبي:</li> <li>② الظواهر الأيونية المصاحبة لنشاط الليف العصبي:</li> </ul> <p><b>III - البنيات المسؤولة عن التواصل العصبي</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① البنيات النسيجية للعصب والنخاع الشوكي</li> <li>② العلاقة بين بنية العصب وبنية النخاع الشوكي</li> </ul> <p><b>IV - خصيات الليف العصبي</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① استجابة الليف العصبي والعصب لاهاجات متصاعدة الشدة</li> <li>② علاقة بنية الليف بتوصيل السيالة العصبية</li> <li>③ مفهوم السينابس وأآلية التبليغ السينابسي</li> </ul>	<p><b>الفصل الثاني:</b> <b>التواصل العصبي</b></p>
114	<p><b>I - فيزيولوجيا الجهاز التناسلي عند الرجل</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① الكشف عن دور الخصية في الوظيفة الجنسية عند الرجل</li> <li>② البنيات المسؤولة عن إنتاج الأمشاج الذكرية وإفراز التستوستيرون:</li> </ul> <p><b>II - فيزيولوجيا الجهاز التناسلي عند المرأة</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① الكشف عن دور المبيض في الوظيفة الجنسية عند المرأة</li> <li>② الإنتاج الدوري للأمشاج الأنثوية والهرمونات المبيضية:</li> <li>② العلاقة الوظيفية بين المبيض والرحم:</li> </ul> <p><b>III - الاندماج العصب هرموني في تنظيم إفراز الهرمونات الجنسية</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① تنظيم النشاط الإفرازي للخصية</li> <li>② تنظيم النشاط الإفرازي للمبيض</li> </ul>	<p><b>الفصل الأول:</b> <b>تنظيم وظيفة التوأذن عند الإنسان</b></p>
131	<p><b>I - الضغط الشرياني عامل بيولوجي ثابت</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① قياس الضغط الشرياني</li> <li>② تغيرات الضغط الشرياني</li> </ul> <p><b>II - دور الجهاز العصبي في تنظيم الضغط الشرياني</b></p> <p><b>III - دور الهرمونات في تنظيم الضغط الشرياني</b></p>	<p><b>الفصل الثاني:</b> <b>تنظيم الضغط الشرياني والحفاظ على التوازن المائي المعدني</b></p>