الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم البيولوجيا وعلم البيئة النباتية

**مستوى الماستر**

**ميدان علوم الطبيعة والحياة**

**فرع العلوم البيولوجية**

**إختصاص بيولوجيا وفيزيولوجيا التكاثر**

**محاضرات مادة**

# تأقلم النباتات الزهرية

من إعداد: **الأستاذ بولعسل معاد**

**2021/2020**

# الفهرس

**مدخل**

**1- مصطلحات ومفاهيم أساسية..... 1**

**2- تأقلم النبات مع وسط عائق بصفة تدريجية, النبات والإرتفاع..... 3**

1.2. النطاقات النباتية حسب الإرتفاع..... 3

1.1.2. إختلاف المناخ والتربة بإختلاف الإرتفاع..... 3

2.1.2. مفهوم التشكل وديناميكية النباتات..... 4

3.1.2. النطاقات النباتية..... 5

2.2. إستراتيجية تأقلم النباتات بالمرتفعات..... 9

1.2.2. حفظ الحرارة والحماية من الجليد..... 9

2.2.2. التغذية عند درجات الحرارة المنخفضة..... 11

3.2.2. البقاء بالمرتفعات..... 13

4.2.2. أمثلة عن نباتات تنتشر بالمناخ الألبي..... 14

**3- تأقلم النباتات بأوساط جد ضاغطة أوجد عائقة ..... 17**

1.3. إستراتيجية المقاومة, النباتات العصارية (les Malacophytes)..... 18

1.1.3. الإنتشار والبيولوجيا..... 18

2.1.3. التركيب الضوئي نوع CAM..... 19

3.1.3. الإمتصاص..... 20

4.1.3. تحمل العصاريات للحرارة المرتفعة بالمناطق الجرداء..... 21

5.1.3. الدورة التطورية مقابل المناخ (Phénologie)..... 21

6.1.3. آليات دفاع النباتات العصارية ضد آكلات العشب..... 21

2.3. إستراتيجية التحمل, النباتات الجفافية الحقيقية (les Sclérophytes)..... 22

1.2.3. الإنتشار والبيولوجيا..... 22

2.2.3. الجهاز الجذري و الإمتصاص..... 23

3.3.3. إختزال فقد الماء بفعل التنفس..... 24

4.3.3.الدورة التطورية مقابل المناخ (Phénologie)..... 27

3.3. إستراتجية الهروب وتجنب الجفاف..... 27

4.3. تأقلم النباتات للأوساط الملحية.....28
1.4.3. شكل متأقلم لإقتصاد الماء..... 29
2.4.3. التوازن الداخلي (Homeostasis)..... 29
5.3. المغذيات, الأس الهيدروجيني للتربة وتوزيع المجتمعات النباتية..... 31
**4- تأقلم النباتات بأوساط ذات فترة عائقة..... 35**
1.4. مناطق ذات فصل بارد غير ملائم..... 35
2.4. مناطق ذات فصل ساخن رطب..... 39
3.4. استراتيجيات التأقلم و علاقتها بالفصول..... 42
**5- أوساط ملائمة لحياة النبات, مملكة المنافسة و التعاون..... 44**
1.5. مختلف نطاقات الغابات الكثيفة المستديمة..... 45
1.1.5. الأشجار (مغطاة البذور Angiosperms)..... 46
2.1.5. النباتات المتسلقة (les lianes)..... 51
3.1.5. النباتات العشبية..... 52
2.5. تأقلم الأوراق للوسط الضوئي..... 52
3.5. بيولوجيا النباتات الملازمة أو الملاصقة..... 53
1.3.5. تجميع وتخزين مياه الجو..... 54
2.3.5. العلاقة التكافلية نبات ملازم – نمل (Myrmécophyles)..... 55
4.5. الدفاعات المطبقة من طرف النباتات ضد آكلات الأعشاب..... 56
1.4.5. الدفاعات المباشرة ..... 57
1.1.4.5. الدفاعات المورفوتشريحة..... 57
2.1.4.5. الدفاعات الكيميائية..... 57
2.4.5. الدفاعات غير المباشرة..... 59
1.2.4.5. الدفاعات غير المباشرة التكوينية..... 59
2.2.4.5. الدفاعات غير المباشرة المحثة..... 59
5.5. العلاقة نبات–عائل ممرض..... 60
1.5.5. التوافق وعدم التوافق بين النبات والعائل الممرض..... 60
2.5.5. أهم مراحل العلاقة غير التوافقية مضيف–عائل ممرض..... 61
3.5.5. رد فعل الحساسية المفرطة..... 61

6.5. تلخيص الاستراتيجيات التأقلمية..... **63**

**6- مشاهد الأرض، شاهد على تأقلم المجتمعات النباتية للمناخ..... 64**

1.6. مشاهد الأرض تختلف حسب خطوط العرض..... **64**

2.6. الأقاليم النباتية تتطور طبيعيا مع المناخ..... **66**

**مدخل**

إن المشهد الطبيعي للأرض يختلف من منطقة لأخرى و يرتبط ذلك أساسا بملامح و مظهر الغطاء النباتي السائد و الذي يختلف بدوره حسب خصائص المناخ و التربة. على هذا الأساس نقوم بطرح التساؤلات التالية:

كيف نفسر توزيع التشكيلات أو الغطاءات النباتية و اختلافها من وسط لآخر و كيف يمكن فهم إشكالية عدم السماح للأنواع النباتية المختلفة و الزهرية منها بالنمو و التطور في مختلف المواقع و النقاط على سطح الأرض (Meyer et *al*., 2008).

الإجابة عن هاتين الإشكاليتين تمثل الهدف من المادة أين ندرس و نحلل التغيرات في العضوية و الوظائف الحيوية حسب الارتفاع عن سطح البحر و تغير خطوط العرض.

**1- مصطلحات ومفاهيم أساسية**

- **الوسط** : هو مجموع العناصر(حيوية أوغير حيوية) التي تحيط بالفرد أو النوع و التي تؤدي مباشرة إلى تأمين متطلباته.

- **العوامل البيئية:** هي مجموع الشروط الطبيعية (فزيائية، كميائية، حيوية) و الثقافية (الاجتماعية) القابلة للتأثير على الكائنات الحية و نشاطات الإنسان. كذلك هي كل عنصر من الوسط قابل للتأثير على الكائنات الحية على الأقل خلال مرحلة من مراحل تطورها.

وتؤثر العوامل البيئية على الكائنات الحية بعدة طرق:

- إستبعاد بعض الأنواع من المنطقة أين الخصائص المناخية والفيزيوكيميائية لا تحفز على البقاء مما ينتج عنه التأثير على التوزيع الجغرافي.

- تغيير المعدل الخصوبي وعدد الوفايات للأنواع المختلفة، حيث يتم التأثير على الدورة التطورية والحث على الهجرة وبالتالي التأثير على كثافة المجموعة.

- تحفيز ظهور تغيرات تأقلمية منها تغيرات كمية ونوعية للميثابوليزم.

- **مفهوم العامل المحدد:**

إن نمو النبات محدود بالعنصر الواحد حيث إذا قل تركيزه عن قيمة دنيا يتوقف التكوين. فالعامل البيئي يلعب دور العامل المحدد عندما يكون غائب أو مختزل تحت حد حرج أو إذا تعدى أو زاد عن الحد المتطلب. حيث العوامل المحددة تعتبر كشروط لإمكانيات نجاح الكائن الحي في محاولات غزو و إجتياح الوسط .

- **الحد الأدنى (limite inférieur) والحد الأقصى (limite supèrieur):**

هما حدا التحمل (Toléronce) أين يتوضع الظرف البيئي المثالي بينهما.

- **مفهوم التكافؤ البيئي (Notion de valence écologique):**

هو إمكانية تعمير أوساط مختلفة تتميز بتغيرات معتبرة للعوامل البيئية, و نجد قسمان:

أنواع ذات تكافؤ بيئي ضعيف: هي الأنواع التي تستطيع تحمل فقط تغيرات محدودة من العوامل.

أنواع ذات تكافؤ بيئي قوي: هي الأنواع التي تستطيع الإنتشار بأوساط متغيرة و ذات إختلافات كبيرة.

**- مفهوم الإجهاد**

الإجهاد هو إنحراف للشروط المثلى للحياة يفرض ردود فعل على جميع مستويات الكائن الحي.

كما يعرف على أنه قوة أو تأثير عدائي يؤدي إلى إعاقة أو منع نظام معين من القيام بوظائفه بصفة عادية.

**- التكيف أو التأقلم**

التكيف عند الكائنات الحية بمفهومه العام هو مجموع التغيرات الوراثية المحثة بفعل شروط جديدة (ظهور حيوان مفترس, تغير المناخ...), كما يعرف على أنه مجموع خصائص النوع التي تسمح له بالإنتشار والتطور في بيئة معينة.

أما المفهوم الخاص لهذين المصطلحين فهو كالآتي:

**التأقلم (Adaptation):** يطلق على التغييرات في التركيبة أو في الوظائف تكون قابلة للتوريث.

**التكيف (Accommodation):** هو تعديل عكسي لعضوية و فيزيولوجية النبات في وسطه.

**- ردود فعل النبات تجاه الإجهاد**

يستطيع النبات أن يقيم العديد من ردود الفعل تجاه الإجهاد ممثلة في: التجنب, التحمل والمقاومة وفق ما يعرف بالإستراتيجية.

**التجنب:** هو سلوك دفاعي يهدف لعدم التواجد في مواجهة ظواهر و عوامل غير مرغوبة أي ضارة.

**المقاومة:** هي اختزال لتأثير الإجهاد المتواجد بالوسط. فمثلا بعض النباتات تعيش في ظروف من الجفاف و ذلك بتطوير جهاز جذري في الأعماق يصل إلى المياه الجوفية.

**التحمل:** يتطلب أن الكائن الحي يكون في توازن ديناميكي مع الإجهاد و هذا مايعني أن تكون الشروط السائدة في النبتة في توازن مع شروط الوسط الخارجي. فمثلا تحمل الجفاف يعني أن الكائن الحي يعيش في ظروف من التجفيف التي لا تضر بالبروتوبلازم و التي تحفظ له القدرة على إعادة النمو بصفة عادية عند إعادة تمييه هذا الأخير.

**الإستراتيجية:** هي سلسلة ردود فعل (مجموع آليات) ناتجة عن نظام وراثي تسمح للكائن الحي بالبقاء في وسط خاص.

**2- تأقلم النبات مع وسط عائق بصفة تدريجية, النبات والإرتفاع**

**1.2. النطاقات النباتية حسب الإرتفاع**

يختلف المشهد الطبيعي أو الغطاء النباتي بإختلاف درجة الارتفاع عن سطح الأرض فنجد:

مناطق زراعية (Zones de cultures)

غابات نفضية (Forêts décidues)

غابات راتنجية (Forêts résineuse)

الأحراش و المروج أو الأراضي الخضراء (Lande et Pelouse).

فالغطاءات النباتية تصبح أقل طولا بزيادة الإرتفاع وهذا يرتبط بشروط الحياة المتوفرة في الوسط والتي تجبر النباتات بدرجات متفاوتة على إبداء آليات للعيش.

**1.1.2. إختلاف المناخ والتربة بإختلاف الإرتفاع**

كلما زاد الارتفاع تزيد العوائق على النبات وهذا بصفة تدريجية فنلاحظ مايلي:

- إنخفاض الضغط الجوي
- إنخفاض درجة حرارة الهواء بمعدل سنوي يقدر ب 0,55 °م لكل 100م .
- إرتفاع الإشعاع الأرضي الليلي (حرارة في شكل إشعاعات تحت الحمراء).
- إرتفاع النورانية (الإشراق) (luminosité).

(النباتات جد حساسة للأشعة فوق البنفسجية نوع UV-B حيث تتلف فسجلتها, و بصفة خاصة هذه الأشعة تتواجد بوفرة بالمسطحات على عكس المرتفعات).

- التساقط السنوي كثيف ويسقط بشكل ثلوج.
- الثلج الذي يدوم فترة طويلة يشكل طبقة ثلجية عازلة تحمي النبات من الجليد والجفاف لكنها تحد من كثافة الضوء الساقط عليه.

– إرتفاع متوسط سرعة الرياح مما يؤدي لإعادة تبريد الكائن الحي، تجفيف الهواء، قلع النباتات مع نشر حبوب الطلع والبذور.

– تباطئ تدريجي في تشكيل التربة حيث أن البرودة تحد من عملية تحلل المادة العضوية عن طريق الكائنات الدقيقة والحيوانات المنتشرة بالتربة.

هذه الإختلافات المناخية في مقابل الإرتفاع تؤدي لإختزال فترة نشاط و حياة النباتات, مما ينتج عنه ضغط كبير على هذه الأخيرة أين تنتشر في قطاعات مختلفة الإرتفاع تدعى النطاقات وهذا حسب درجة مقاومتها للمناخ وتغيرات التربة وحسب قدرتها على المنافسة.

### 2.1.2. مفهوم التشكل وديناميكية النبات

الفلورا (la Flore) هي قائمة الأنواع النباتية المتواجدة في منطقة معينة فمفهومها قريب لمفهوم التشكل أو الغطاء النباتي (Formation végétale), حيث تساهم في تحديد المشهد الطبيعي لمنطقة ما. و مفهوم الغطاء النباتي مؤسس على الخصائص المظهرية أو ملامح النبات, خصائص تتعلق بالنوع البيولوجي أو المظهر الحيوي للأنواع السائدة.

فقد قسم العالم رونكير النباتات إلى مجاميع وهذا على أساس مظهرها الحيوي الناتج عن طريقة حماية البراعم خلال الفصل العائق ممثل في البرودة, فنجد (شكل1):

**الغابات (les forêts)**

تتشكل من سيادة المرئيات (Phanérophytes) وهي نباتات خشبية (Ligneux) ذات براعم مرتفعة بشكل واضح فوق مستوى سطح التربة خلال الفصل العائق (0.5 إلى 1م فما فوق) وتشمل الأشجار والشجيرات.

**الأحراش (les landes)**

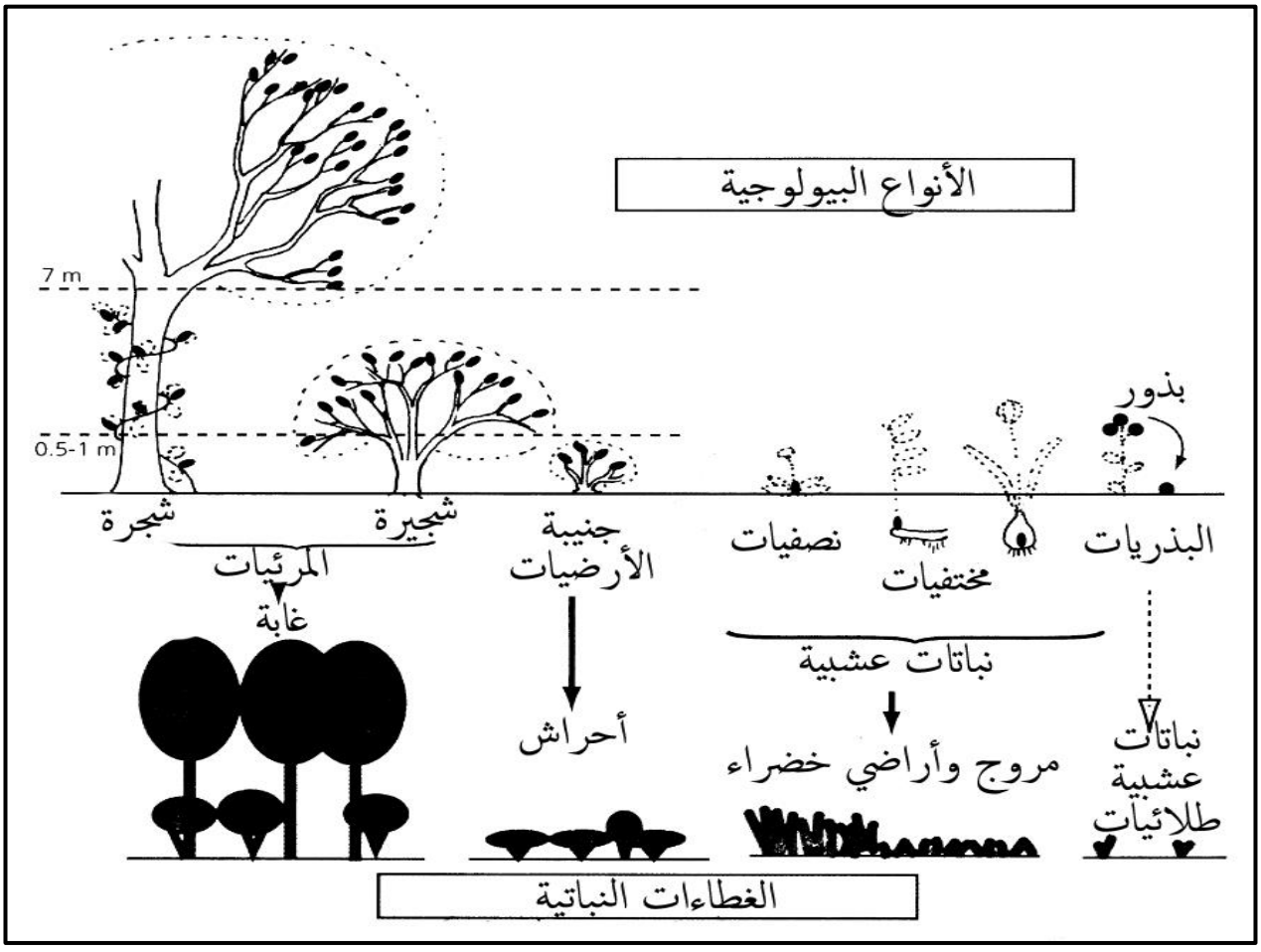
تشكلات قصيرة خشبية بها شجيرات (Arbustes) مع سيادة للنباتات الأرضية (les Chaméphytes) والتي تتمثل في الجنيبات (Arbrisseaux) ببراعم لا يزيد إرتفاعها عن 50 سم خلال الفصل العائق ومثال ذلك نبات الخلنج (Bruyère).

**المروج والأراضي الخضراء(prairie et pelouse)**

تشكلات قصيرة عشبية (Herbacées) غنية بالنباتات النصفية (Hémicryptophytes) ببراعم مع مستوى سطح التربة (مثل الهندباء البريّة) وبالنباتات المختفية أو المستترة (Géophytes) ببراعم تتشكل على ريزومات (Rhizomes)، بصلات (Bulbes) أو درنات (Tubercules) تحت أرضية مع فقد الجزء الهوائي خلال الفصل العائق.

**الطلائيات(Pionniers)**

تتشكل من سيادة الأنواع البيولوجية الممثلة في البذريات (Thérophytes) أو النباتات الحولية وهي تجتاز الفصل القاسي أو العائق على شكل بذور كامنة.




**شكل 1: الأنواع البيولوجية أو المظهر الحيوي والغطاءات النباتية (Bournérias et *al.*, 2001).**

فالتشكل أو الغطاء النباتي هو وحدة نباتية سهلة الإستعمال لكل مقاييس تنظيم الأنظمة البيئية (Ecosystems) من أصغر محطة إلى المستوى العالمي، حيث تعريف الوحدة الصغيرة هو معلومات قاعدية لمعرفة أنواع أو أهم أنواع الغطاء النباتي بالمجمل.

هذا حسب ما جاء به Meyer et *al.* (2008).

### 3.1.2. النطاقات النباتية (l'étagement de la végétation)

كمثال نأخذ المناطق الألبية حيث نلاحظ من الأسفل إلى الأعلى (شكل 2) ما يلي:

**النطاق التلي (l'étage collinéen)** (400 إلى900م)

تنتشر به النباتات الغابية ممثلة في أشجار البلوط (les chênes) مثل: (*Quercus robur* و *Quercus petraea*) والعديد من الإشجار متساقطة الأوراق (caducifoliés) مثل القيقب ( *Acer pseudoplatanus*) و الدردار ( *Fraxinus excelsior*) , كذلك الزراعة تحتل مكان كبير في هذا النطاق: العنب، القمح، الذرى، الجوز و الأشجار المثمرة.

**النطاق الجبلي (l'étage montagnard)** (900 إلى 1500م)

النباتات هنا تختلف حسب درجة قارية المناخ لكن في كل الحالات نبات البلوط لا يجد الحرارة الضرورية لتطوره (8 إلى 15°م كمعدل سنوي بهذا النطاق), ومنه تتوضع أنواع أخرى كذلك متساقطة الأوراق حيث نجد:

– النطاق الجبلي الرطب أين ينتشر التنوب والزان ( *Alies alba* و *Fucus sylvatica*) مع مستوى عشبي جد متنوع.

– النطاق الجبلي الجاف و تنتشر به أشجار الصنوبر (*Pinus sylvestris*).

كما ينتشر بهذا النطاق كذلك الزراعات الجبلية.

**النطاق تحت الإلبي (l'étage subalpin)** (1500– 2200م)

في هذا الإرتفاع الجليد الربيعي جد متكرر مما لا يسمح بتطور و إنتشار الزان والتنوب, كما أن المنافسة بين الأنواع تقصي الصنوبر فينتشر بهذا النطاق الغابات الراتنجية

(Mélèze(*Larix decidua*), Pin cembro (*Pinus cembro*),Epicéa (*Picea abies*))

فالميثابوليزم النشط باستمرار للنباتات الراتنجية دائمة الخضرة متأقلم بصفة جيدة للفترة القصيرة الملائمة للنبات (5 أشهر) في هذا النطاق.

الأرز (le mélèze) هو واحد من النباتات المخروطية متساقطة الأوراق (coniférophytes caducifoliés) النادرة التي تتجنب الجليد بفقد الأوراق الإبرية, فهو مستوطن للمناطق الألبية المركزية أين يتجمع في السفوح أو المنحدرات الرطبة (versants humides) والمظللة أي السفح المظلل (Ubac), فيعيش في التشكلات النباتية الطلائية (les pionniers) في قمة النطاق تحت الألبي و هو آخر نطاق غابي, أين المتوسط الحراري في شهر جويلية هو 10 °م. عملية التربية والتدجين في هذا النطاق تبقى ممكنة.

**الإنتقال من النطاق تحت الألبي إلى النطاق الألبي يرتبط بالحدود الغابية:** فعند 2200م كإرتفاع الأشجار تصبح ضعيفة النمو (نحيلة) وعوجاء لتختفي نهائيا عند الصعود بمسافة 100م أخرى، هذا القطاع يدعى منطقة معركة الأشجار، فالرياح، الكتلة الثلجية والجليد عوامل تؤدي لتشويه الأغصان, كما أن فترة النشاط القصيرة (4أشهر) لا تسمح أبدا بتطور الأشجار والتي تفقد كفاءتها على التكاثر, كذلك إنبات البذور يكون تحت ضغط المنافسة من طرف النباتات العشبية التي تتطور بسرعة.

كل هذه العوامل تؤدي لعدم قدرة الأشجار على الإنتشار و التطور فيها فوق هذا النطاق (تحت الألبي) أين تنتشر الأحراش.

**النطاق الألبي (l'étage alpin)** (220- 2600م)

بهذا النطاق يغلب على النباتات الطابع العشبي المعمر (Herbacées vivaces) مشكلة أراضي خضراء (pelouse) أو مروج غنية بالنصفيات (*Gentiana kochiana* , *Sesleria coerulea*...) ذات الجهاز الهوائي المتقزم، الأغلبية هي نباتات جبلية (Orophytes) .كما يمكن أن يظهر بهذا النطاق الماشية.

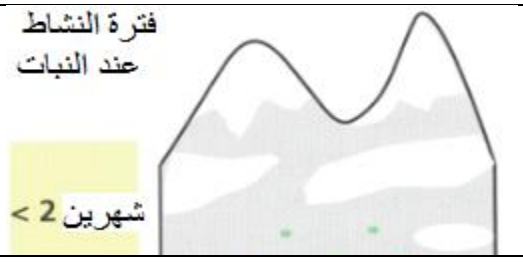
**النطاق الثلجي (l'étage nival)** (أكثر من 2600 م).

أين توجد أقصر دورة حيوية للنباتات (شهرين), غياب التربة وتردد الثلوج بصفة دائمة لا يسمح أبدا بإمتداد أو إتساع النباتات مغطاة البذور (Angiospermes) التي تأخذ شكل وسادة فتقاوم على ركام أو تصدعات الصخور.

فقط الأشنات والخزازيات تعيش على الصخور المتواجدة بالمرتفعات الكبيرة وفي شدة من العوامل الضارة وهذا بقدرتها على الإنبعاث ومثال ذلك الطحالب (نوع *Chlamydomonas nivalis*) التي تستعمر الثلوج الدائمة. نباتات هذا النطاق هي كلها طلائية (pionniens).

إذا نلاحظ أن مفهوم النبات يتأصل تدريجيا مع الارتفاع الذي يعطي فكرة عن كفاءة النباتات على الحياة والبقاء تحت ظروف قاسية أي تأقلمها (2008, Meyer et *al.*).

.

| النطاق | المناخ | | الغطاء النباتي | بيولوجيا |
|---|---|---|---|---|
| الثلجي | ثلوج مستديمة<br>متوسط الحرارة 0°م<br>متوسط T |  | طلائي (طحالب, أشنات وحزازيات)<br>حدود ثنائيات الفلقة ذات الشكل المستند | إنبعاث الأشنات والحزازيات |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | بجويلية 5°م | | تجزأ الأراضي الخضراء | |
| 2600-3000م الألبي | ثلوج محتملة خلال كل الفصول<br>إشراق قوي<br>متوسط الحرارة 2°م<br>متوسط T بجويلية 10°م | | أراضي خضراء مستمرة<br>حدود الأشجار أحراش | نباتات قزمية بإزهار حيوي<br>أعشاب معمرة النصفيات |
| 2000-2400م تحت الألبي | إنخفاض الحرارة ب 0.55°م كل 100م إرتفاع<br>تشميس قوي<br>متوسط الحرارة 5-8°م<br>ضباب متردد | | غابات الأرز و pins cembros مفتوحة<br>غابات التنوب دائمة | جنيبات دائمة<br>أشجار, نباتات شمسية, أرز متساقط الأوراق<br>غابات مظلمة مستديمة بنشاط أيضي مستمر |
| 1500-1800م الجبلي | تساقط هام<br>متوسط الحرارة 8-15°م | | غابات الزان والتنوب, مختلطة<br>غابات الزان نفضية<br>قطع الأشجار وتوضع مزارع حيوانية | أشجار نفضية, بنشاط أيضي فصلي متجنبة الجليد الربيعي |
| 900-1300م التلي | متوسط الحرارة 15°م<br>متوسط T بجويلية 20°م<br>شتاء ساطع | | حقول البلوط, النيريّة, الدردار, القيقب...<br>تواجد لزراعات ريفية | |

**شكل2: النطاقات النباتية في مقابل العوامل المناخية حسب تدرج الإرتفاع (Ozanda, 1982).**

## 2.2. إستراتيجية تأقلم النباتات بالمرتفعات

### 1.2.2. حفظ الحرارة والحماية من الجليد

تتأثر النباتات بحرارة الوسط الذي تعيش فيه (Ectothermes) أين تكون درجة حرارتها قريبة من درجة هذا الأخير،إلا أن هذا التوازن مستحيل لأن الشروط الخارجية تختلف بإستمرار في وقت وجيز وحتى داخل النبات نفسه.

وتقوم النباتات بتغييرات حرارية مع الوسط حسب سياقات مختلفة:

فالنبات يستقبل الحرارة عن طريق:

- الأشعة الشمسية (الفتونات) التي تصل للجزء الهوائي.
- التربة التي توصل الحرارة عن طريق النقل (conduction) .
- الهواء إن كان أكثر سخونة من النبات حيث يحول الحرارة بالحمل الحراري (convection).
- تكاثف(condensation) وتبلور(cristallisation) الماء حيث هي ظواهر ناشرة للحرارة (exergoniques) .

كما يفقد النبات الحرارة عن طريق:

- الإشعاعات (radiations): النبات يبرد بصفة أكبر في ليلة مضيئة بفعل إنبعاث الإشعاعات تحت الحمراء مما قد يؤدي لخطر الجليد.
- النقل والحمل الحراري: إذا كان النبات أكثر سخونة من التربة والهواء المحيط, ويكون فقد الحرارة بالحمل الحراري كبير في حال كانت الأوراق رقيقة، منبسطة ومعرضة للهواء.
- النتح (Transpiration):

تبخر الماء هو متطلب أو ماص للحرارة (Endergonique), النتح يراقب عن طريق الثغور ويثار أوينشط بالرياح, الهواء الجاف و التشميس شريطة أن تكون التربة رطبة.

- ذوبان الجليد كذلك من الظواهر المتطلبة للحرارة.

**و خطر فقد الحرارة ممثل في:**

- تباطؤ الميثابوليزم ونقل المواد بين أعضاء المنبع وأعضاء المخزن.
- تباطؤ النمو.
- إضطراب التوازن المائي للنبات في حالة تشكل الجليد.

**مختلف الإستراتجيات التأقلمية التي تسمح للنباتات بحفظ الحرارة والحماية من الجليد**

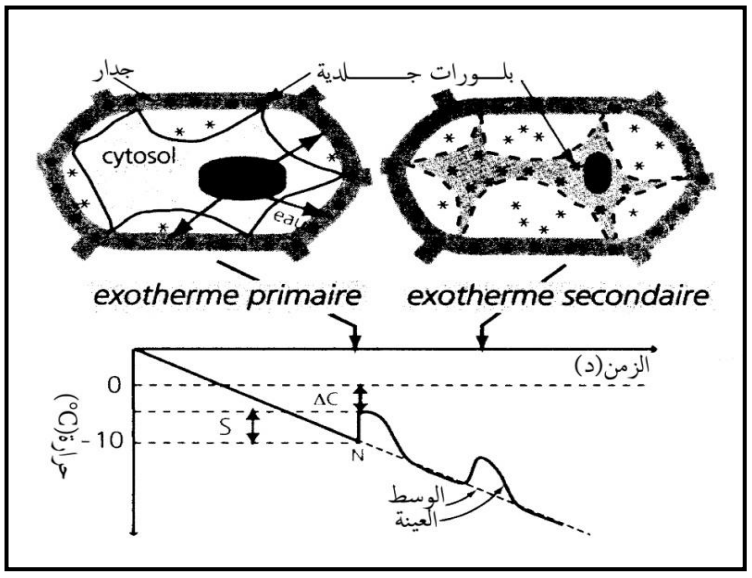
الشكل القزمي للنباتات الألبية سواء كان وسيدة (coussinet) ، وريدة (rosette)، باقة (touffe) أو مستند(espalier) يسمح لها بتعرض قليل لتيارات الرياح واسترجاع حرارة التربة, فشكلها يكسبها بعض الجمود الحراري خاصة لنورانية كبيرة، وفي المقابل هي تفقد بعض الحرارة عن طريق الحمل الحراري و النتح, وعليه درجة حرارتها يمكن أن تتعدى درجة حرارة الوسط بأكثر من 10°م.

المرستيم القمي يطمر تحت سطح التربة ويحمى من الجليد، في مستوى الأنسجة النباتات الألبية تقاوم الجليد بالميوعة تحت درجة الذوبان (surfusion) و بتجميع محاليل ضد التجمد (antigel)، فحرارة الأنسجة يمكن أن تكون سالبة دون تبلور الماء بالسامبلاست (symplaste).

**تفسير عدم تجمد الخلايا تحت الدرجة صفر** (شكل 3)

خلال تبريد الأنسجة الماء السائل يتبلور إلى جليد مما يؤدي لتحرير طاقة ويظهر التفاعل في شكل طرد للحرارة وهو ما يعرف ب exotherme ، في الأنسجة الحية الماء لا يتجمد عند 0°م ولكن عند حوالي −4°م وهذا يرجع لظاهرة الميوعة تحت درجة الذوبان (surfusion), فالمواد المذابة في الماء داخل الأنسجة تخفض نقطة التجمد وهذا برفع الضغط الأسموزي.

إذا زاد التبريد عن حد الميوعة يتجمد ماء الأبوبلاست (apoplaste) ويظهر طرد للحرارة أولي (تجمد خارج خلوي عكسي).



**شكل 3: منحنى نظري لتبريد الأنسجة يظهر مفهوم الميوعة والتأثر بحرارة الوسط الخارجي (Meyer et *al.*, 2008).**

إجتفاف الأبوبلاست بعد التجمد ينتج عنه فقد الماء بالأسموز من طرف السامبلاست مما يمنع التجمد بداخله, وبإزدياد التبريد يتبلور ماء السامبلاست (تبلور داخلي خلوي غير عكسي، طرد حراري ثاني عامة عند حوالي- 12°م), وهنا الخلية تنكمش لدرجة توضع أغشية مختلف الحجرات على بعضها البعض وعلى الغشاء البلازمي، مما يفقدها توازنها بصفة غير عكسية ومنه تموت الخلية.

إذا بعض النباتات تتحمل الجليد بأنظمة تكيف تتمثل في:

- تكوين مضادات التجمد (تجميع بروتينات، تجميع سكريات)

- تجمد خارج خلوي بتخفيف تطوري للسامبلاست

- تغيير التركيبة الليبيدية للأغشية: فتصبح أكثر ميوعة لغناها بالفوسفولبيدات ذات الأحماض الدهنية غير المشبعة

- حث العديد من الجينات على حماية الخلية ووظائفها (مثلا حمض الأبسيسيك الذي يحث بعض الجينات المسؤولة على مقاومة الجليد).

إضافة لذلك بعض النباتات تكسى بشعيرات كثيفة أو بما يعرف بالمعطف الخلوي و التي تعمل على الحد من المبادلات الحرارية (نبات – وسط) ومنه تدفئة النبات, كما تعمل كذلك على الحد من المبادلات الضوئية والمائية.

بشكل متناقض النباتات الألبية تخشى ظواهر الصيف (الحرارة) أكثر مما تخشى ظواهر البرودة, وهذا بفعل شكلها الذي يعمل على حفظ الحرارة, فدرجة حرارة أوراق قد تصل إلى 40°م في مقابل هواء محيط درجته 15°م.

غالبا 50% من النباتات الألبية يمكنها العيش تحت هذه الشروط, أين تظهر بأوراق شقراء منخورة بفعل التسخين العالي لبضع ساعات, فإذا كان الشكل القائم (port dressé) لا يسمح بالعودة لحرارة متوسطة تحافظ على النشاط الأيضي, فإن الشكل المائل (Port prostré) يدخل في خطر السخونة.

### 2.2.2. التغذية عند درجات الحرارة المنخفضة

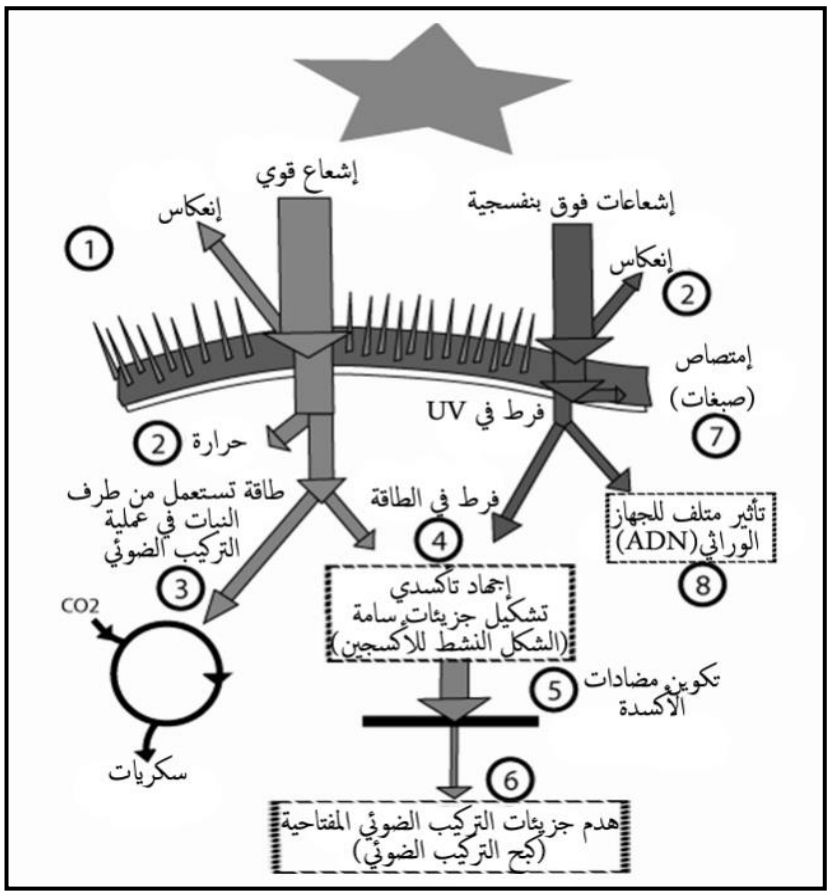
**– تغدية النباتات بالمرتفعات الألبية والمناطق الباردة القريبة من القطبين**

درجة الحرارة المثلى لعملية التركيب الضوئي للنباتات بهذه المناطق هي 10°م وبالنسبة للأشنات في النطاق الثلجي هي 5°م مقابل 20°م لنباتات الأراضي المسطحة، وتتوقف عملية التركيب الضوئي بالنطاق الألبي أو بالنباتات المنتشرة به عند – 8°م ، كما أن الميثابوليزم أو الأيض الكاربوني نشط تحت الثلج بوجود إنتقال للضوء عبره.

الحد الأمثل للتنفس غير معروف لكنه ينقص بزيادة البرد مع ملاحظة تركيز عالي للميتوكوندري في الخلايا يمكن أن يعوض هذا الإنخفاض.

النباتات الألبية نادرا ما تعاني من ضغوطات نقص المياه فلا تظهر خصائص لها علاقة بفقد الماء، كما أن الثغور تتوضع على الجهة العليا للأوراق عكس نباتات الأراضي المسطحة وهذا يرتبط بإفتقار الغلاف الجوي من $Co_2$ بزيادة الإرتفاع.

الثغور تفتح لحدها الأقصى في الساعات الأكثر نورا (من الساعة 12إلى الساعة 15)عكس نباتات الأرضي المسطحة أين فتح الثغور يكون أقصاه صباحا ومختزل في منتصف النهار, إذا النباتات الألبية ونباتات المناطق الباردة بصفة عامة تقوم بالمبادلات الغازية عند إرتفاع حرارة الهواء و التربة إلى الحد الأقصى بفعل الإشاعات القوية, كما أن النبات و بالتزامن يحمي نفسه من التهيج الضوئي الكثيف بصبغات ومضادات الأكسدة ( صبغات مرافقة والأنثوسيانينات ) (شكل 4).




**شكل 4: مضادات الأكسدة في مواجهة الإشعاعات القوية بالمرتفعات (Serge, 2012).**

**- النباتات تنشأ مربى خاص (Microterrarium)**

الشكل المتميز للنباتات الألبية يساعدها على الجمود الحراري من جهة و جذب الأوراق الميتة إلى سوقها من جهة أخرى, فيسمح لها بحفظ الحرارة والفرش (litière). مثلا الشكل الوسيدي يكسب النباتات هواء رطب لغياب الإحتكاك بالرياح مع الإحتفاظ بالفرش وحرارة مرتفعة نسبيا, ومنه الحيوانات و الكائنات الدقيقة المحللة تجد في هذا الوسط الشروط الملائمة لتطورها, ومنه النبات إستحدث مربى خاص به أين عمل على تشييد تربته ونه إمتصاص المغذيات.

كذلك هذه النباتات تعيد تدوير المواد و العناصر المغذية مثل البوتاسيوم، الآزوت، الفوسفور...من خلال الأنسجة المسنة لأجل العودة للأنسجة الفتية.

تغذية النباتات الألبية القزمية فعاله عنها بالنسبة للنباتات كبيرة الحجم بالمناطق المسطحة, فالتقزم لا يظهر أنه أحدث بفعل عوامل مناخية غير ملائمة بل هو مخطط إنشائي خاص منتخب من طرف الوسط الألبي.

### 3.2.2. البقاء (la pérennité) بالمرتفعات

النباتات الألبية لها وقت قصير للتكاثر لأن الفترة الملائمة لتطور النبات قصيرة، فالإزهار يرتكز في 3 أشهر، حيث تزهر النباتات إرغاما في فصل الصيف أين تظهر العديد من الإستراتيجيات للتكاثر:

– **التكاثر الجنسي:** دورة التكاثر الجنسي تكون متباعدة (كل 5 إلى 10سنوات) فهو جد مكلف للطاقة, البذور تنضج صيفا متبعة الإزهار، أما عن الكفاءة فعامة 50% من البويضات تتحول إلى بذور.

كما أن التعمير الكبير للنباتات العشبية (30إلى 100سنة) يعوض بطئ الدورة (دورة التكاثر الجنسي).

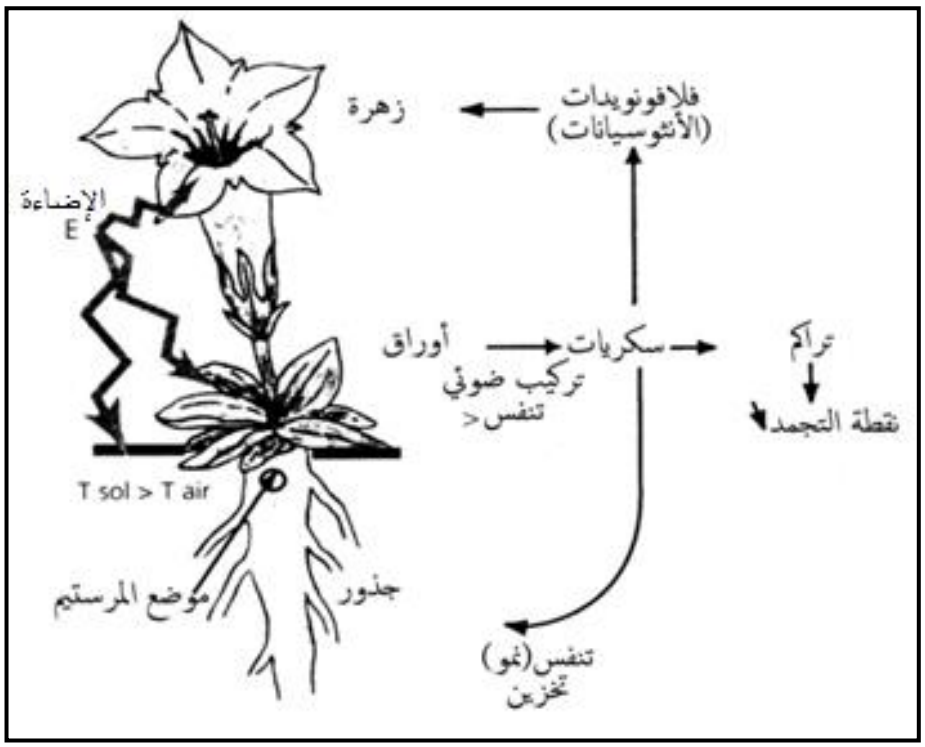
– **التكاثر الخضري (Apomixie):** يؤمن سرعة تكاثر الفرد وأقل تكلفة للطاقة فهو عامل مفتاحي لبقاء النوع في المرتفعات الشاهقة، التكاثر بالعقل أو الترقيد يحفز عن طريق الوضع المائل بتشكيل ريزومات أو سوق جارية، كما يتم التكاثر الخضري من خلال الأزهار عند العائلة الكلئية و النجمية, البراعم الخضرية حيث تتشكل عوض الأزهار و بمجرد سقوطها على الأرض تعطي نبات جديد (La viviparité). بالنسبة للحزازيات و الأشنات بالطابق الثلجي ضمان بقاء النوع يتم أساسا بفضل التكاثر.

**ملاحظة:** إذا كان تعمير النباتات الألبية كبير فهو لا يعني أنها غير ضعيفة فهي بفعل شكل نموها غير متأقلمة مع الرعي، الوطئ والدوس.

**خلاصة :** الجبال هي وسيلة إنتخابية للوسط على النبات، كلما كان الإرتفاع أكبر كان الضغط أقوى والنبات أقصر وتأقلمه معرّف.

### 4.2.2. أمثلة عن نباتات تنتشر بالمناخ الألبي

كمثال نلاحظ نبات *Gentiana kochiana* من عائلة Gentianacées وهو يعيش بالأراضي الخضراء أو المروج (les pelouses) للنطاق الألبي (شكل 5), نلاحظ أن جهازه الخضري قزمي في شكل وريدة (Rosette) بأوراق ملامسة أو متوضعة على سطح التربة والتي تحيط ببرعم يتوضع على عمق سنتيمتر واحد أو إثنان تحت سطح التربة وبذلك فهو محمي ضد الجليد, هذا النبات هو من نوع النصفيات، جهازه الجذري أكبر حجما من الجهاز الهوائي، الزهرة أكبر حجما من الأوراق بتويج أزرق أنبوبي الشكل وبلون أسود للداخل، الثمار علبة (capsule).




**شكل 5: بعض أشكال التأقلم عند نبات Gentiane de Koch بالنطاق الألبي (Bournérias et Bock, 2006).**

عدم التناسب والإختلاف في الحجم بالنسبة للجهاز الخضري الهوائي والترابي عبارة عن تأقلم ميكانيكي وفزيولوجي لقساوة الوسط، فالجهاز تحت الأرضي القوي يسمح بتثبيت جيد للنبات المقاوم لحركة التربة الناتجة عن التجمد والتميه.

الأوراق على شكل وريدة تتأثر بصفة قليلة بتيارات الرياح وتسترجع الحرارة والرطوبة من التربة، كما تتحمل وزن الثلج دون أن تتكسر.

الإشعاعات الشمسية القوية في النهار تنشط عملية التركيب الضوئي، لكن في الليل البرد يبطئ من إستهلاك السكريات بالتنفس وهذا يحد من نمو الجهاز الهوائي وبالتزامن حرارة التربة تنشط نمو الجهاز تحت الأرضي.

السكريات المكوّنة في مستوى الأوراق لها عدة إستعمالات :

- جزء يحول نهارا إلى الجذور
- جزء يراكم في نفس مكان التكوين مما يخفض نقطة تجمد الأوراق

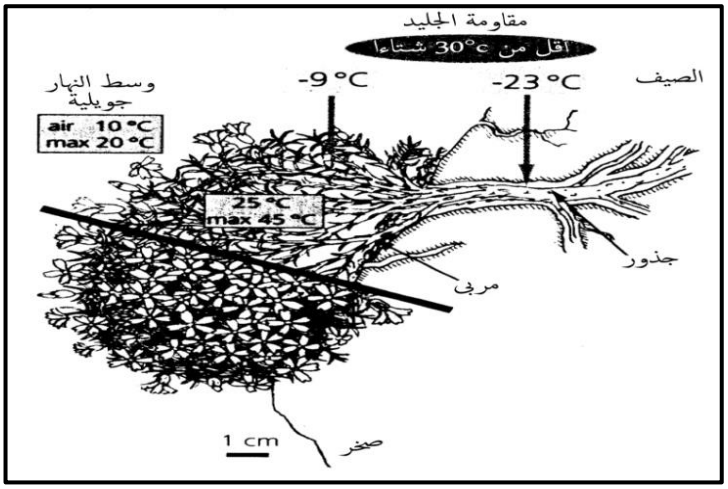
– جزء يستعمل في تركيب جزيئات الميثابوليزم الثانوي مثل الأنثوسيانينات (les Anthocyanes) التي تلون التويج، فالبرد والتشميس العالي ينشطان أنزيم la phénylalamine amoia–lyase (PAL) الذي يحفز تركيبها.

شكل ولون التويج يسمح بتوفير الحرارة المناسبة لتطور أعضاء التكاثر, الأنثوسينينات تحمي الأعضاء ذات الإنقسامات الخلوية اللنشطة (يتم فيها الميوز) من الأشعة فوق البنفسجية وبالتالي حمايتها من الطفرات.

البرعم الزهري يحضر على الأقل سنة قبل الدخول في الازهار ويقضي الشتاء تحت الثلج، مما يسمح بتكوين طاقة كبيرة تخصص للتزهير.

بعد الإخصاب عدد البذور المشكلة يختلف حسب منابع الوسط والزمن المتبقى قبل دخول الثلوج الشتوية الجديدة.

كذلك مثال آخر, فلو نلاحظ نبات *Silene acaulis* من عائلة Dianthacées (شكل 6) على إرتفاع 2200 م في مناطق الألب, له شكل كروى أملس نسبيا، درجة حرارة الهواء الذي يحيط به منتصف النهار هي 10°م مع رياح قوية، لكن في قلب النبات درجة الحرارة هي 25°م, الهواء هادئ وتقريبا مشبع بالرطوبة، بالنسبة للتربة درجة الحرارة كذلك مرتفعة. فالنبات بشكله المستند وكثافة أوراقه يعمل مصيدة للحرارة.




**شكل 6: السلوك الحراري لنبات Silène acaule على إرتفاع 2200 م (korner, 1999).**

الجزء السفلي يظهر الشكل المرفولوجي الخارجي للنبات.

الجزء العلوي يظهر مقطع طولي بالنبات.

هذا حسب (Meyer et *al.*, 2008).

**ملخص**

العوائق المطبقة على النبات بالمرتفعات و المناطق القريبة من القطب هي ممثلة أساسا في البرودة, الجليد المحتمل طوال السنة و قصر الفترة الملائمة للنشاط.

فتنتشر النباتات القزمية المستندة على التربة حيث تأخذ شكل باقة, وريدة, وسيدة أو شكل مسند.

وتتأقلم النباتات بهذه المناطق حسب الآليات التالية:

- مصيدة للحرارة الرطوبة و الفرش ← مربى خاص
- الميوعة و مضادات التجمد ← مقاومة الأنسجة للجليد
- عملية التركيب الضوئي مثلى عند درجات الحرارة المنخفضة ← تغذية نشطة رغم درجات الحرارة المنخفضة
- تدوير المغذيات
- تعمير طويل
- دورة حياة تمتد عدة أعوام ← ضمان البقاء رغم فترة الصيف القصيرة
- تكاثر خضري هام

(Meyer et *al.*, 2008).

**3- تأقلم النباتات بأوساط جد ضاغطة أوجد عائقة**

تظهر النباتات في المناطق القاحلة الساخنة أو الباردة في شكل متناثر أو مبعثر, فالمشهد الطبيعي يتسم بالجماد ويتضح ذلك في المناطق الجافة, والتي تتوضع أساسا بين خطي عرض 15 و30° .

القاعدة هنا هي الجفاف (sécheresse) والشذوذ هو الأمطار حيث معدل التساقط لا يتعدى 250ملم سنويا.

التربة جافة عدة أشهر بمعامل مائي (potentiel hydrique) يقرب -9 Mpa مما يؤدي لتجفيف (déshydratation) النبات ، كما أن التربة الجافة لا تحفز التغذية المعدنية بالجذور الفطرية (mycorhizes)، في النهار حرارة سطح الأرض تقارب 70إلى80°م مما يؤدي لخطر سخونة الجذور السطحية.

الإشعاعات القوية نهارا و الرياح الجافة تؤدي إلى إرتفاع معدل التبخر النتحي (évapotranspiration) مما يؤدي لتجفيف النبات أثناء قيامه بعملية التركيب الضوئي.

إضافة لذلك إمكانية ظهور فترات جليدية أثناء الشتاء وبالتالي النبات لا يتعرض فقط للسخونة.

بالرغم من هذه العوائق (التي ممكن أن تدوم 95% من طول السنة ) فإن بعض النباتات تتوضع وتنتشر في هذه المناطق وتتمثل في:

النباتات الجفافية (xérophytes) وهي نوعان:

- نباتات جفافية غضة (العصاريات) (Malacophytes)
- نباتات جفافية حقيقية (Sclérophytes)

تقسم النباتات وفقا لكمية الماء ورطوبة الوسط الذي تعيش فيه إلى أربعة أقسام:

- الجفافيات (Xérophytes) و هي نباتات قادرة على الإنتشار و التوضع في وسط يمتاز بالجفاف طوال السنة وهي قسمان: جفافيات حقيقية و عصاريات.
- الوسطيات (Mésophytes) و هي نباتات قادرة على الإنتشار في وسط يفتقد للماء خلال فترة معينة فقط (فصل معين).
- الرطوبيات (Hygrophytes) و هي نباتات تعيش في أوساط دائمة و عالية الرطوبة (الجوية والأرضية).
- المائيات (Hydrpphytes) و هي نباتات تعيش في الماء.

و الجفافيات لا تذبل حتى بفقد 25% من محتواها المائي عكس الوسطيات التي تذبل بفقد نسبة ضئيلة من الماء ، وتنتشر النباتات الجفافية في جميع المواطن الجافة و نجدها بشكل نوعي بالكثبان الرملية ومناطق البحر الأبيض المتوسط.

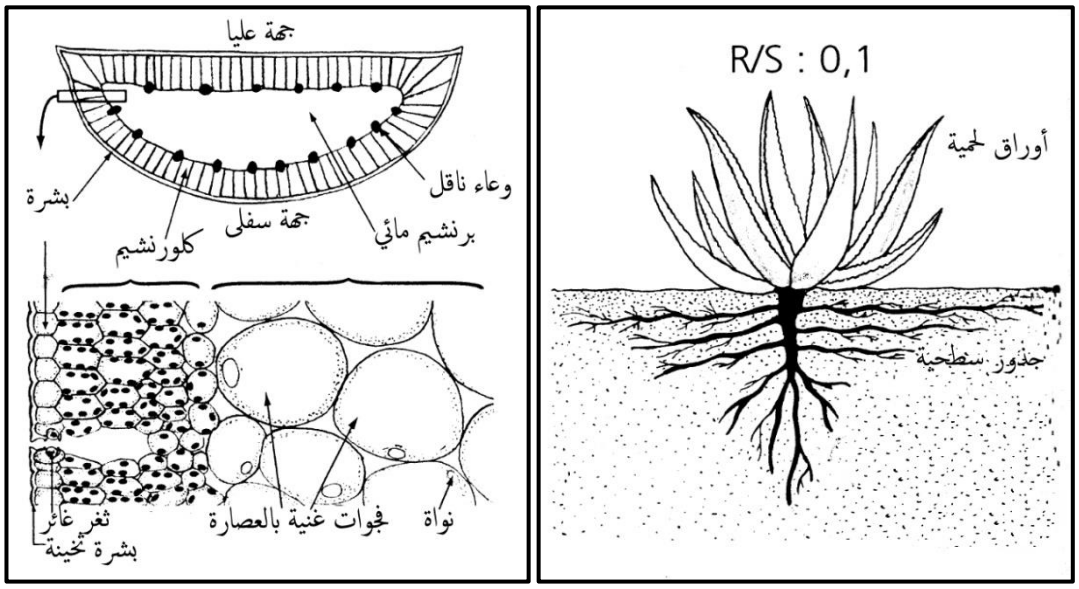
### 1.3. إستراتيجية المقاومة, النباتات العصارية (les Malacophytes)

#### 1.1.3. الإنتشار والبيولوجيا

تنتشر النباتات العصارية بالمناطق القاحلة بإفريقيا وأمريكا الجنوبية, ذات سوق مورقة عامة, لحمية, تخزن محاليل بشكل عصارة و هي تعرف بالنباتات الدهنية (grasses)، العصارية (succulentes) أو (grassulescentes) ومنها الصباريات (les cactus) ومثالها الفربيون, الأغاف و التين الشوكي.

تعمل على تخزين الماء في البرنشيم المائي (parenchyme aquifer) بخلايا غنية بمزيج صمغي (Mucilage) لها قدرة كبيرة على التبليل، كما أنّ هذه النباتات عكس النباتات الجفافية لها جهد مائي قليل الإنخفاض (−Mpa0.4), الجذور عرضية، عصارية أو غير عصارية حسب النوع.

كما تمتاز النباتات العصارية بعائد $\frac{R}{S}$ أي $\frac{\text{الكتلة الجافة للجهاز الجذري}}{\text{الكتلة الجافة للجهاز الهوائي}}$ جد ضعيف ومنه الجهاز الهوائي ضخم (ثقيل)، كما أن العائد $\frac{S}{V}$ ($\frac{\text{المساحة}}{\text{الحجم}}$) ضعيف هو الآخر (أقل بـ 300 مرة عن النباتات الوسطية) إذا جمود حراري كبير ومساحة نتح صغيرة. (الشكلين 7 و 8).




**شكل7: مرفولوجيا نبات الأغاف ( نبات عصاري ). شكل8: تشريح لورقة نبات عصاري *Aloë sp.***

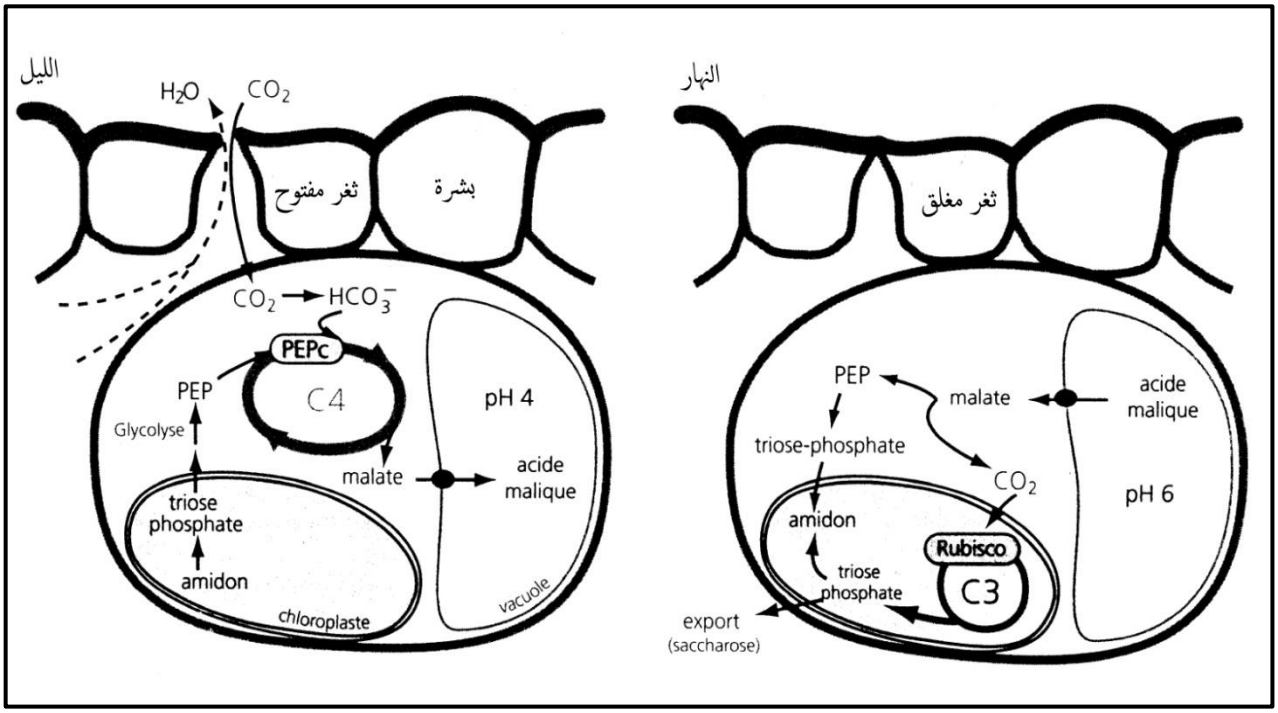
**(Meyer et *al.*, 2008)**

### 2.1.3. التركيب الضوئي نوع CAM (أيض الحمض الكراشيولي) (Crassulacean Acid Metabolisme)

بهدف الحد من فقد الماء بظاهرة النتح تلجئ النباتات العصارية إلى هذا النوع من التركيب الضوئي حيث نلاحظ الآتي:

السوق والأوراق الجد سميكة تظهر على كل محيطها برنشيم يخضوري (parenchyme chlorophyllien) هو الكلورنشيم (chlorenchyme) الذي يحمى ببشرة (épiderme) ذات أدمة سميكة

(جد مشمعة (cutinisé)) وثغور بتواتر فتح خاص عكس باقي النباتات فهي تفتح بالليل وتغلق بالنهار ومنه عملية التركيب الضوئي تتم في زمنين منفصلين (شكل 9).




**شكل 9: التركيب الضوئي نوع CAM (أيض الحمض الكراشيولي) (Meyer et *al.*, 2008).**

خلال الليل فتح الثغور يسمح بدخول$co_2$ أين يدمج بدورة $c_4$ لتشكيل المالات (الشكل الأيوني لحمض الماليك Acide Malique ) والذي يخزن في الفجوة تحت شكل حمض الماليك بهدف خفضPH .

خلال النهار يخرج حمض الماليك من الفجوة مع رفعPH الخاص به (حمض الماليك هو منبع داخلي لـ $co_2$ ) تحدث له عملية نزع $co_2$ الذي يحرر ويدخل في الصانعات الخضراء ، أين يدمج في دورة $c_3$ مع السكريات بإستعمالATP وNADPH المشكلة في الضوء (نهارا).

ثاني أكسيد الكربون المحرر, لا يستطيع الخروج من الورقة لأن الثغور مغلقة نهارا وبالتالي إرتفاع تركيزه بالتجاور مع Rubisco يلغي التنفس الضوئي (photorespiration) ويحفز دمجه.

الفصل الزمني لتفاعلات التركيب الضوئي يتم بفضل تنظيم عمل الإنزيمين المسؤولين عن دمج $Co_2$ فنشاط $PEP_c$ يرتبط بالتواتر الداخلي للمواد المتأينة, و هو يكبح من طرف المالات, مما يجنب دورة $c_4$ غير النافعة. نشاط Rubisco يرتبط بالضوء فهو غير نشط في الظلام إذا لا يدخل في منافسة مع $PEP_c$.

ومنه ميثابوليزم CAM يسمح بالحد من فقد الماء بالتنفس لأن الثغور تفتح ليلا أين فرق الرطوبة بين الهواء والورقة ضئيل مقارنة بالنهار.

ترجع القدرة على دمج $Co_2$ ليلا إلى عصارة النسيج الكلورنشيمي، أي قدرة الفجوات على التخزين.

ضوء النهار يستعمل لتنشيط التدوير الداخلي لـ $Co_2$ المحرر من التنفس.

عند الجفاف الحاد الثغور تغلق حتى في الليل حيث الميثابوليزم يبقى نشط لكن نمو النبات ضعيف جدا أو منعدم وذلك لعدم وجود كسب للكربون.

### 3.1.3. الإمتصاص

عند تساقط المطر ماء التربة والمواد المغذية تمتص بوفرة من طرف الجذور العرضية للنبات، كما أن ظهور جذور مطرية (Rain–roots) يضاعف سرعة الإمتصاص على الأقل يومين (يحفز نمو الجذور المطرية بفعل الأمطار المتساقطة أي الرطوبة و هي خيوط رقيقة تنشأ من مرستيمات جذرية و تموت مباشرة بعد العودة للجفاف).

حسب رطوبة التربة الجذور تحدث مقاومة كبيرة أو صغيرة لمرور الماء، الآليات غير معروفة جيدا حيث لوحظ أن الماء لا ينتقل من الجذور إلى التربة في فترة الجفاف, رغم أن الجهد المائي للتربة يكون جد سالب مقارنة بالجهد المائي للنبات, فالجذور تقاوم خروج الماء.

الماء الممتص عند سقوط الأمطار هو أكبر بكثير من متطلبات النبات الآنية لعملية التركيب الضوئي ويخزّن بالبرنشيم المائي, فنقول أن الجهاز الهوائي للنبات هو بمثابة خزان ماء.

مثلا صبار طوله 15م يمكن أن يزن 10طن ويحوي 80% ماء، هذا المخزون يسمح للنبات بالتواجد في فترة الجفاف التي قد تدوم شهور.

أين أيض الحمض الكراشيولي يسمح بإستعمال مقتصد للماء المخزن, و النسج الواقية بطبقتها الشمعية تمنع تبخر هذا الأخير.

### 4.1.3. تحمل العصاريات للحرارة المرتفعة بالمناطق الجرداء

تتحمل النباتات العصارية و مثالها الآغاف درجات الحرارة المرتفعة حتى 50°م و ذلك بفضل الأشواك التي تعمل على عكس الأشعة الضوئية، كذلك هذه النباتات تركب ما يعرف ببروتينات الفجأة الحرارية ( Heat

(shock protein (HSP) التي تعمل على تثبيث توازن الكروماتين والأغشية مما يسمح بتجنيب تشويه البروتينات بفعل الحرارة.

### 5.1.3. الدورة التطورية مقابل المناخ (Phénologie)

نمو العصاريات بالمناطق القاحلة جد بطيئ فهو بمعدل 4سم في السنة وهذا يرتبط بقلة فعالية ميثابوليزم CAM و بالمقابل هذه النباتات جد معمرة فمثلا النوع *Cereus giganteus* يستطيع العيش قرنين من الزمن. دورة الحياة والشكل الظاهري لهما علاقة مباشرة بتيسر الماء.

ظواهر الإزهار, إنبات حبوب الطلع والإخصاب تكون بالليل ،الأزهار بلون أبيض والتلقيح يتم بفضل فراشات ليلية هي الأخرى, العصاريات تنتمي لمجموعة mesembryanthemum فهي تشكل ثمار كبسولة رطبة متفتحة (capsules hygrochastiqnes), أين تتفتح عند سقوط المطر مسهلة بذلك إنتشار البذور.

التكاثر الخصري هام بالتعقيل و بالبراعم الخضرية المشكلة مكان البراعم الزهرية, و بالبراعم العرضية في مستوى الأوراق.

إذا حياة العصاريات تخضع للأمطار في فترات معينة فإسترا تجيتها هي مقاومة فترة الجفاف.

### 6.1.3. آليات دفاع النباتات العصارية ضد آكلات العشب

النباتات العصارية هي منبع للماء بالنسبة لآكلات العشب فتقوم بإستراتجيات معينة للحد من إستهلاكها, و هي ممثلة فيما يلي:

**دفاعات فيزيائية:** أشواك تحد من هجوم آكلات الأعشاب (عند Catacées الأشواك هي أوراق متحورة و عند Euphorbiacées الأشواك هي معاليق متحورة )

**دفاعات كيميائية:** بفضل القلويدات (بالنسبة لـ Cactacées) والعصارة اللبنية ( بالنسبة لـ Euphorbiacées) وهي مواد سامة لأكلات العشب بصفة تخصصية.

**التمويه (Homochromie):** مثلا النباتات النامية بالوسط الصخري بالأراضي الجرداء الصخرية تكون مطمورة في التربة فتظهر فقط قمة ورقتان عصاريتان إثنتان مع سطح التربة, أين لونها يتوافق مع لون الصخور و سطحهما يظهر جزر لأنسجة تسوق الضوء إلى الأنسجة المطورة المتخصصة في عملية التركيب

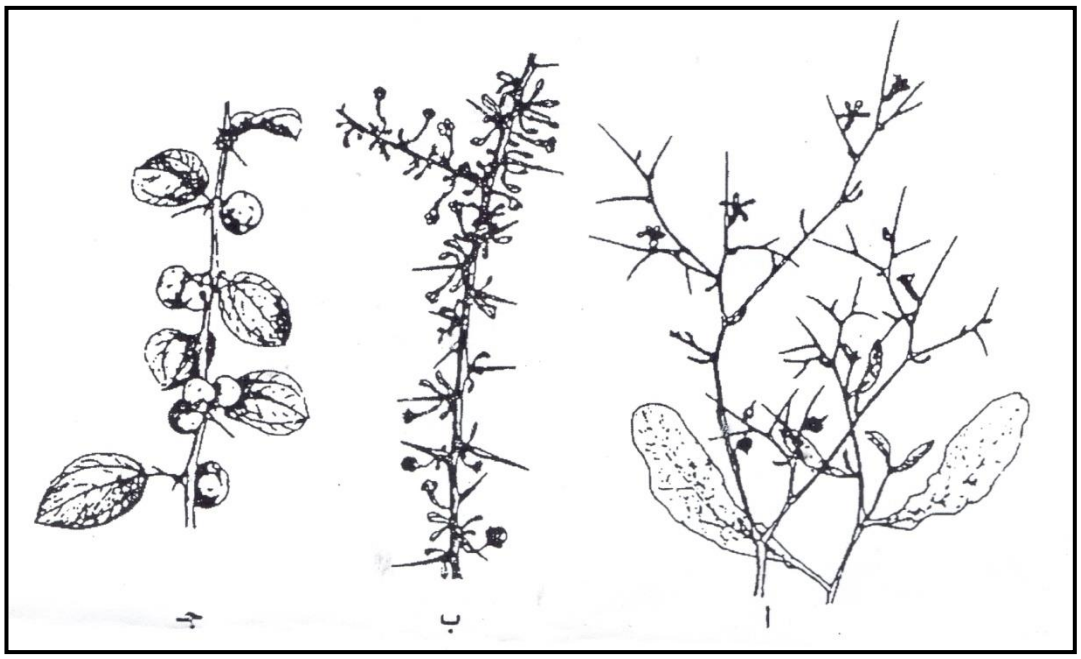
الضوئي ، الأزهار ذات مبيض سفلي حيث يبقى محمي بالقواعد الورقية, إذا الثمرة فيما بعد تكون أقل عرضة لآكلات العشب, إذا النبات يختفي ويقوم بتمويه آكل العشب.

هذا حسب ما جاء به Meyer et *al.* (2008).

### 2.3. إستراتيجية التحمل, النباتات الجفافية الحقيقية (Sclérophytes)

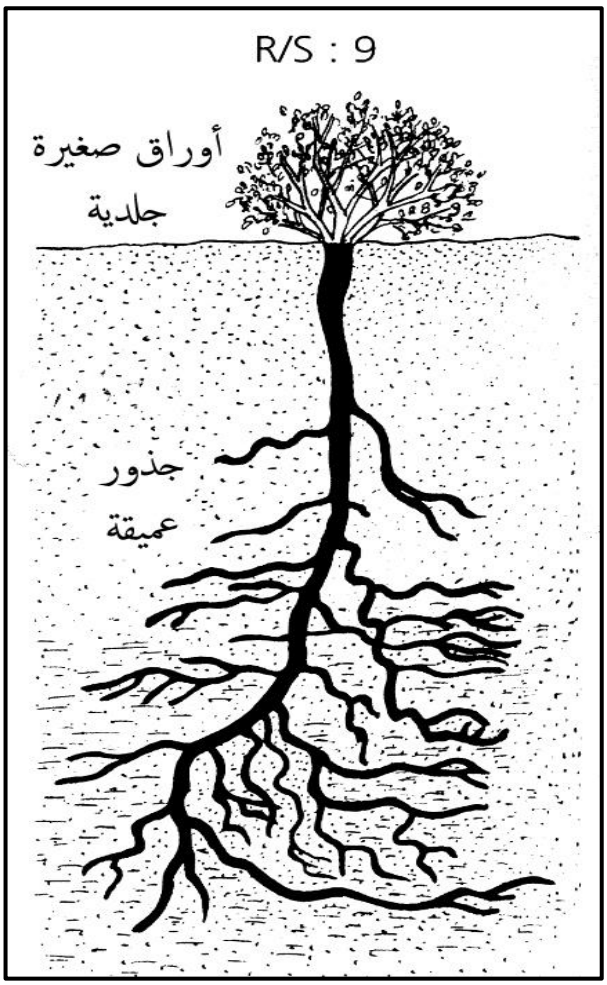
#### 1.2.3. الإنتشار والبيولوجيا

النباتات النوعية بالأراضي القاحلة الجد عائقة ومناطق البحر المتوسط هي شجيرات متيبسة (Arbustes coriaces), غالبا شائكة (épineux) تعرف بالنباتات الجفافية الحقيقية (sclérophytes)، بأعضاء هوائية جد متخشبة تحوي نسبة كبيرة من السكليرنشيم (هذا الشكل المورفولوجي هو كذلك تأقلم لقصور التربة من المواد المغذية وهو ما يظهر بأحراش الخلنج مثلا) (شكل 10)




**شكل 10: الشكل الظاهري لبعض النباتات الصحراوية (البازيونس وآخرون, 2008).**

إستراتيجية هذه النباتات في مواجهة عوائق الوسط هي امتصاص الماء بفعالية وذلك بنظام جذري هام مع اختزال أو خفض التنفس عن طريق الجهاز الهوائي (شكل11).




**شكل 11: مرفولوجيا نبات شجيري ينتمي للجفافيات الحقيقية (Meyer et *al.*, 2008).**

فهذه النباتات تظهر معدل $\frac{R}{S}$ جد هام (حوالي 9 بالنسبة للجنيبات (Arbrisseaux))، و جهاز هوائي ذو معدل $\frac{S}{V}$ ضعيف، فتعتمد شكل كروي أين تحمل أوراق جد مختزلة.

وعلى عكس العصاريات فالنباتات الجفافية الحقيقية لا تخزّن الماء، جهدها المائي جد سالب ($-2\ Mp_a$) وذلك يرتبط بأهمية محتوى الفجوة من الأملاح.

### 2.2.3. الجهاز الجذري و الإمتصاص

الجفافيات الحقيقية تحوي بشكل نوعي جذور وتدية طويلة تنقل الماء الجوفي (يصل طولها أحيانا إلى – 50م) وجذور عرضية سطحية تلتقط مياه الأمطار المصادفة أو ماء التكثيف الصباحي، كما أنها تكوّن كذلك مثل العصاريات جذور مطرية كرد فعل لزخات المطر.

الجهد المائي للنباتات الجفافية الحقيقية جد سالب مقارنة بالجهد المائي للتربة مما يسمح بإمتصاص الماء.

### 3.3.3. إختزال فقد الماء بفعل التنفس

**إختزال المساحة الورقية**

بعض النباتات الخشبية تفقد أوراقها غير الجلدية في الفترة الجافة وتعاود تشكيلها في كل فترة ممطرة, فمثلا النبات الشجري *Fouquieria splendens* يجدد أوراقه 3 إلى4 مرات في العام وهذا حسب التساقط، وفي غياب الأوراق السوق الخضراء تؤمن عملية التركيب الضوئي.

أنواع نباتية أخرى متخشبة دائمة الأوراق، أوراقها صغيرة جلدية وأحيانا تختزل إلى حراشف.

نباتات عشبية متيبسة أوراقها تلتوي في الفترة الجافة, مما يختزل المساحة المعرضة للأشعة الشمسية والرياح الجافة, و مثال ذلك العائلة الكلئية (النجيلية سابقا).

**ملاحظة:** النباتات الجفافية الحقيقية تنتمي لها العديد من النباتات مغطاة البذور (Ericacées, Astéracées) كما أن العديد من النباتات معراة البذور تظهر صفات النباتات الجفافية الحقيقية في مستوى أوراقها التي تكون إبرية مع ثغور غائرة أو حراشف أو أوراق جلدية حادة.

**تشميع (imperméabilisant) الأعضاء الهوائية ووضع الثغور عكس إتجاه الرياح الجافة**

نأخذ كمثال نبات *Ammophila arenaria* حيث أنسجة وحركية أوراقه تختزل التنفس (الشكل 12) وهذا حسب الآليات التالية:

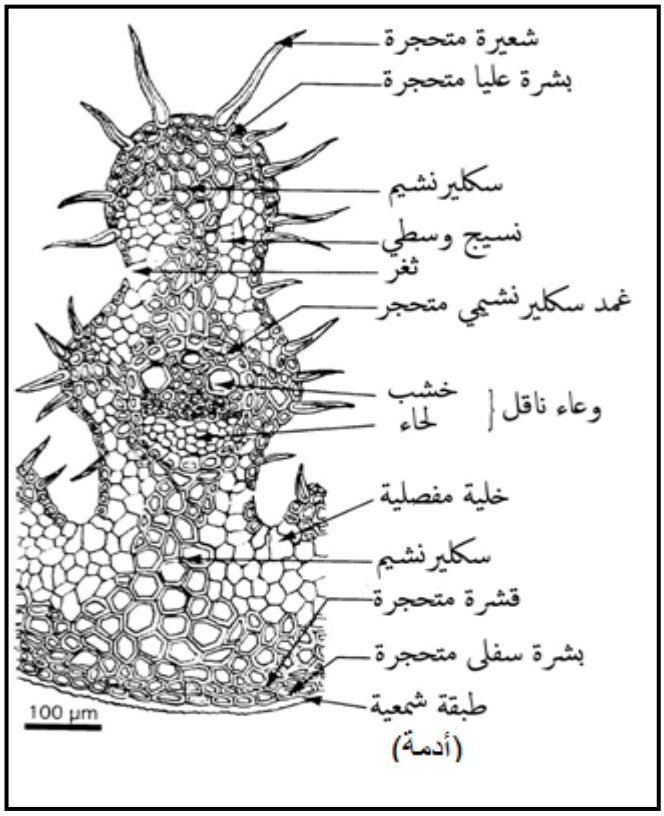
– بشرة سفلية جد شمعية أي ذات أدمة سميكة.

– سكليرنشيم جد سميك بخلايا ذات قطر صغير (و هو نسيج ميت، متشمع، صلب بفضل اللجنين) مما يؤدي لحاجز تشميعي ضد التبخر كما يحمي من قذف حبوب الرمل بالرياح.

– الجهة الخارجية للورقة متموجة ذات أعراف، كل عرف يحمل شعيرات (trichomes) تعمل على عكس الضوء إذا الحرارة, كما تعمل كذلك على تبطيء حركة الرياح على مساحة الورقة.

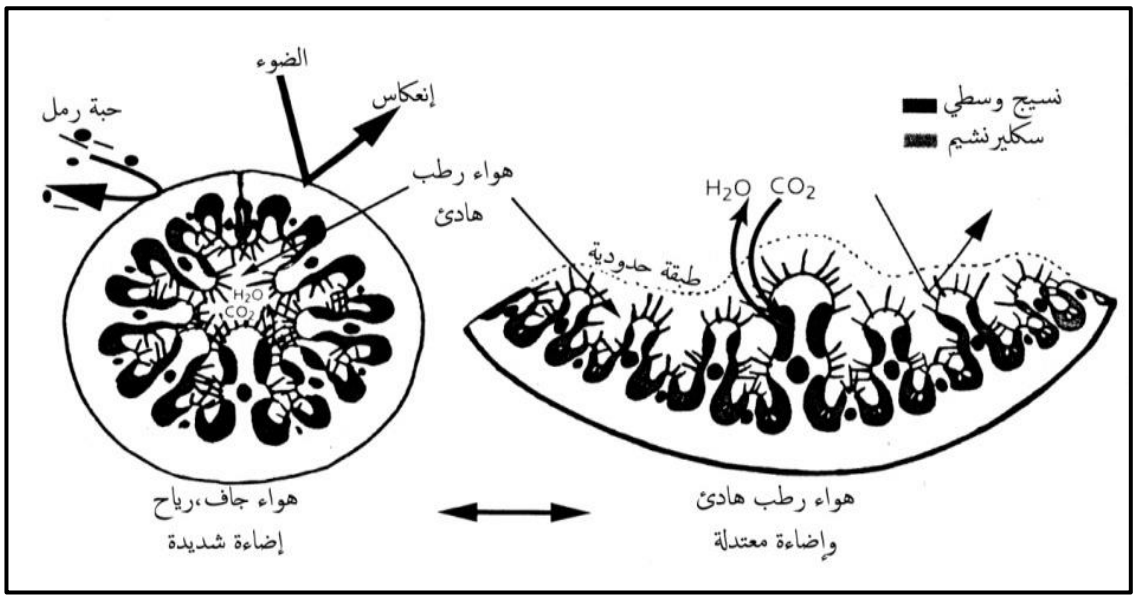
– الثغور تتوضع على الجهة الجانبية للأعراف أين تكون أقل عرضة للرياح.

– تحوي البشرة في مستوى الأخاديد خلايا مفصلية (buliformes) بفجوة كثيفة، إنتباجها يسمح ببسط الورقة وتجفيفها يؤدي للولبة الورقة ومنه وضع الثغور في مكان جد معزول عن هواء الوسط السائد (شكل 13), فالتلولب يسمح بالحفاظ على غلاف حيوي رطب ويخفض التنفس دون التعرض أو الحد من عملية التركيب الضوئي.




**شكل 12: التشريح بورقة نبات ينتمي للجفافيات الحقيقية (Meyer et *al.*, 2008).**

عامة عند النباتات الجفافية الحقيقية المساحة التمثيلية صغيرة جدّا، تلتقط جزء صغير من الضوء الساقط وعملية التركيب الضوئي تبقى معتدلة مقارنة بالنباتات الوسطية, وبالمقابل التركيب الضوئي مثالي عند جهد مائي يقدر بـ – 3Mpa أين يكون منعدم عند الوسطيات و نباتات CAM.

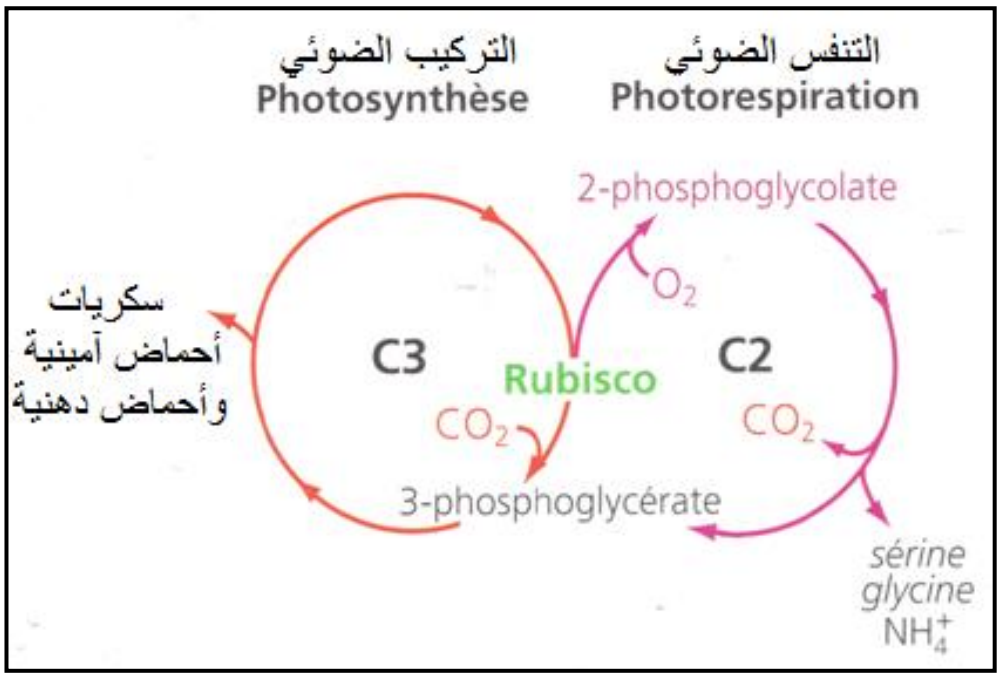



**شكل 13: تشريح وظيفي بورقة نبات Oyat (Meyer et *al.*, 2008).**

الثغور تبقى مفتوحة حتى لو كان الهواء جاف والنبات يتنفس مطولا والذي يعوض فقد الماء في هذه الحالة هو التغذية المتواصلة من طرف الجذور المتصلة بالمياه الجوفية, النتح يحمي النبات من السخونة. في حالة الجفاف المطول الثغور تغلق، الشعيرات و وضعية الثغور تختزل وتخفض فقد الماء والسكليرنشيم بصلابته يمنع تجفيف الورقة.

في المجمل هذه النباتات تؤمن عملية التركيب الضوئي بشكل منخفض لكن بتواصل رغم التغير المائي للوسط، إذا إنتاجية و نشاط متوسطين لكن مستمرين تحت شروط عائقة و واسعة الإختلاف, فهي تقوم بإستراتيجية التحمل أو التصبر علما أنّ النباتات الجفافية الحقيقية هي عامة ثلاثية الكربون $C_3$.

ويرجع إنخفاض الناتج الطاقوي لعملية التركيب الضوئي ثلاثية الكربون إلى أن الثغور نهارا تكون مفتوحة بصفة جزئية, و منه دخول $Co_2$ يكون متوسط. كما أن التهيج الضوئي في مقابل قلة تركيز $Co_2$ بالخلايا, يحفز إنطلاق عملية الفسفرة التأكسدية لمنع حدوث الطفرات, حيث النبات يفقد جزء من الطاقة نتيجة التنفس النهاري أو ما يعرف بالتنفس الضوئي, فيدخل $O_2$ في منافسة مع $Co_2$ عل Rubisco (شكل 14).




**شكل 14: المنافسة بين عملية التركيب (دورة كالفن) الضوئي وعملية التنفس الضوئي بفعل الدور الثنائي لجزيئة Rubisco (Taiz et Zeiger, 1991).**

### 4.3.3.الدورة التطورية مقابل المناخ (Phénologie)

جد متغيرة حسب الأنواع، الإزهار يتم في الوقت الرطب أين تتطور الحشرات الملقحة.

### 3.3. إستراتجية الهروب وتجنب الجفاف

العديد من النباتات بالمناطق القاحلة تحرص على عدم التواجد في مواجهة ظروف الجفاف, فتقوم بتجنب العوائق حسب ما يلي:

– **النباتات العابرة (Ephémérophytes)** تتم دورتها الحيوية خلال 3أشهر وأحيانا 15 يوم أين يكون الماء متوفر أو ميسر في التربة، فهي نباتات بذرية (Thérophytes) بدورة مختصرة. إزهارها مفاجئ وسريع يلون بشكل حيوي الأراضي القاحلة، جهازها الخضري غير محمي ضد التجفيف فالجفاف قاتل ومشؤوم بالنسبة إليها. البذور المجففة والكامنة هي التي تؤمن بقاء هذه النباتات بين مطرين، والنباتات العابرة عامة قزمية (بضع سنتيمترات) بورقة أو ورقتين سريعتا الذبول و ذات جذور سطحية (عرضية).

إذا النباتات العابرة تقضي فترة الجفاف المطول في شكل كمون فهي تتبع إسترا تيجية الهروب.

– بعض **النباتات المعمرة** تتجنب الجفاف وتدخل في **حياة بطيئة،** حيث تدخل في كمون تحت شروط الجفاف أين يتوقف نموها, والعودة لحياة نشطة مع تشكيل أوراق يكون خلال الفترة الرطبة (هذه الظاهرة تشابه ما يحدث للنباتات بالمناطق المعتدلة) ومنه الإستراتيجية المتبعة هي التجنب.

– **الإنبعاث (Réviviscence):** هذه الظاهرة تسمح لبعض السرخسيات (Ptéridophytes) بتجنب الموت تحت شروط الجفاف, قتجف وتأخذ شكل ملتو, منطو, تصفر و تدخل في حياة بطيئة في الفترة غير الملائمة التي قد تدوم أحيانا العديد من الأعوام، بعودة الأمطار تزدهر, تتفتح من جديد, تخضر وتعود للحياة النشطة, فتتبع استراتجية التجنب هي الأخرى.

هذا حسب (Meyer et *al.*, 2008).

**ملخص**

العوائق المطبقة على النبات بالمناطق الجد ضاغطة (المناطق القاحلة) ممثلة أساسا في الجفاف الذي قد يدوم حتى 95% من طول السنة. فتنتشر:

– **النباتات المعمرة مستمرة التطور** ممثلة في:
  – **العصاريات** ولها آليات للتأقلم ممثلة في:
    – تخزين الماء بشكل عصارة
    – ميثابوليزم CAM ومن التنفس الليلي ← إستراتيجية المقاومة
    – حياة على مخزون الماء في الفترة الجافة
  – **الجفافيات الحقيقية** ولها آليات للتأقلم ممثلة في:
    – نظام جذري هام (طويل)
    – إختزال التنفس (تشميع, سكليرنشيم, حركية الأوراق...) ← إستراتيجية التحمل
    – جهد مائي جد سالب
– **نباتات معمرة متناوبة التطور** ممثلة في:
  – **نباتات لا زهرية** ولها آلية **الإنبعاث** ← إستراتيجية التجنب
  – **نباتات خشبية متساقطة الأوراق** وتتبع آلية **الكمون**
– **النباتات العابرة** (عشبية, قزمية)
  – دورة حياة قصيرة
  – بذور مقاومة للجفاف ← إستراتيجية الهروب

(Meyer et *al.*, 2008).

### 4.3. تأقلم النباتات للأوساط الملحية

الملوحة هي التركيز الكلي للأملاح المعدنية الذائبة في مستخلص التربة النهائي, نقص تركيز الأملاح بالتربة ممكن أن يؤدي إلى إفتقار أيوني مما ينتج عنه عوائق ترتبط بالتغذية فتظهر النباتات تأقلمات مورفولوجية مشابهة لتأقلمات النباتات الجفافية الحقيقية في مقابل الجفاف.

أما زيادة تراكيز الأملاح الذائبة مثل كلوريد الصديوم, البوتاسيوم, المغنيزيوم... بالتربة يؤدي إلى زيادة ملوحتها وهو ما يؤثر سلبا على النباتات غير القادرة على التأقلم مع الوسط الملحي.

و يتمثل التأثير السلبي للملوحة في:

- خفض مسامية التربة و تهويتها.
- خفض الوصل المائي بتكوين طبقة ملحية حول الجذور.
- خفض الجهد المائي للتربة وهو ما يؤدي إلى إجهاد فيزيولوجي للنبات.
- التأثير السام للأيونات (تثبيط الأنزيمات, إختزال وظيفي للأيض العام, إختزال تمثيل الكربون وتوقيف النمو)
- فقد القدرة على إمتصاص بعض العناصر المغذية بفعل خاصية التفاضل.

و منه الملوحة تؤدي إلى إجهاد أيوني وآخر فيسيولوجي أو أسموزي يؤدي بدوره إلى إجهاد مائي.

و العديد من المناطق على سطح الأرض تصنف على أنها ملحية حيث نجد:

- المناطق الجرداء أو القاحلة محور الدراسة.
- المناطق الساحلية,
- الأراضي المزروعة...

تصنف النباتات حسب قدرتها على تحمل الأوساط الملحية إلى:

- **نباتات غير ملحية سكرية (Glycophytes)** حساسة للملوحة تتعرض لأضرار نتيجة التراكيز الملحية الضعيفة, وقد تموت عند تراكيز تتراوح بين 100 إلى 200 ملي مول/ل من كلوريد الصوديوم.

– **نباتات ملحية (Halophytes)** وتعيش على ترب مالحة حيث لا تتأثر بالملوحة عند المستويات المعتدلة والمتدنية فهي متأقلمة للوسط الملحي حسب آليات معينة.

و النباتات الملحية ليست ملحية إجباريا حيث كلها تنمو بصفة عادية على ترب قليلة الملوحة.

### 1.4.3. شكل متأقلم لإقتصاد الماء

تأخذ النباتات الملحية شكل متأقلم لإقتصاد الماء بطبقة شمعية ثخينة, قلة الثغور, الجهاز الهوائي ممتلئ أو العكس و وجود برنشيم مائي. فهذه النباتات تأخذ خصائص النباتات الجفافية إلا أنها لا تقاوم إلا جفاف نسبي عابر وعلى العكس النباتات الجفافية لا تقاوم عامة الملوحة.

### 2.4.3. التوازن الداخلي (Homeostasis)

تقوم النباتات بردود فعل تجاه الملوحة تهدف لإعادة التوازن الداخلي أي التوازن الأسموزي والتوازن الأيوني ومنه تصحيح الخلل المحدث في التغذية المائية و التغذية المعدنية.

#### 1.2.4.3. التوازن الأسموزي

يراكم النبات في مستوى السيتوبلازم و العضيات الواقيات الأسموزية (Osmoprotectants) (مركبات آمينية وسكريات) التي تلعب دور كبير في رفع قدرة الخلايا على الإحتفاظ بالماء دون التأثير على الأيض. عادة ما تكون مركبات المواد الأسموزية (الأسموليتات) محبة للماء غير مشحونة قطبية مما يسمح لها بالإلتصاق بسطح البروتينات والأغشية بهدف حمايتها من التجفيف, كما تعمل على الحد من جهد الأكسدة الناتج عن الملوحة.

#### 2.2.4.3. التوازن الأيوني

أحد أهم الآثار السلبية للملوحة هو تسرب أيونات البوتاسيوم ($K^+$) من الجذور بفعل كلوريد الصوديوم (NaCl) الذي ينفذ للخلايا عبر قنوات نقل البوتاسيوم مثل HKT , مما يؤدي إلى إختلال التوازن الأيوني للسيتبلازم وبالتالي إختلال القدرة على النمو, فتعمل النباتات الملحية على الحفاظ على مستوى هيولى عالي التركيز من $K^+$ في مقابل $Na^+$ حيث تستبعد هذا الأخير من الخلايا أو تعزله في الفجوات متجنبة سميته.

تتم هذه الآلية بفضل وجود ناقل فجوي ($Na^+/H^+$ – antiporter) الذي يستمد طاقته من مضخات البروتونات الفجوية $V–H^+$ – ATPase و $V–H^+$ – PPase , إضافة إلى أن زيادة تركيز الصوديوم في الفجوة يولد ضغط أسموزي كبير يعزز من إمتصاص الماء وبالتالي تحسين إنتباج الخلية.

تدعى النباتات التي تقوم بهذه الآلية بالنباتات الملحية المراكمة للملوحة, نباتات أخرى تدعى النباتات الملحية الطارحة للملوحة وتعمل على تصدير الصوديوم الممتص و المنقول إلى الأوراق نحو الجذور من جديد ومنه نحو الوسط الخارجي وهذا عبر اللحاء بفضل تفاعل المعقد SOS مع الناقل HKT1 , كما تستبعده كذلك من خلال غدد وحويصلات سطحية ورقية.

أما النباتات السكرية فتستخدم آلية إقصاء أو طرح الصوديوم من خلايا (في الغشاء البلازمي) الجزء الهوائي بإتجاه الجذور أين تعمل على تقييد حركية الأيونات إلى القسم الهوائي وهذا من خلال السيطرة على تدفق الأيونات عبر الأوعية الخشبية.

– كذلك تقوم النباتات الملحية بإستراتيجية أخرى تتمثل في إستبعاد الأيونات السامة كأيونات الصوديوم من الهيولى إلى خارج الخلية, فتلفضها في الجدر الخلوية بفضل بروتينات الحساسية المفرطة للملح SOS المتوضعة في مستوى الأغشية البلازمية (مثل $Na^+/H^+$ – antiporter). و الإنتقائية الغشائية للخلايا الجذرية تتم عن طريق الحد من النفاذية السلبية, وجود نواقل إنتقائية ونقل خارج خلوي.

– إرتفاع تركيز الفجوة من الصوديوم يستلزم رفع الجهد الأسموزي لباقي التجويفات للمحافظة على حجمها الإنتباجي. فإضافة للدور الفعال الذي تلعبه الواقيات الأسموزية في التعديل الأسموزي, تقوم الخلايا بتعديل أيوني يهدف كذلك إلى تعديل هذا الأخير, أين يلعب البوتاسيوم دور هام بهذا الصدد.

بهدف الحفاظ على التفاعلات الأيضية والحفاظ على نسبة $K^+$ إلى $Na^+$ معتبرة, وجب على الخلايا النباتية أن تضبط محتواها من البوتاسيوم ما بين 100 و 200 ملي مول/ل, حيث يعتمد في ذلك على نواقل غشائية في مستوى الغشاء البلازمي وغشاء الفجوة, هذه النواقل نوعان: نواقل ذات جاذبية عالية للبوتاسيوم ونواقل ذات جاذبية ضعيفة للكاتيونات.

### 3.2.4.3. مضادات الأكسدة وبروتينات نزع السمية

الإفراط في إنتاج مركبات الأكسجين التفاعلية (ROS) مثل بيروكسيد الهيدروجين ($H_2O_2$) وجذور السوبر أكسيد ($O_2^-$) والهيدروكسيل ($OH^-$) بفعل الإجهاد و منه الملحي يؤدي لإجهاد الأكسدة أين تتسمم الخلايا.

تعمل النباتات الملحية على إبقاء هذه المواد تحت المراقبة بتفعيل آليات دفاعية مضادة للأكسدة دون إنقطاع, فتستعمل مضادات الأكسدة –غير إنزيمية– ذات الكتلة الجزيئية المنخفضة (المركبات الفينولية, الفلافونويدات, الأنثوسيانين وحمض الأكساوربيك) مع مجموعة متنوعة من الأنزيمات مثل ديسموتاز الفائق (SOD), الكاتلاز (CAT), الأسكوربات بيروكسيداز (APX), الجلوتاثيون S –ترانسفيراز (GST) و الجلوتاثيون بيروكسيديز (GPX).

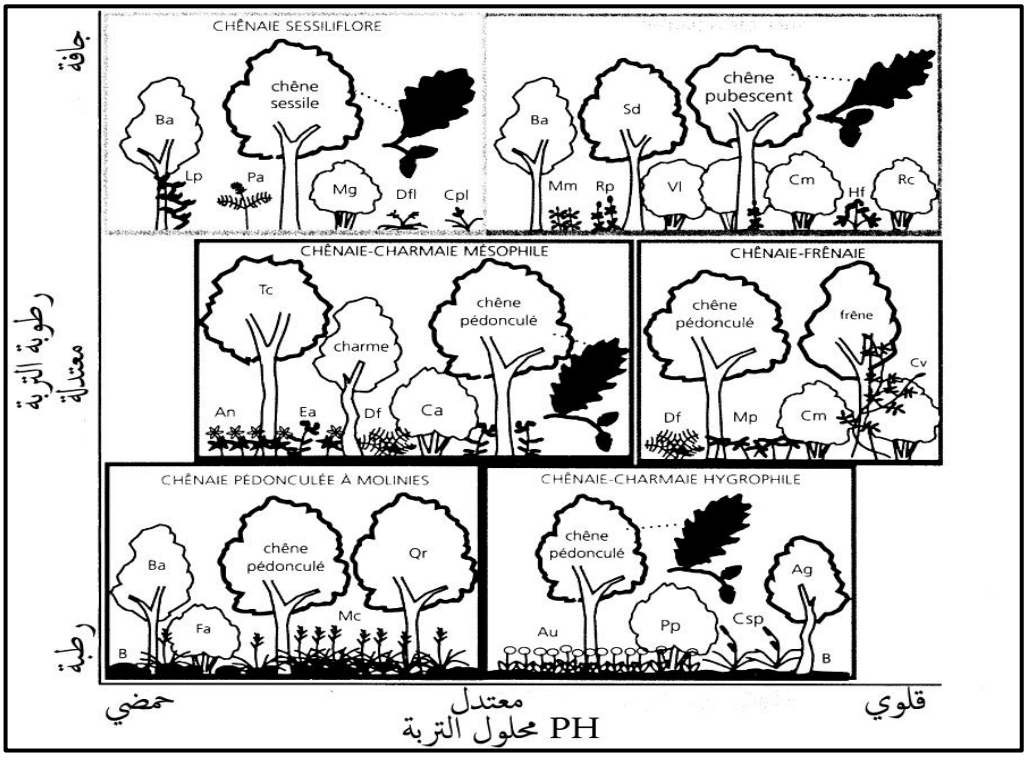
### 4.2.4.3. مراقبة النمو

يعد إنخفاض النمو مظهر من مظاهر التكيف مع الإجهاد فيوجه النبات طاقته نحو مجابهة الآثار السلبية لهذا الأخير.

فالخلايا النباتية تتوقف مؤقتا عن النمو عند التعرض للإجهاد (حالة الصدمة) وهذا بفعل التثبيط المطبق من طرف ABA على الإنقسام الخلوي أو على تضاعف الحمض النووي.

## 5.3. المغذيات, الأس الهيدروجيني للتربة وتوزيع المجتمعات النباتية

إضافة لملوحة التربة ورطوبتها تعتبر منابعها من المغذيات و أسها الهيدروجيني (PH) من العوامل التي تتحكم بتوزيع المجتمعات النباتية (شكل 15).




**شكل 15: المتطلبات البيئية (الماء و PH) ودورها في توزيع مجتمعات البلوط. (Bournérias et *al.*, 2001).**

فمتطلبات النباتات من المغذيات تختلف من نوع لآخر حيث نجد:

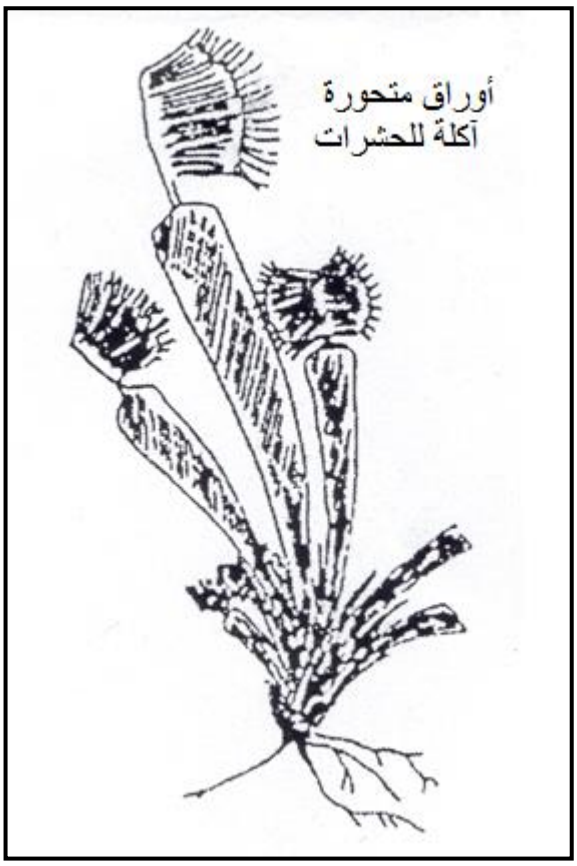
– **متطلبات كمية:** فبعض النباتات تتطلب وفرة المغذيات ونباتات أخرى تستطيع العيش على ترب فقيرة أين تأخذ شكل تأقلمي يوافق شكل النباتات الجفافية الحقيقية من أنسجة قاسية إلى غير ذلك, ومنها حتى من يتطور على ترب فقيرة إجبارا.

– **متطلبات نوعية:** أين النباتات تتطلب عنصر بحد ذاته فمثلا الباقوليات تتطلب البوتاسيوم بوفرة, نباتات أخرى متطلبة لعنصر الآزوت وتعرف بالنباتات الآزوتية وهي تعيش على الردوم وهكذا.

كما تنقسم النباتات حسب متطلباتها من PH التربة إلى:

– **نباتات حمضية** وتتوضع على ترب حمضية حيث PH ينحصر بين 3.5 و 6, تقوم ببعض الآليات لتعويض نقص النيتروجين كالتكافل وهو ما سنتطرق إليه بالمحور الأخير بالتفصيل, التغذي على الحشرات فيما يعرف بالنباتات اللاحمة أو النباتات آكلة الحشرات, وهي نباتات تنتشر بالترب الرملية, الرطبة والفقيرة, ذاتية بالنسبة للكربون (نباتات خضراء) وغير ذاتية بالنسبة للآزوت والفوسفور, حيث طورت آليات لإصطياد فرائس (الحشرات خاصة) تعمل على هضمها والإستفادة من نواتجها كالآزوت, الفوسفور, الأحماض الآمنية..., فتنشئ بشكل سلبي مصيدة ممثلة في أوراق متحورة بها إفرازات لاصقة أو محاليل تغرق بها الفريسة, كما تنشئ مصيدة تعمل بشكل موجب أين تغلق آليا بمجرد إستشعار دخول الحشرة (شكل 16).

عملية تحليل الحشرات تتم بفضل إنزيمات غدية متخصصة تفرز عن طريق الحث الكيميائي للفريسة, أين يتم بعد ذلك إمتصاص النواتج عن طريق نفس الغدد.

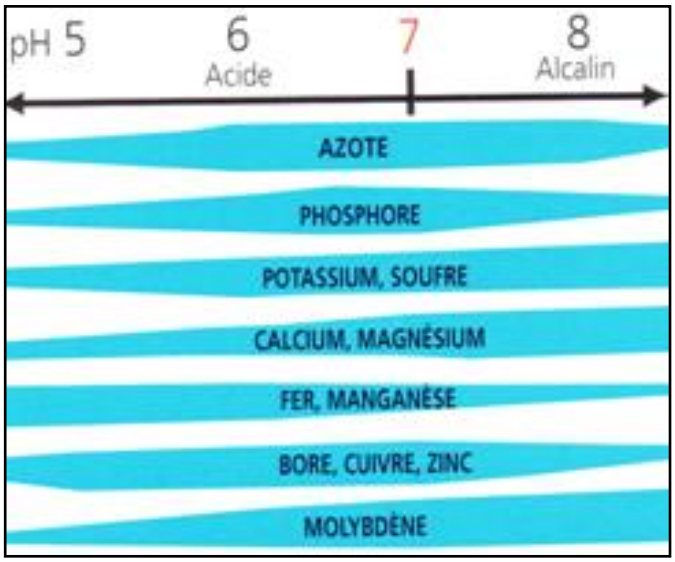



**شكل 16: نبات ختاق الذباب مثال عن النباتات اللاحمة (البازيونس وآخرون, 2008).**

- **نباتات معتدلة** وتتوضع على ترب معتدلة حيث PH يقارب 7.

- **نباتات قلوية** وتتوضع على ترب قلوية حيث PH أكبر من 7.

فالأس الهيدروجيني للتربة (PH) يؤثر على تيسر المغذيات و هو ما يظهره الشكل التالي:




**شكل 17: الأس الهيدروجيني وتيسر مغذيات التربة (Meyer et *al.*, 2008).**

كما أن الفلورا غير متشابهة على مساحات ذات **ترب جيرية** أو كلسية ومساحات ذات **ترب سيليسية**, فالنباتات **المحبة للكلس** تنتشر على أراضي جيرية والنباتات **الكارهة له** تنتشر على أراضي سيليسية.

إن العديد من النباتات الكلسية تعتبر محايدة للكالسيوم حيث تنتشر على الترب الكلسية بحثا عن حرارتها, فتدعى بالنباتات الكلسية الحرارية. كما توجد نباتات كلسية حرجة تبحث عن الكالسيوم بحد ذاته, أما النباتات الكارهة للكلس فتموت بإمتصاص كميات قليلة من هذا الأخير.

التأثير السلبي للكالسيوم على النباتات الكارهة له ممكن أن يرجع لعدم قدرة أغشيتها على تعديل زيادته المفرطة, مما يؤدي إلى إضطراب النفذية الغشائية. و على العكس النباتات الكلسية و في حالة التراكيز العالية من الكالسيوم, تستطيع تغيير تركيبة غشائها (الفوسفوليبيدية خاصة) بهدف الحد من تثبيته.

قائمة النباتات الكارهة للكلس تقابل قائمة النباتات الحمضية فالترب ذات التراكيز المنخفضة من الكلس هي ترب حامضية حيث هناك علاقة بين محتوى النباتات من الكالسيوم والحساسية ل PH.

ومنه التربة بخصائصها المختلفة من رطوبة, PH...تلعب دور في توزيع المجتمعات النباتية.

**ملاحظة**

إن الملوحة ظاهرة طبيعية تنتشر بمختلف الأراضي من المناطق الرطبة, المعتدلة والقطبية كما تنتشر بمختلف الإرتفاعات عن سطح البحر فهي ليست حكرا على المناطق الجافة القاحلة, نفس الشيئ بالنسبة للأس الهيدروجيني والمحتوى من المغذيات.

## 4- تأقلم النباتات بأوساط ذات فترة عائقة

بعض النباتات تعيش أو تنتشر بخطوط عرض ذات مناخ فصلي أين تعرف فصل قاسي (عائق) غير ملائم لنموها, وهو فصل بارد بالمناطق المعتدلة و بالجبال أو فصل جاف بمناطق البحر الأبيض المتوسط والمناطق تحت المدارية, ويرتبط ذلك بالصيف و الشتاء.

### 1.4. مناطق ذات فصل بارد غير ملائم

**- بيولوجيا الأشجار متساقطة الأوراق**

تسود الغابات متساقطة الأوراق من عائلة Fagacées (*Fagus sylvatica, Quersus sp*) و Acéracées (*Acer sp*) بالمناطق المعتدلة ذات الفصل البارد وهذا بين خطي عرض 40 إلى 50°, فهي متأقلمة للعوائق الفصلية ممثلة في البرودة.

**- دورتها السنوية**

تتأقلم هذه الأشجار مع التواتر الفصلي بفضل تعاقب فترة النمو (أفريل- سبتمبر) و فترة الراحة (أكتوبر- مارس). فالمرستيم القمي يعمل حسب ساعة فيزيولوجية متزامنة أو متواقتة مع الفصول.

الدخول بالكمون الشتوي وتحمل أو مكابدة (اكتساب المقاومة للجليد حسب آلية فيزيولوجية) درجات الحرارة المنخفضة يكون بالتدرج و حسب مرحلتين:

انخفاض الفترة الضوئية و البرد الليلي (5°م) في نهاية الصيف يحث النباتات على الدخول في الكمون أين يتوقف نمو الأغصان, البراعم تلقن المحاور المورقة أو الأزهار و التي تبقى محمية بحراشف خلال فصل الشتاء وحتى الربيع المقبل, السكريات الذائبة و النشاء تتراكم و تخزن في الأنسجة و التي تميه بالتدريج و الأوراق تصفر و تسقط, هذا يسمح للنبات بتحمل البرد حتى -20°م.

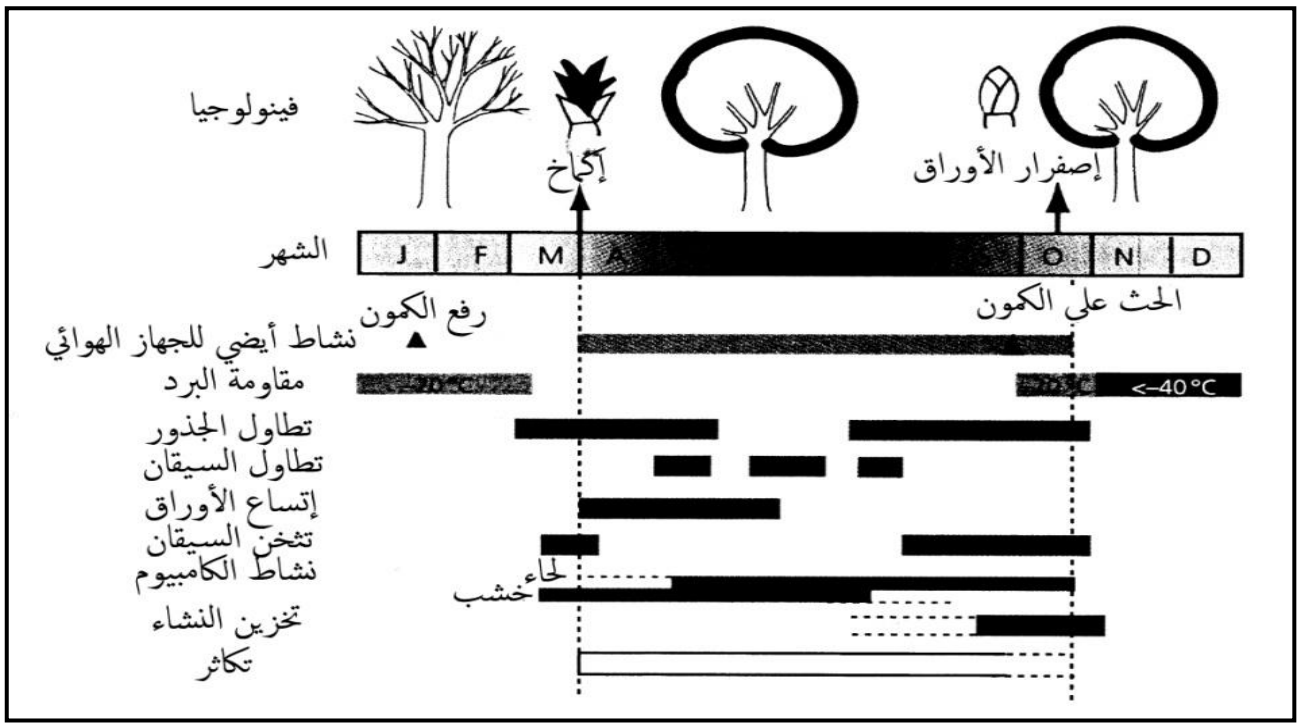
كل ذلك يكون مراقب بتوازن الهرمونات النباتية, حيث يكون محتوى حمض الأبسيسيك أكبر من محتوى الجيبريلين.

تغييرات فيزيولوجية عميقة كيميائية و خلوية تسمح فيما بعد بتحمل كبير للجليد (أقل من -30°م), النشاط الأيضي ينخفض ويزول و الدخول في الكمون يكون في نوفمبر أو ديسمبر.

إذا وضع النبات في شروط ضوئية و حرارية ملائمة لا تتطور البراعم حيث رفع الكمون يتطلب كذلك التعرض لفترة باردة (2 الى 3 أشهر تحت درجة حرارة 2 إلى 7°م).

تحمل الحرارة المنخفضة يتوقف في فترة الإكماخ (Débourrement) عامة خلال شهري مارس و أفريل وهنا تصبح البراعم حساسة للجليد الربيعي.

فخلال الربيع ارتفاع درجة الحرارة يحث ارتفاع المحتوى من الجيبريلين, السيتوكينين و الأوكسين مما يحفز النشاط الأيضي, المواد المخزنة تيسر من أجل عودة التطور, نمو الجذور يتقدم السوق بتلاحق في الخريف و هو مراقب بحرارة التربة, توفر الماء و الأملاح المعدنية, و حسب الأنواع النمو الخضري يتبادل أو لا يتبادل مع التكاثر (شكل 18)




**شكل 18: رزنامة حولية للدورة التطورية عند الأشجار متساقطة الأوراق بالمناطق المعتدلة (Meyer et *al.*, 2008).**

**- تواقت التطور المرحلي للأشجار متساقطة الأوراق**

يتم التواقت بفضل تواتر داخلي و الإحساس بتغيرات الوسط (الحرارة و الفترة الضوئية المدركتان بفضل الفيتوكرومات, التساقط و توفر المغذيات), أين يظهر التوازن الهرموني. كمثال إصفرار و سقوط الأوراق بشكل متواقت.

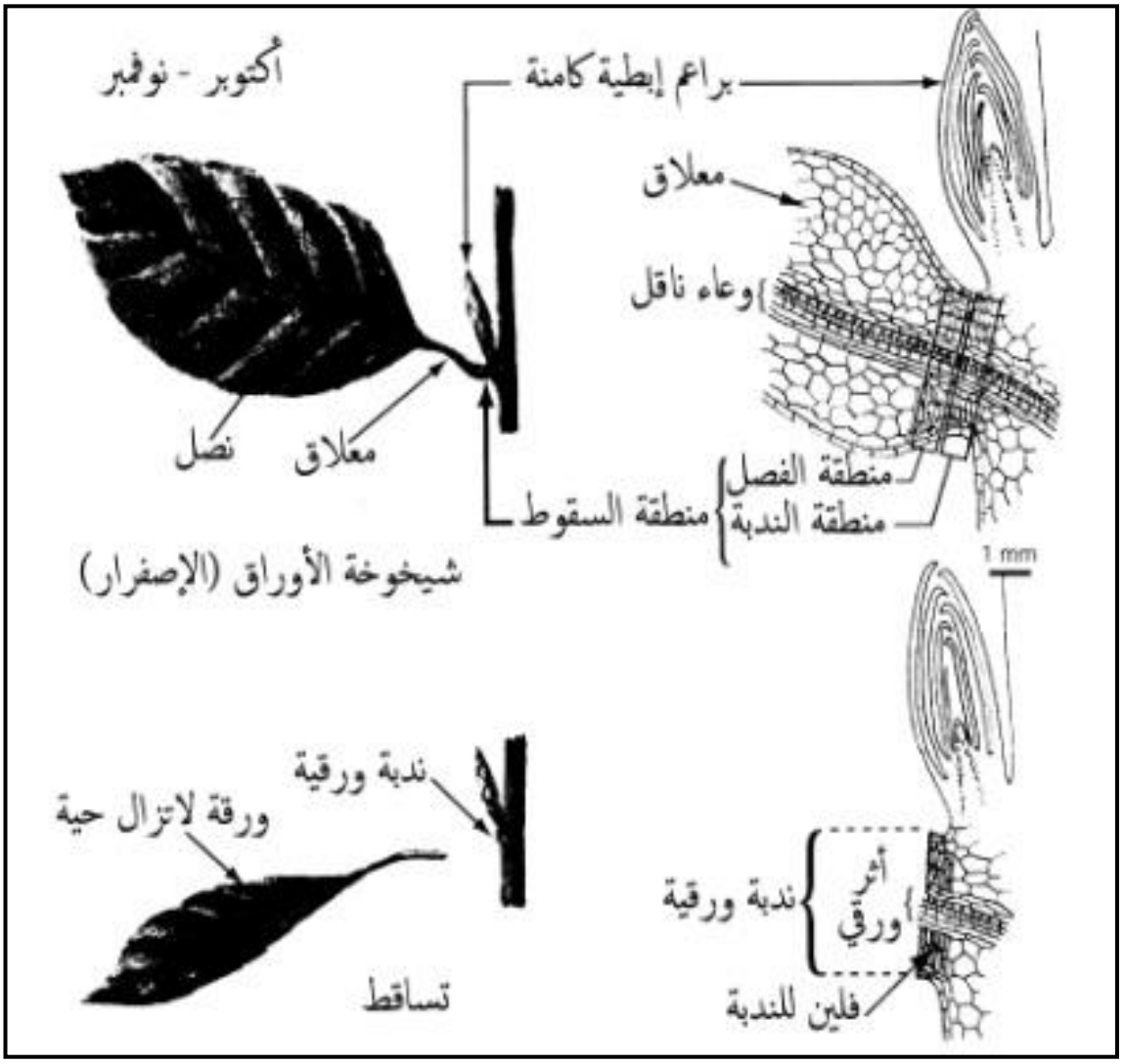
**آلية سقوط الأوراق**

تصفر الأوراق بالخريف بفعل تراجع اليخضور مما يظهر الصبغات الأخرى كالجزرين (أصفر, برتقالي) أو أرجواني بفعل الأنثوسيانينات المنحلة في الفجوات.

المواد الناتجة عن هدم اليخضور تهاجر للأغصان فالشجرة تسترجع حوالي نصف المحتوى من الآزوت و الفوسفور المتواجد بالأوراق المسنة.

خلال الخريف تكوين الأوراق المسنة للإيثيلان يختزل تركيب الأوكسين و يرفع هدمه هذا التوازن الجديد يحث النشاط الوظيفي لمنطقة الاتصال (شكل 19), تركب بعض الخلايا الحساسة للإثلين إنزيم محلل للجدران

الخلوية فتتمايز منطقة الاتصال إلى منطقتين: منطقة الفصل ( فصل الخلايا تحت تأثير الإنزيم) ومنطقة الندبة التي تتفلن, و منه تسقط الورقة بسهولة بعد إنسداد الأوعية.

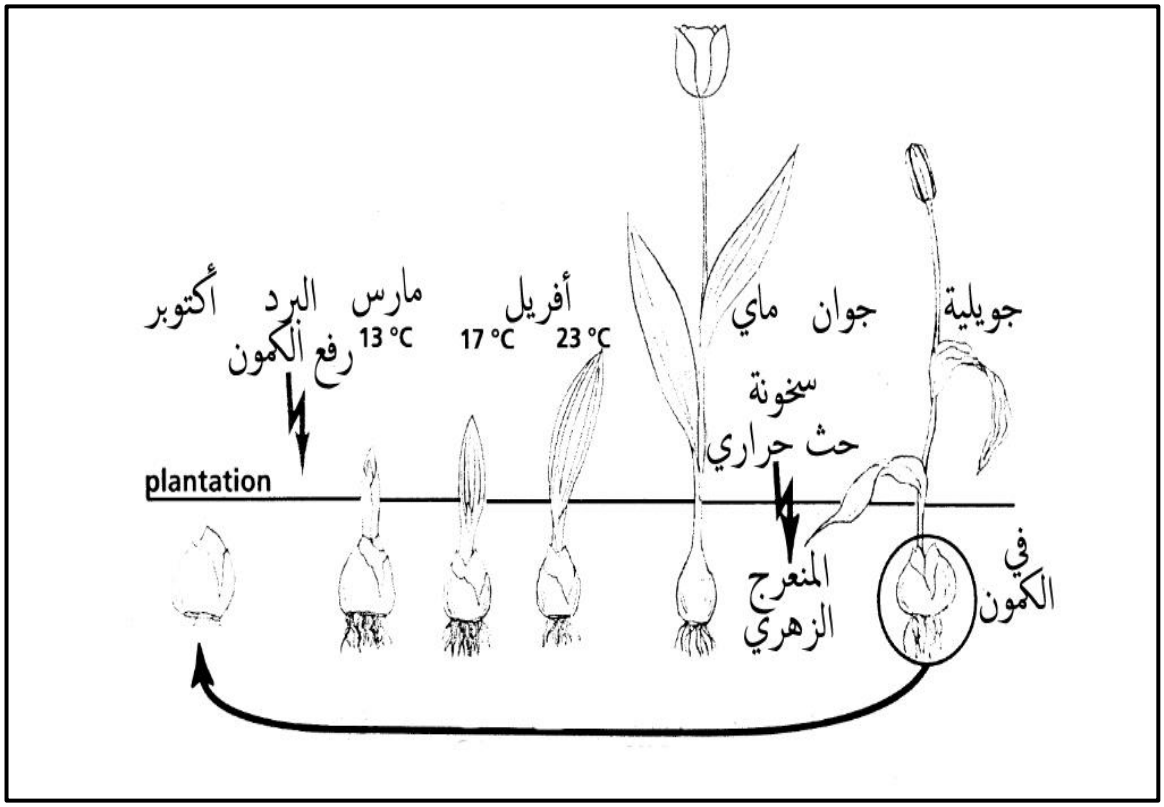



**شكل 19: مراحل تساقط الأوراق خلال الفصل العائق (Meyer et *al.*, 2008).**

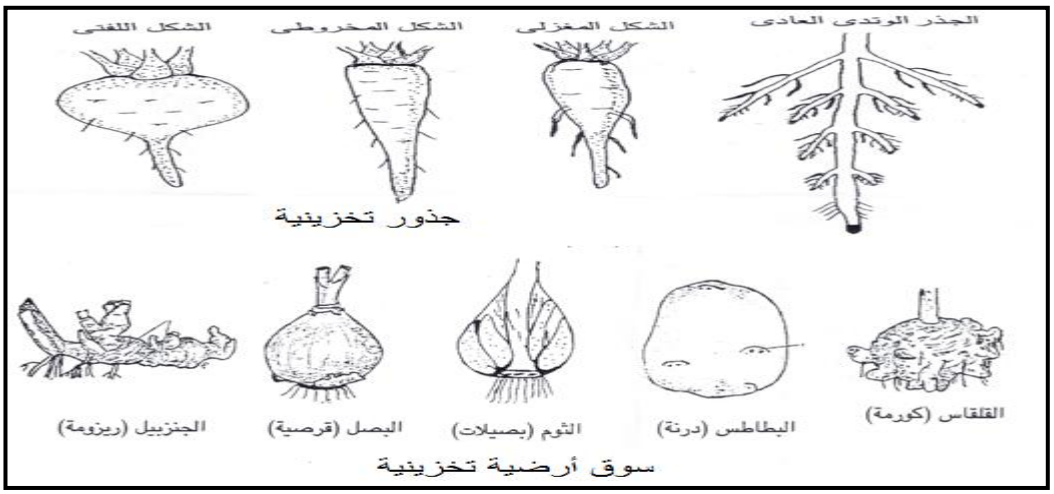
نجد من بين الأشجار و الشجيرات أنواع متساقطة الأوراق و هي قسمان: أوراق حية تسقط بشكل متواقت و أوراق ذابلة تموت على الشجرة ثم تسقط بطريقة غير متواقتة بفعل الحث بالرياح أي دون نشاط منطقة الاتصال, أنواع دائمة الأوراق أوراقها تعيش من 2 الى 5 أعوام و تسقط بشكل موجب بطريقة غير متواقتة بفعل نشاط منطقة الاتصال و نمو هذه الأنواع يتواصل في الفصل غير الملائم في الحدود غير الحرجة لدرجة الحرارة.

– نفس الآلية تتبعها العديد من النباتات العشبية ممثلة في المختفيات والتي تسقط جهازها الهوائي وتدخل في كمون خلال الفصل البارد (شكل 20). أين تبقى في شكل سوق أرضية (ريزومات, درنات, بصلات...) أو في شكل جذور تخزينية (شكل 21).

كذلك البذريات التي تكون خلال الفصل العائق في شكل بذور كامنة.




**شكل 20: الدورة السنوية للنباتات المختفية (Meyer et *al.*, 2008).**




**شكل 21: الأشكال المختلفة للسوق والجذور التخزينية (البازيونس وآخرون, 2008).**

### 2.4. مناطق ذات فصل ساخن رطب

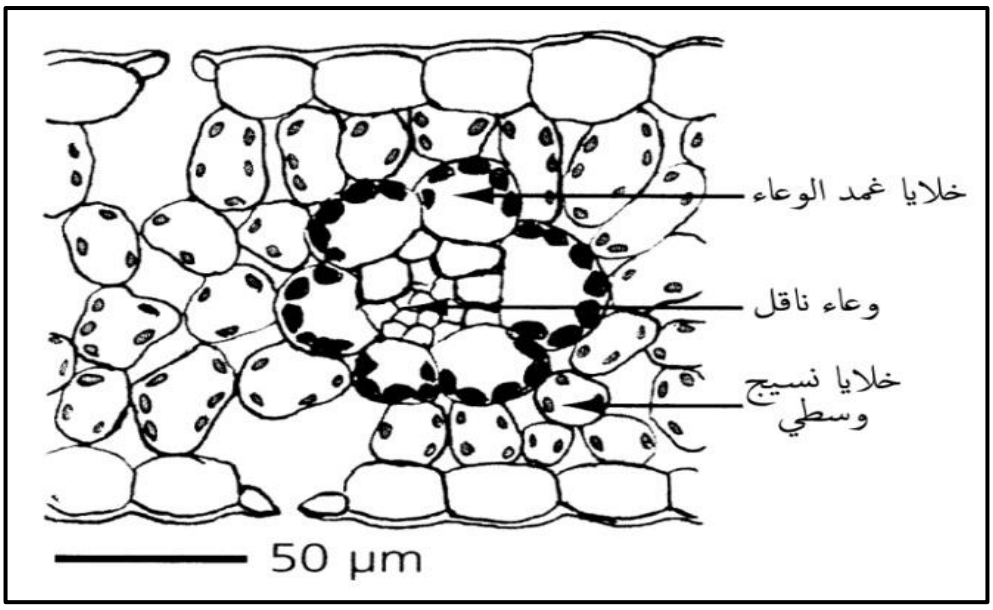
**- بيولوجيا نباتات العائلة الكلئية (النجيلية سابقا) (Poacées)**

تسود بمروج (les prairies) المناطق تحت المدارية و حتى المدارية (10-30° خط عرض), و التي تمتاز بإشعاعات قوية و فصل ممطر ساخن (25-30°م متوسط سنوي) مع فصول أخرى جافة النباتات العشبية وحيدة الفلقة, و ذلك بفضل ميثابوليزم التركيب الضوئي رباعي الكربون ($C_4$), و كمثال نبات الذرى (*Zea mais*) و هو نبات عشبي حولي.

فأوراق الذرى (شكل 22) تظهر نوعين من الخلايا المسؤولة عن عملية التركيب الضوئي و هي:

- خلايا النسيج الوسطي : أين الصانعات الخضراء التي تحوي الجرانا مجردة من Rubisco .

- خلايا الغمد التي تحيط بالحزمة الوعائية : صانعاتها الخضراء لا تحوي الجرانا لكن بها Rubisco و حباة النشاء (تشريح هذه الأوراق هو من نوع Kranz نسبة للعالم الذي أكتشفه).



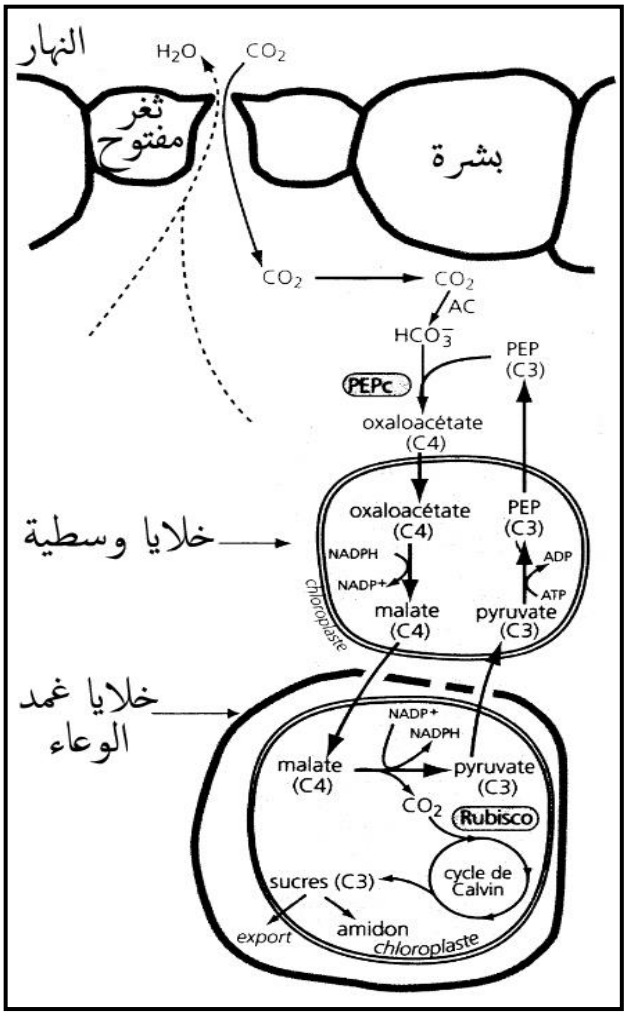

**شكل 22: قطاع عرضي بورقة الذرى تبرز تشريح نوع Kranz (Meyer et *al.*, 2008).**

**- التركيب الضوئي رباعي الكربون ($C_4$)**

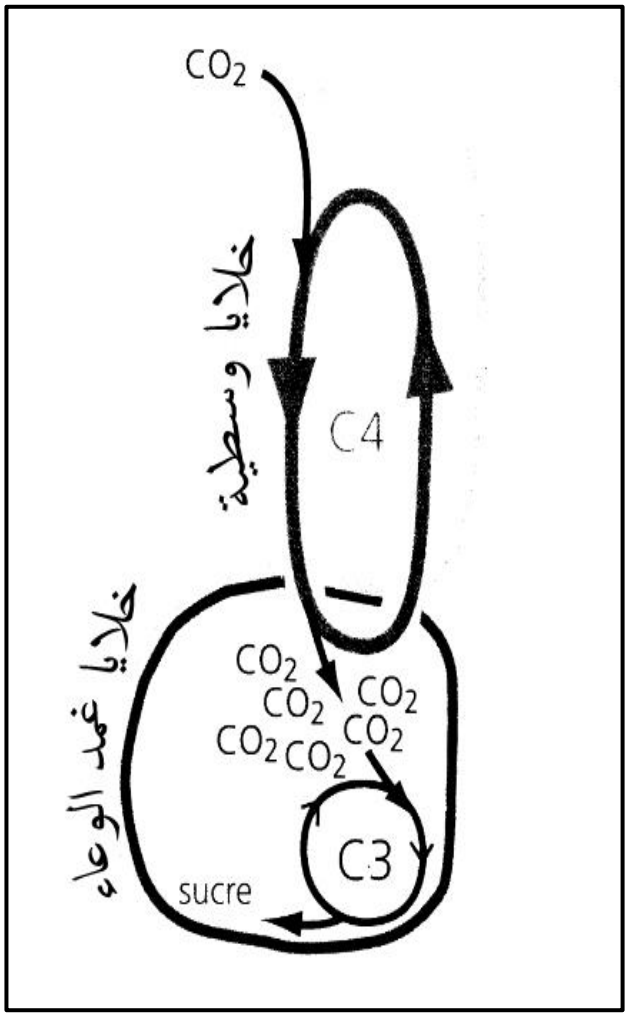
تتم عملية التركيب الضوئي رباعي الكربون (شكل 23) حسب ما يلي:

تفتح الثغور في النهار وتسمح بدخول $Co_2$ الذي ينتشر في خلايا النسيج الوسطي أين يتميه بسرعة إلى بكربونات بفضل l'anhydrate carbonique , البيكربونات ($Hco_3^-$) يثبت على حمض ثلاثي الكربون ممثل في PEP (Phosphoénol pyruvate) لتشكيل حمض رباعي الكربون ( Malate, Oxaloacétate) وذلك بتحفيز من انزيم $PEP_c$ , الحمض رباعي الكربون يمر للصانعات الخضراء لخلايا

الغمد أين ينزع منه $Co_2$ ويتشكل حمض ثلاثي الكربون الذي يعود لخلايا النسيج الوسطي لتجديد PEP و $Co_2$ المحرر يدخل في دورة كالفن بفضل Rubisco.




**شكل 23: ميتابوليزم التركيب الضوئي رباعي الكربون (دورة Hatch et Slack).**




**شكل 24: ظاهرة تركيز $co_2$ عند التركيب الضوئي رباعي الكربون (Meyer et *al.*, 2008).**

فيتميز التركيب الضوئي رباعي الكربون بتقسيم تفاعلاته أين تحويل الطاقة الضوئية إلى ATP وNADPH يتم أساسا في الصانعات الخضراء لخلايا النسيج الوسطي حيث التيلاكوئيد بها سلسة تامة لتحويل الالكترونات, هذه الخلايا يتم بها الدمج الأول لـ $Co_2$ و الذي ينتج عنه حمض رباعي الكربون, كما ينتج عن ثاني دمج حمض ثلاثي الكربون وهذا بخلايا الغمد.

– دورة $C_3$ ودورة $C_4$ تتمان في نفس الخلية و هذا ببعض المناطق الجرداء المالحة بآسيا الوسطى لكن في مجالات سيتوبلازمية مختلفة.

– **آلية تركيز $Co_2$:** دورة $C_3$ و دورة $C_4$ متشابكتان, دورة $C_4$ تدور أكثر سرعة لأن إنزيم $PEP_c$ ملائم لـ $Co_2$ أكثر بستة مرات تحت الشكل $HCo_3^-$ عن Rubisco, فهو شبيه بمضخة ترفع تركيز $Co_2$ بجوار Rubisco مما يكبح الوظيفة التأكسدية لهذا الأخير و بالتالي كبح التنفس الضوئي (Photorespiration) (شكل 24).

– التركيب الضوئي رباعي الكربون $C_4$ يستهلك أكثر الطاقة عن $C_3$ فهو يستهلك 5 ATP مقابل 3 ATP لكل $Co_2$ مثبت, و على العكس هو جد فعال في الأوساط الساخنة الجافة و الأكثر اضاءة حيث :

تحت شروط الحرارة المرتفعة تدرج الرطوبة بين الهواء و الورقة يكون كبير, فالورقة تنتح بإفراط مما يؤدي لخطر التجفيف. عند نباتات $C_4$ آلية تركيز $Co_2$ تجعل سرعة $C_3$ مثلى حتى لو كانت الثغور مغلقة جزئيا وتركيز $Co_2$ بين الخلايا ضعيف.

إذا نباتات $C_4$ يمكن أن تحد التنفس ومنه اقتصاد الماء دون التأثير سلبا على عملية التركيب الضوئي.

– الحرارة تحفز وظيفة الأكسدة لـ Rubisco مما يؤدي لفقد وظيفة دمج $Co_2$ , لكن غياب التنفس الضوئي لنباتات $C_4$ يجعل تركيبها الضوئي جد فعال في مناخ ساخن و إشعاع كبير عنه بالنسبة للتركيب الضوئي $C_3$.

– الضوء الكثيف يسمح بتركيب ATP بشكل أعظمي و ذلك ضروري لهذا الميثابوليزم المستهلك جدا للطاقة.

– **إستراتيجية التفوق و الانتصار**

الذرى لها إستراتيجية التجنب مقابل الجفاف لأن فترة النبات مختزلة في الفصل المطير, ميثابوليزم $C_4$ يضمن لها إنتاج هام للسكريات في فترة نشاط قصيرة, فهذا الميثابوليزم له إستراتيجية التفوق في مدة قصيرة و ليس وسيلة مقاومة لجفاف مطول (الذرى تتطلب مياه كبيرة لتتطور), مع ذلك نجد أنواع أخرى $C_4$ تسود بالمناطق الجافة.

### 3.4. استراتيجيات التأقلم و علاقتها بالفصول

بشكل جد تخطيطي نجد نباتات حولية أين تظهر في شكل بذور خلال الفصل العائق, نباتات معمرة حيث في المجمل جزء من جهازها الخضري فقط يظهر, و ذلك بذخولها في حياة بطيئة (عامة كمون) خلال الظروف غير الملائمة (برودة أو جفاف).

الميثابوليزم الخاص بها موافق للتواتر الفصلي و متطابق مع تيسر المنابع المغذية (محلول الماء و كمية الضوء) وشروط استغلالها (الحرارة) وفرص نجاح التكاثر (حشرات ملقحة...).

خلال الفترة غير الملائمة النبات يضع نظام حماية (يحافظ على الكمون) ضد منبه مبكر (سابق لأوانه).

هذا حسب (Meyer et *al.*, 2008).

**ملخص**

العوائق المطبقة على النبات بالمناطق الفصلية هي تعاقب الفصول الملائمة وغير الملائمة فتنتشر:

- **النباتات المعمرة و لها آلية تعاقب الراحة والنشاط:**
  - سقوط الأوراق عند النباتات الخشبية و الجهاز الهوائي عند الأعشاب ← فقد الأعضاء الأقل حماية خلال الفترة غير اللائمة
  - التخزين ← عودة النشاط بعد الراحة
  - كمون وتحمل أو تصبر البراعم ← حماية التطور
- **النباتات الحولية (البذرية)**
  - ميثابوليزم متفوق في فترة قصيرة ($C_4$) ← دورة حياة مركزة في فترة

**إستراتيجية تجنب الشروط غير الملائمة**

(Meyer et *al.*, 2008).

## 5- أوساط ملائمة لحياة النبات, مملكة المنافسة و التعاون

تنتشر الغابات الاستوائية بمناخ ساخن (25°م) ورطب (التساقط > 1500 ملم) طوال السنة, فهو محفز لتطور مستمر لكل الأنواع النباتية الأرضية, تتميز هذه الغابات المطيرة (Ombrophiles) (Rainforests) و الدائمة (Sempervirentes) بوفرة النباتات, حيث تنتشر بها 40% من نباتات الأرض بـ 100000 نوع, و هي تغطي 11% من مساحة الأرض, تتوضع بين خطي عرض 0 و 10°.

مساحة استغلال الضوء و التربة محدودة فيسود في هذه الغابات ضغط المنافسة بين الأنواع.

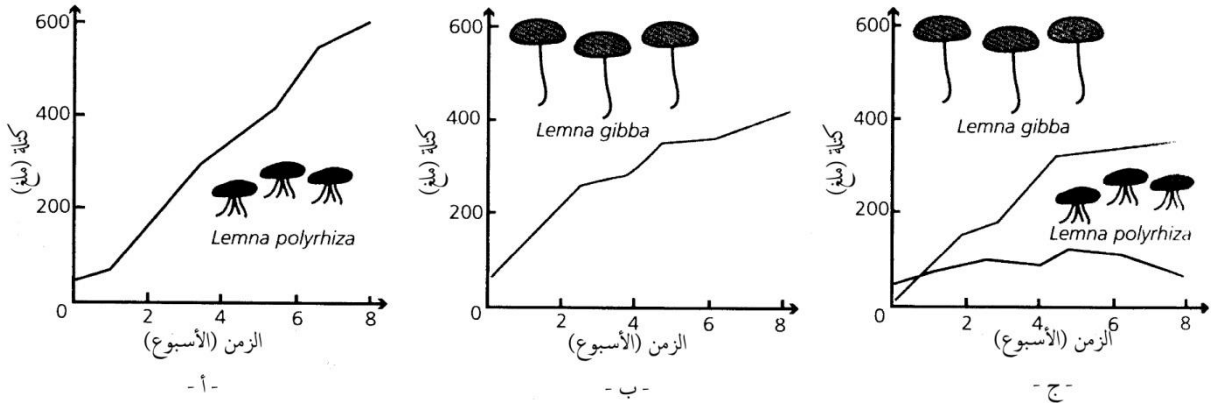
**المنافسة بين النباتات**

بعض النباتات لها القدرة على كبح نمو نباتات أخرى, فتعمل على خفض خصائص التفوق عند أشخاص آخرين وهو ما يعرف بالتنافس أو المنافسة وهي قسمان:

منافسة بين الأصناف (Intraspécifique) أين التفاعل يكون بمجموعة من نفس النوع.

منافسة بين الأنواع (Interspésifique) أين التفاعل يكون بمجموعة ذات أنواع مختلفة.

تترجم المنافسة بإنخفاض كثافة وكتلة مجموعة أو أفراد معينين تحت تأثير مجموعة أو أفراد آخرين, وتنشأ لحيازة منبع يظهر كمية محدودة في الوسط, يمكن أن يكون منبع مغذي (ضوء, ماء أو ملح معدني), حيازة المساحة أو شريك (الملقحات وناشرات البذور) (شكل 25).




**شكل 25: المنافسة بين النباتات عند نوعين لنبات عدس الماء (Meyer et *al.*, 2008).**

أ و ب زراعات منفصلة, ج: زراعة في نفس الموطن أين *Lemma gibba* تحجب الضوء عن *Lemma polyrhiza* ومنه تقصيها من الوسط

تؤدي المنافسة بين الأصناف عامة إلى إنخفاض الكثافة في وحدة المساحة والمنافسة بين الأنواع فلها تأثيرات ترتكز على إستراتيجيتين هما: – المقاسمة

– المزاحمة والمسابقة

بالنسبة للمقتسمين المنابع تجزئ بالتساوي بين المتنافسين ومنه المنافسة تعادلية, أما بالنسبة للمتزاحمين فيكون غالب ومغلوب أين تترجم المنافسة بإقصاء أحد النوعين ومنه نقول المنافسة غير تعادلية.

إستراتيجية أخرى تعرف بالتضاد البيوكميائي و هي إستراتيجية منافسة نشطة, حيث بعض النباتات لها القدرة على إفراز مواد (ناتجة عن الأيض الثانوي) تكبح نمو أو إنبات أنواع أخرى وذلك عن طريق الجذور, الأوراق أو الجذور الفطرية, أين تتوضع هذه المواد بالتربة بجوار النبتة الأم وتبقى فترة زمنية قبل تدهورها بالكائنات الدقيقة. تمتص هذه المواد السامة مع محلول التربة من طرف جذور النباتات المجاورة, تنقل عن طريق الخشب إلى العضو الهدف أين تعمل على كبح الميتوز بالمرستيم الجذري, الحد من فتح الثغور, كبح عمل بعض الأنزيمات وتركيب البروتينات ومنه موت النبات المجاور.

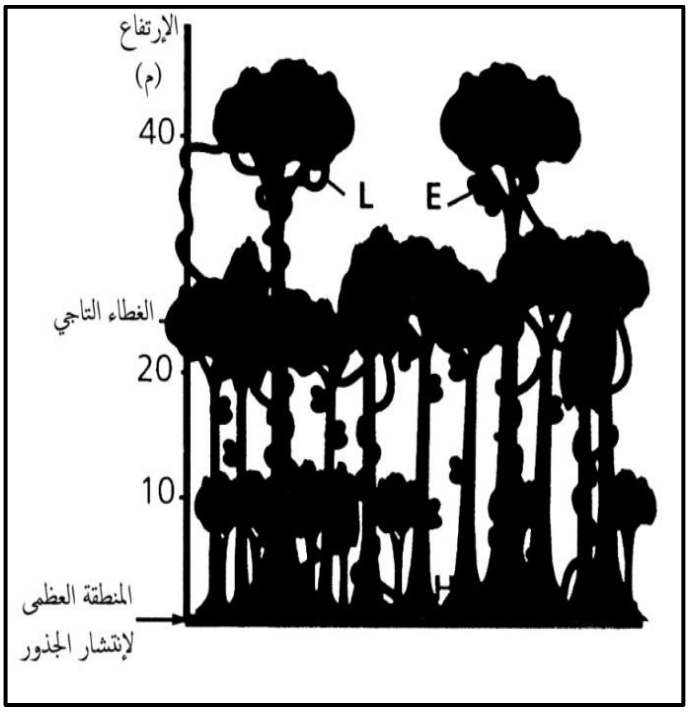
**ملاحظة**

**التسهيل:** التسهيل عكس المنافسة أين بعض النباتات هي ضرورية لتوضع نباتات أخرى بالوسط. (Meyer et *al.*, 2008).

### 1.5. مختلف نطاقات الغابات الكثيفة المستديمة

تتميز الغابات الكثيفة بأنواع شجرية كبيرة, نباتات متسلقة (les Lianes), نباتات ملاصقة أو ملازمة (les Epiphytes) (نباتات لا تتجذر بالتربة و تتطور على نباتات أخرى), إضافة لنباتات عشبية و العديد من النباتات اللازهرية (Cryptogames).

حسب متطلباتها من الضوء النباتات تتوزع في 3 إلى 4 طبقات أو نطاقات متشجرة و هي تميز الغابة الكثيفة (شكل26).




**شكل 26: النطاقات النباتية بالغابات الإستوائية الكثيفة (Meyer et *al.*, 2008).**

L: المتسلقات, E: الملاصقات أو الملازمات, H: الأعشاب.

**ملاحظة**

يطلق على النباتات المتأقلمة للضوء الوافر بالنباتات الشمسية أو الضوئية (Héliophytes) و يطلق على النباتات المتأقلمة للظل بنباتات الظل (Sciaphytes).

#### 1.1.5. الأشجار (مغطاة البذور (Angiospermes))

يبلغ إرتفاع الأشجار الأكثر حجما حوالي 40م و تظهر فوق الغطاء التاجي (la Canopée) الذي يتشكل من أشجار متوسطة الطول حيث يصل طولها إلى 20م وتعمل على حجب الضوء عن الأشجار الصغيرة و ما تحت الخشب.

الأشجار الكبيرة لها جذع ضيق بخشب كثيف و الذي لا يتفرع إلا في نهايته, عامة قاعدة الجذع تتوسع لتشكيل دعامة تعمل على تثبيته. و هي تمتاز بجذور سطحية تنتشر بصفة جانبية في الأفق 1 (حوالي 20 إلى 30 سم كقطر) أين تتواجد المغذيات.

تربة هذه الغابات جد فقيرة من المغذيات, بفعل الغسل بالأمطار المترددة, الفرش يتحلل بسرعة, بفعل الكائنات الدقيقة, و هذا بمناخ جد محفز لنشاط الجذور الفطرية التي ترفع فعالية الامتصاص الجذري.

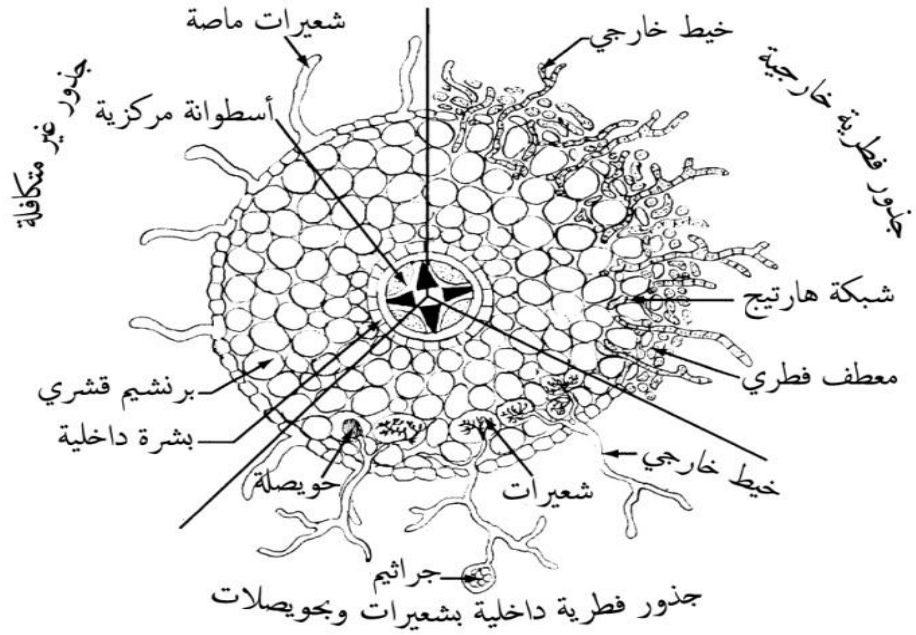
فالنباتات تحت ضغط المنافسة تدخل في علاقات تكافلية مثلا جذر– فطر أو نبات–بكتيريا لرفع كفاءتها على إمتصاص الماء, التأقلم, تثبيت الآزوت...

**العلاقة نبات–متكافل**

النبات يدرك الكائنات الحية المنتشرة بوسطه ويدخل معها في علاقات دفاعية défensives، هجومية offensives أو تعاونية coopératives.

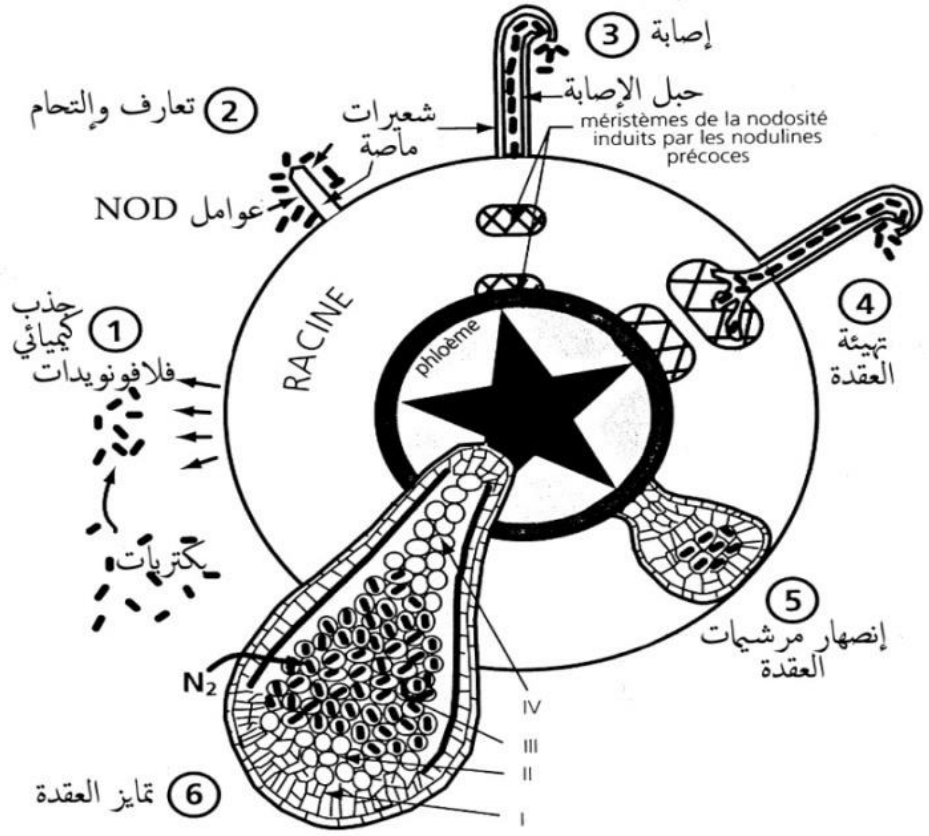
فمعظم النباتات تقيم علاقات تكافلية مع كائنات دقيقة وكمثال:

– **الجذور الفطرية (les mycorhize)** وهي رابطة بين فطر وجذر تنقسم إلى نوعان: جذور فطرية خارجية و جذور فطرية داخلية بشعيرات وحويصلات (شكل 27), وتمثل التكافل الأكثر إنتشارا عند النباتات الأرضية, ذات أهمية في التغذية المعدنية للنبات (بفضل سطح هيفات الفطر ذو الكفاءة العالية على الإمتصاص) و في الحماية من الإصابة بالكائنات الدقيقة الممرضة في مستوى التربة.




**شكل 27: مقطع عرضي في جذر نبات ثنائي الفلقة مقارن لنوعي الجذور الفطرية ( Meyer et *al.*, 2008).**

- **العقد (les nodosités)** و هي روابط لبكتيريا أو طحالب زرقاء وعامة جذور تلعب دور في تغذية النبات وتتم حسب المراحل المبينة في الشكل التالي:




**شكل 28: أهم مراحل تشكيل العقدة (Rolfe et Gresshoff, 1988).**

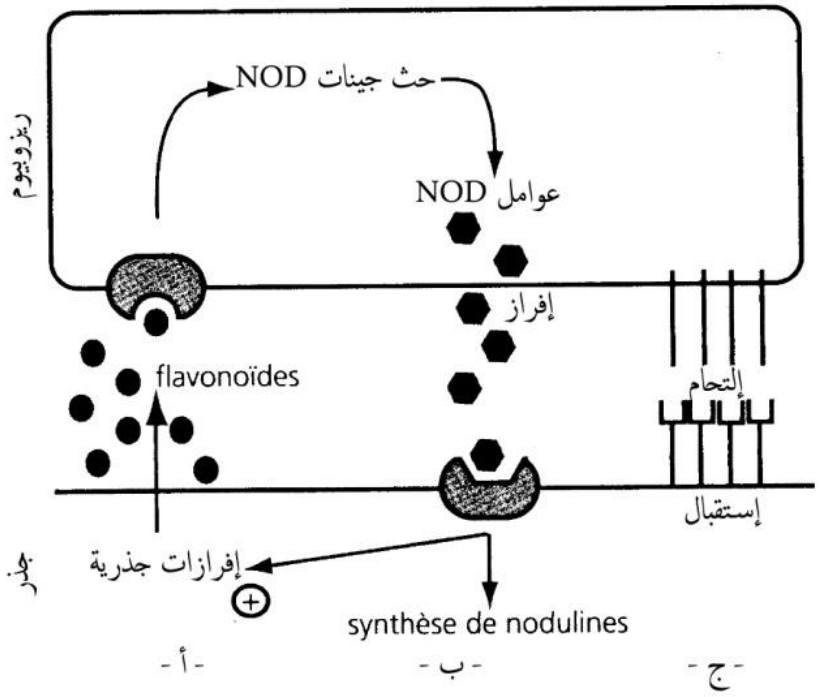
- **Les endophytes** و هي علاقة تكافلية بين فطر وساق أين يعيش الكائن الدقيق معظم حياته داخل النبات بالمرستيمات و لا يظهر أي أعراض لتواجده, يعتقد أن الكائن الحي يقدم للنبات المضيف دفاعات كيميائية ضد آكلات العشب ويساعده في النمو ومقاومة الإجهاد المائي ومنه القدرة على المنافسة.

بعض هذه الكائنات تصبح ممرضة عند إجهاد النبات أو عند تقدمه في السن فيجهل إن كانت هذه الأخيرة هي عوائل ممرضة كامنة أو مثال عن علاقة نبات–كائن دقيق تتطور من التعاون إلى التطفل.

**آلية التعارف بين المتكافل والمضيف**

تتم بفضل محادثة كيميائية وكمثال نأخذ آلية تشكل العقدة (شكل 29):

يركب النبات ويفرز الفلافونويدات (أيض ثانوي), التي تستقبل من طرف البكتيريا بمستقبلات غير معروفة, مما يؤدي إلى إنجذاب هذه الأخيرة وحثها على إنتاج عامل NOD, هذا الأخير يستقبل من طرف النبات بمستقبل غير معروف هو الآخر مما يحثه على إفراز أكبر من الفلافونويدات, ومنه تلقن العقدة. عملية الإلتحام تتم بفضل تفاعل بين السكريات العديدة (les polysaccharides) المتواجدة بسطح البكتيريا واللكتين المتواجد بسطح المضيف.




**شكل 29: محادثة جزيئية (مبادلات لمنبهات كيميائية) بين ريزوبيوم وجذر الباقوليات (Selosse, 2000).**

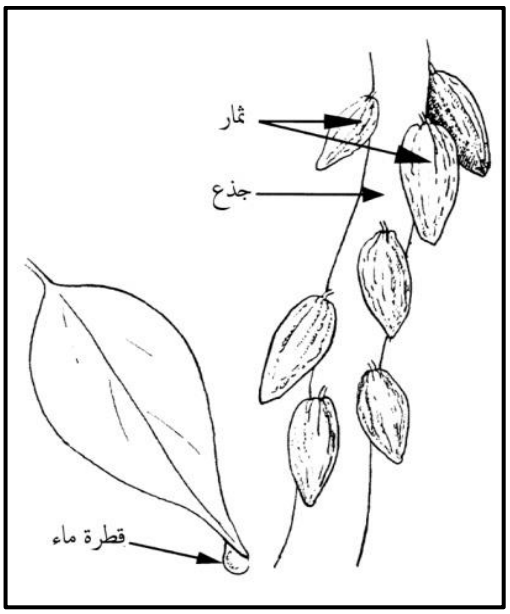
(Meyer et *al.*, 2008).

الأوراق عامة مقرنة الطرف فتنتهي بزاوية حادة تسمح بصرف مياه الأمطار أو التكثف, مما يجعل المساحة الورقية جافة متجنبة إنبات الجراثيم الممرضة (شكل 30).

حسب تعرضها للضوء الأوراق لها أنسجة (تشريح) مختلفة, الأوراق الفتية عادة أرجوانية لغناها بالأنثوسيانينات التي تلعب دور في الحماية ضد أكلات العشب (لون غير مرئي للحشرات) و دور في كبح تأثير الأشعة فوق البنفسجية, كما أنها تمثل شكل من أشكال تخزين السكريات المتحركة خلال نمو الورقة.

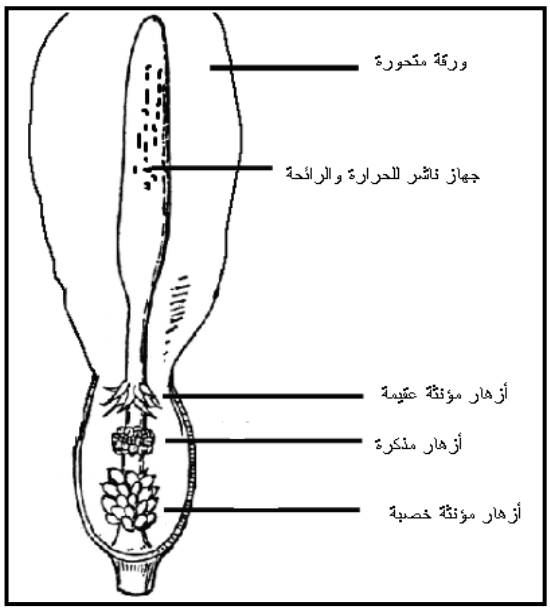
الأزهار ثم الثمار تتشكل على الجذع و الفروع الرئيسة (Cauliflorie) وهو ما تؤمنه براعم ذات أصل داخلي المنشأ (endogène) عرضية أو خارجي المنشأ (exogène) إبطية.

هذه الظاهرة تحفز تردد حيوان الخفاش للتلقيح و الحيوانات الأرضية لنشر البذور وهذا بجذبها باللون الحيوي, حجم أو رائحة الأزهار و الثمار التي تكون قليلة الإحاطة بالأوراق (شكل 22).



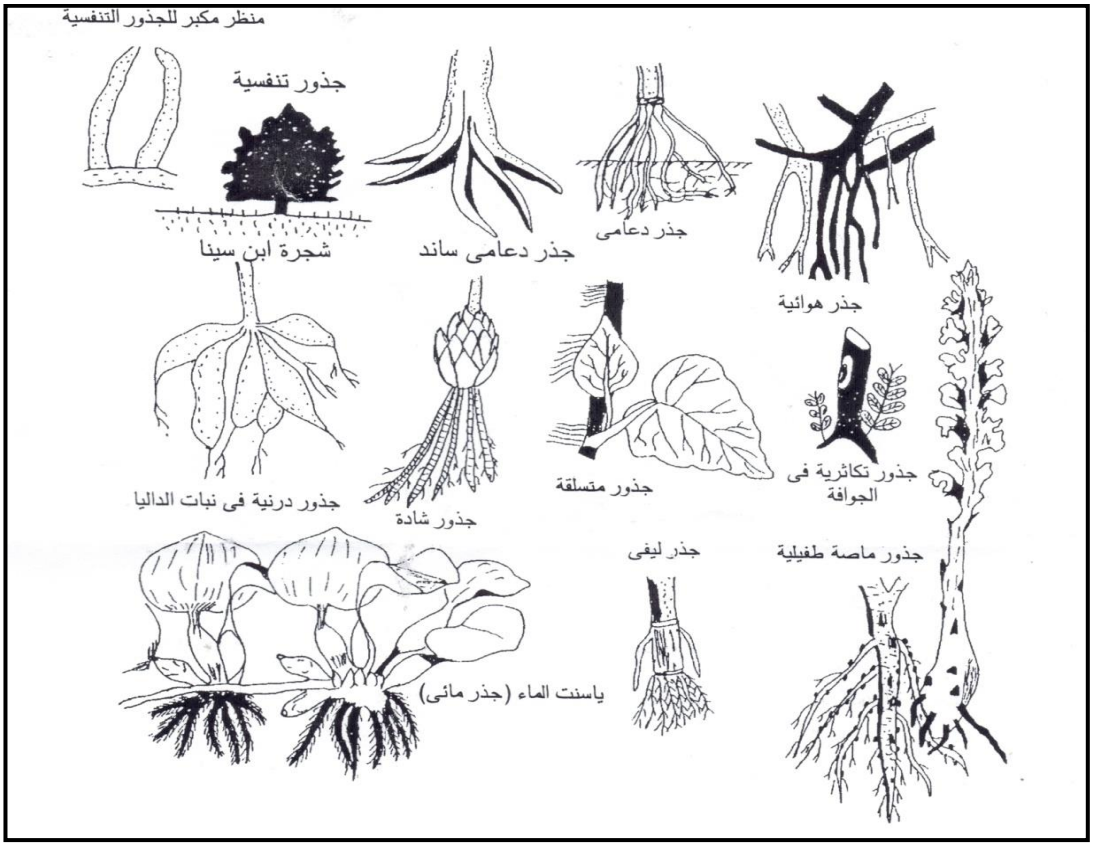

**شكل 30: بعض خصائص أشجار الغابات الكثيفة (Meyer et *al.*, 2008).**

كذلك هناك الجذب الحراري, حيث بعض النباتات مثل l'Arum تقوم بطرد حراري بالوسط المحيط بها إضافة للرائحة, مما يعمل على جذب الحشرات للتلقيح (درجة الحرارة تصل إلى 50°م في مقابل حرارة الوسط تساوي 15°م), وهذا بفضل زوائد منتفخة تتوضع بنهاية شمراخ النورة الإغريضية, حيث الطبقة الداخلية لهذه الإنتفاخات تحوي بالمقارنة تركيز عالي من الميتوكوندري التي تقوم بعملية التنفس بسرعة كبيرة مما يؤدي لتحويل عالي للإلكترونات, ومنه إنتاج الحرارة. هذه الآلية تستعمل كذلك في المناطق الباردة لخلق وسط خاص تنشط به الكائنات الدقيقة (شكل 31).




**شكل 31: جهاز ناشر للحرارة بالنورة الإريضية لنبات Armus (Meyer et *al.*, 2008 , مقتطفة).**

كذلك و بصفة عامة تتميز النباتات بهذه المناطق بوجود جذور عرضية تنفسية وهذا لتعويض نقص الأكسجين بالتربة خلال فترات معينة والناتج عن الأمطار المستديمة ومنه السماح بعملية التنفس الجذري, و الشكل 32 يظهر مختلف أنواع الجذور العرضية و هي جد مترددة بالغابات المطيرة.




**شكل 32: الأنواع المختلفة للجذور العرضية (البازيونس وآخرون, 2008).**

### 2.1.5. النباتات المتسلقة (les lianes) (منها نباتات مغطاة البذور, لازهرية و سرخسيات)

هي نباتات خشبية متسلقة, السوق طويلة ذات قطر صغير, متموجة, متحلزنة غير منتظمة وتبقى مرنة لعدم اكتمال قوس الكابيوم, أوعية الخشب جد عريضة (0.5 إلى 0.7 ملم) مما يسمح بنقل النسغ الناقص بسرعة لمسافة بعيدة, هذه النباتات تتسلق بفضل السروع, الأشواك, الكلاليب أو بفضل جذور عرضية لصوقة (بافراز مادة صمغية) ...

### 3.1.5. النباتات العشبية (منها مغطاة البذور و سرخسيات)

ما تحت الخشب بأوراق عصارية, بروز ثغورها يحفز النتح (إذا امتصاص الماء و الأملاح المعدنية) في وسط أين فرق الرطوبة بين النبات و الهواء جد ضعيف, كذلك ببعض الأوراق المبرشقة توجد مواد ملونة تمتص الأشعة الضوئية و منه الحرارة الساقطة عليها فترفع درجة حرارة الورقة وهذا يؤدي بدوره إلى إستمرارية النتح تحت ظروف الجو المشبع بالرطوبة.

التكاثر الخضري متردد في ما تحت الخشب بالفسيلة, الترقيد, التعقيل بالأوراق, السوق الجارية و هذا خاصة عند النباتات المتسلقة.

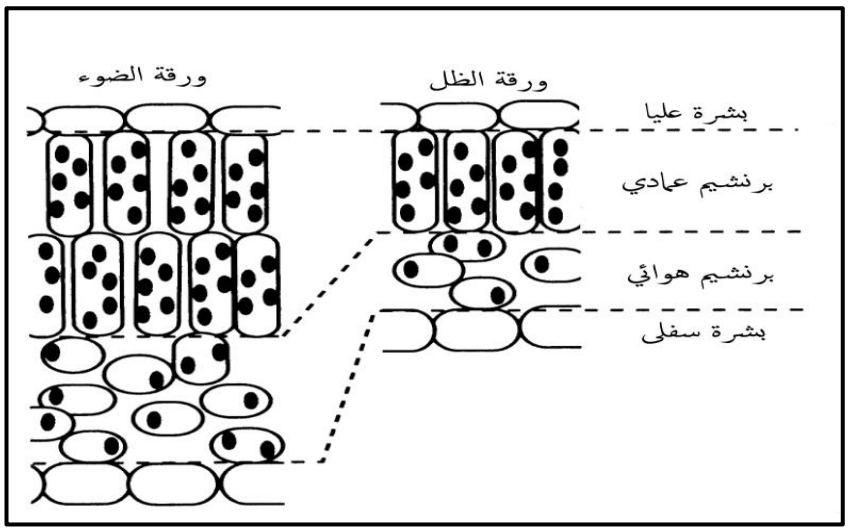
**الدورة التطورية:**

رغم غياب الفصول توجد فترات إزهار و إثمار قمية للعديد من الأنواع النباتية المنتشرة بهذه المناطق و ذلك له علاقة مع الذروة المناخية, وجود الكائنات الملقحة و الناشرة للبذور, إضافة لعوامل إنشائية داخلية كظاهرة الإزهار المتواقت لأفراد من نفس النوع.

## 2.5. تأقلم الأوراق للوسط الضوئي

بنفس الشجرة تدعى الأوراق المعرضة للضوء (بالقمة) أوراق ضوئية و تكون صغيرة وسميكة, أما الأوراق السفلى فتكون عريضة و رقيقة بها نسبة أكبر من اليخضور في وحدة الكتلة الجافة و تدعى أوراق الظل (شكل 33). أوراق الضوء تقوم بتبادل غازي أكبر من أوراق الظل, حيث ارتفاع معدل النتح بها يسمح بصعود النسغ الناقص لقمة الشجرة.

حسب درجة التعرض للإضاءة هذه الاختلافات التكيفية تظهر عند الفرد الواحد و بين الأفراد.




**شكل 33: التشريح بأوراق الظل و الأوراق الضوئية (Meyer et *al.*, 2008).**

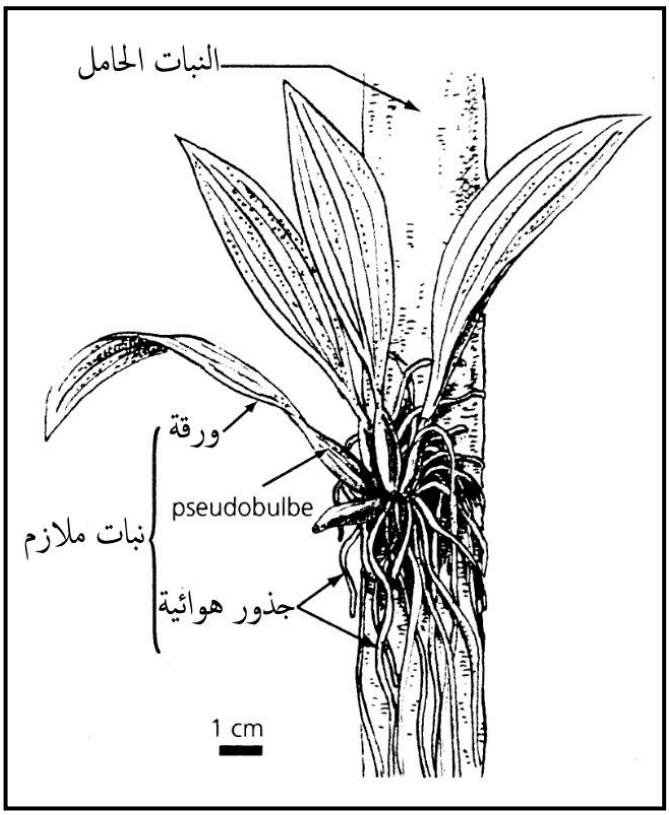
فيما تحت الخشب النباتات العشبية هي نباتات ظلية حيث تقوم أوراقها بعملية التركيب الضوئي بشكل فعال و ذلك باستقبال لطخة شمسية خاطفة (بعض الثواني) مرشحة من الغطاء التاجي, فأقل من 1% من الإضاءة الشمسية الساقطة تسمح بتنشيط عملية التركيب الضوئي و هذا حسب ما يلي:

بعض الأوراق تركز الإشعاعات الضعيفة بفعل البشرة التي تلعب دور مكبر أو بإصطياد هذه الإشعاعات بفضل عمل المرآة الداخلية. فأوراق العائلة السحلبية لها طبقة خلوية حمراء غنية بالأنثوسيانينات أو الجزرين تتوضع تحت الطبقة اليخضورية, الأنثوسيانينات تعمل كناشر للأشعة فتبعث للخلايا اليخضورية الأشعة الحمراء التي لم تمتصها و الجزرين يوسع طيف الامتصاص لليخضور في الطبقة الأقل إضاءة للورقة, هذه النباتات العشبية لها انحناء خاص حيث تبسط أوراقها للحد من التضليل.

### 3.5. بيولوجيا النباتات الملازمة أو الملاصقة (les épiphytes)

تمثل الملازمات 10% من النباتات الوعائية (Trachéophytes), لا تتصل بالتربة فتعيش على جذوع, فروع و في بعض الأحيان أوراق الأشجار المرتفعة و التي تعرف بالنباتات الحاملة (les phorophytes).

لا توجد صلة أو رابط غذائي بين النبات الملازم و النبات الحامل الذي يلعب دور وحيد و هو الحمل (شكل 34).

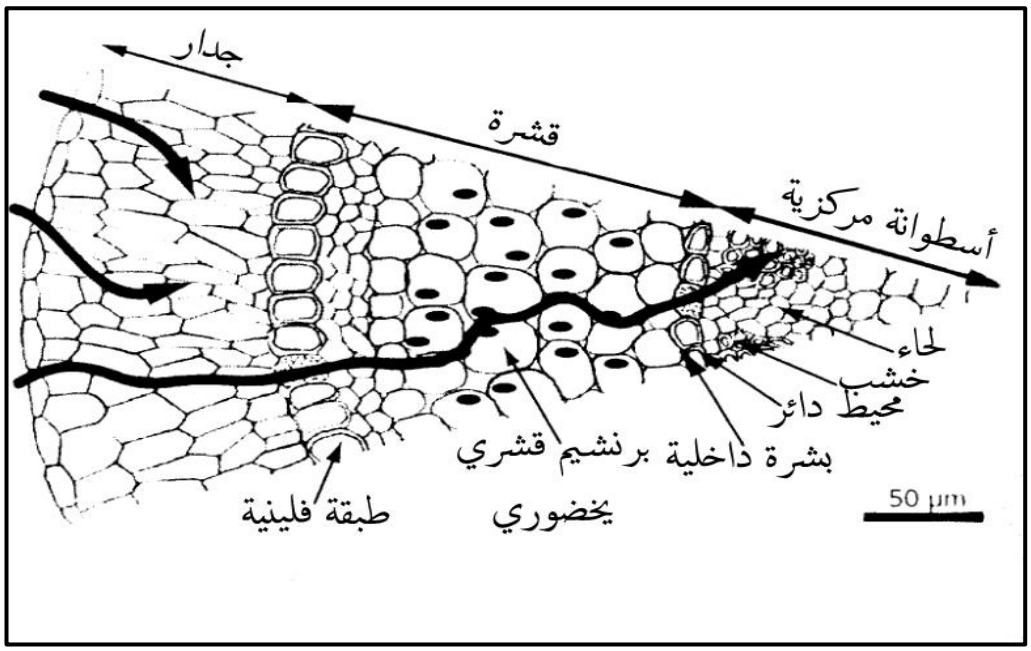



**شكل 34: نبات ملازم (Meyer et *al.*, 2008).**

الرطوبة المرتفعة للغابات الكثيفة تحفز تطور النباتات الملازمة, و هي عبارة عن Poïkilohydres (طحالب, كبديات وأشنات إنبعاثية) أو Homéohydres (سرخسيات ومغطاة البذور), تعيش على حامل عضوي خارج التربة في وسط جد فقير من المغذيات (Oligotrophe), التغذية المائية كذلك غير محققة أو متغيرة.

### 1.3.5. تجميع وتخزين مياه الجو

النباتات الملازمة تجمع الماء الجوي المتواجد على شكل بخار ماء, تساقط, ماء السيلان أو الجريان و ماء التكاثف الليلي. فمثلا النباتات الملازمة من عائلة Orchidacées و عائلة Aracées تجمع الماء بفضل جذور هوائية محدودة بطبقة خارجية شبيهة بالجدار (ذات نسيج هيجروسكوبي (Hygroscopic)), فهي مشكلة من العديد من الطبقات الخلوية الميتة بجدار خلوي متخشب, متفلن ذو ثقوب (شكل 35), فتمتص هذه الخلايا الماء الجوي و تنقله أو توجهه إلى داخل الجذور بطريقة مشابهة لعمل الإسفنج.



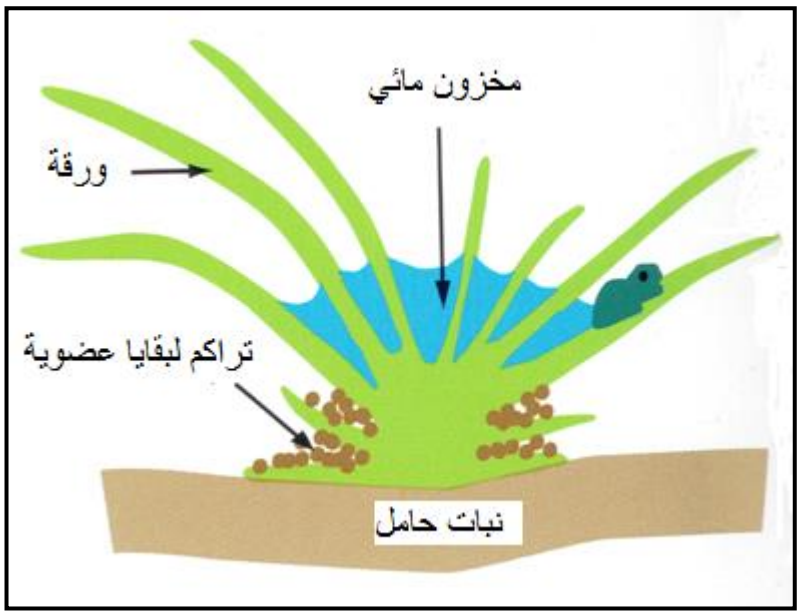

**شكل 35: التشريح بالجذور الهوائية للنباتات الجفافية الملازمة (Meyer et *al.*, 2008).**

أنواع أخرى خاصة الملازمات الجفافية لها أوراق بشعيرات كثيفة منغرسة بالأنسجة الناقلة, في الوقت الرطب تتبلل الشعيرات بالماء و الأملاح أين توجه الماء إلى داخل الورقة و في الوقت الجاف الشعيرات تجف و تذبل على مساحة النصل مما يحد من عملية النتح.

العديد من النباتات الملازمة لها ميثابوليزم CAM, فتحد من فقد الماء بالنتح ليلا. أعضاؤها الهوائية جد مشمعة.

تتوضع النباتات الملازمة حسب تحملها للجفاف العابر بين فترتين مطريتين بنطاقات من القاعدة وحتى القمة الشجرية, فنجد نباتات ملازمة رطوبية في ما تحت الخشب, وسطية و جفافية في مستوى الغطاء التاجي, وهذا التوزيع يرتبط كذلك بمتطلباتها الضوئية.

– **الماء المجمع يوضع كمخزون** إما خارج النبات في قعر أو جوف الأوراق التي تلعب دور خزان, أو داخل النبات في البرنشيم المائي كما هو الحال عند الصباريات. تعيش بالمخزون الخارجي العديد من البكتريا, الطحالب و اليرقات الحشرية مما يسمح بتعبئته بالمادة العضوية الناتجة عن جثث هذه الأخيرة مما يجعل الماء غني بالآزوت و الفوسفات, و بالتالي توفير تغذية معدنية للنبات الملازم الذي يعيش على المربى المنشأ (شكل 36)




**شكل 36: مرفولوجيا نبات ملازم (Meyer et *al.*, 2008).**

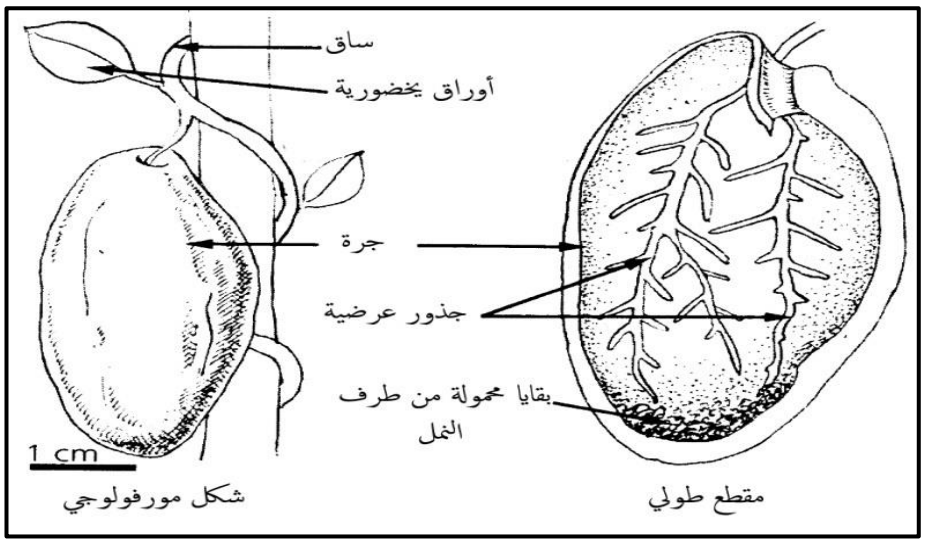
### 2.3.5. العلاقة التكافلية نبات ملازم – نمل (Myrmécophyles)

توفر الملازمات للنمل المسكن و أحيانا الغذاء و بالمقابل النمل يوفر لها بقايا مغذية بالقرب من الجذور, كما يقوم بالدفاع عنها وعلى النبات الحامل ضد آكلات العشب.

فمثال تنشئ بعض النباتات أوراق متحورة بشكل جرة (Urnes) تتخذ كمسكن للنمل, أين يراكم هذا الأخير المغذيات, فيبعث النبات بجذور عرضية بالبقايا المغذية و يمتص المواد المنحلة كالآزوت المعدني (شكل 37).

الجدار الداخلي لهذه الأوراق المتحورة شمعي غير نفوذ لكن به ثغور تسمح بامتصاص ثاني أكسيد الكربون الناتج من تنفس النمل و الكائنات الدقيقة المحللة للمغذيات.

فجل النباتات الملازمة تموت إذا فقدت هذه العلاقة التكافلية مما يظهر أهمية هذا التعايش.




**شكل 37: ورقة متحورة لنبات *Dischidia rafflesiana* (Meyer et *al.*, 2008).**

هذا حسب ما جاء به Meyer et *al.* (2008).

### 4.5. الدفاعات المطبقة من طرف النباتات ضد آكلات الأعشاب (les herbivores)

كثافة الكائنات الحية المتغذية على النبات و شدة تنوعها بالمناطق الإستوائية تفرض على هذا الأخير تطوير عدة طرق للدفاع عن نفسه بمكان تطوره.

فالنبات بتركيبة أو بنيته ومحتواه الكيميائي يكون كريه الطعم مما يحد من إستهلاكه من طرف آكلات الأعشاب, فالنبات مثبت بالتربة, لا يستطيع الهروب أمام الحيوان المفترس (prédateur), فيطور عدة إستراتيجيات ممثلة في:

- إختزال تأثير الهجوم المحدث.

- الوقاية من هجوم مستقبلي.

- تحمل الهجوم الآني.

و تظهر بوضوح نوعان من الآليات الدفاعية:

- **دفاعات مباشرة:** رادعة لآكل العشب, وتشمل كل خصائص النبات التي تحد من الهجوم وترفع من القيمة الإنتخابية أو الإنتقائية للنبتة.

- **دفاعات غير مباشرة:** والتي تحفز إفتراس أو قنص آكل العشب.

**1.4.5. الدفاعات المباشرة** وهي نوعان:

**1.1.4.5. الدفاعات المورفوتشريحة**

وتمثل الأشكال التي تمنع أو تأخر آكلات العشب عن تناول النبات, كما تظهر وظائف أخرى خاصة في الحد من النتح ومنها:

– الأشواك التي تصيب فم آكلات العشب خاصة عند الثدييات (les mammifères) ;

– البشرة ذات الأدمة السميكة و الملساء, والتي تجعل حافة النصل قاسية وأقل إشتهاءا بفعل إنتشار الضوء الأبيض, مما يحد من الإخضرار الورقي ;

– كتلة الشعيرات في المساحة الورقية و تواجد شعيرات غدية مثل شعيرات نبات الحرايق.
نقول عن هذه الدفاعات أنها تكوينية حيث تتواجد قبل هجوم آكل العشب.

في بعض الأحيان الدفاعات المورفوتشريحة يمكن أن تكون محثة بفعل الهجوم وتظهر على الأعضاء الجديدة, مثل الأشواك الأكثر طولا على الأغصان الفتية أو الشعيرات الكثيفة على الأوراق حديثة التكوين.

هذه الآلية تسمح بإستثمار الطاقة وذلك بتوجيهها للنمو والتكاثر عند غياب الخطر.

**2.1.4.5. الدفاعات الكيميائية**

**– البنيوية أو التركيبية:**

النبات يكوّن جزيئات تعتبر سامة لآكل العشب وهي ناتجة عن الأيض الأولي (أحماض آمينية, بروتينات, سكريات وأحماض دهنية) أو الثانوي (الجزيئات الآزوتية، المركبات الفينولية والتربينات) فتؤثر عامة على بعض الأعضاء الحيوية الحساسة كالجهاز العصبي, التنفسي والإطراحي للحيوان المفترس.

**مختلف إستراتيجيات الدفاعات الكميائية:**

– تثبيط همّة آكل العشب وذلك برفع قساوة الأنسجة الذهنية, بفعل تركيب جزيئات جدارية كالبروتينات واللجنين, التي تؤدي مثلا لذوق مر، لاسع و قابض.

– تسميم آكل العشب وذلك بجزيئات ينتقل تأثيرها من إزعاج معوي طفيف إلى كبح الإطراح ( مثل بعض glucosinolates), ومنه إلى تأثيرات خطرة لعمل الجهازين العصبي والتنفسي. التراكيز القليلة لبعض القلويدات مثل l'aconitine تؤدي إلى موت المستهلك.

**التأثير السام للجزيئة غير ضروري أحيانا** حيث مؤشراتها الضارة كافية وذلك بلونها أو رائحتها. فمثلا اللون الأسود الأرجواني للثمار العنبية لنبات *Atropa belladonna* تدل على سميتها بالنسبة للثدييات، لكن هذا اللون ليس له تأثير على العصافير و على العكس هو علامة جذب بالنسبة إليها.

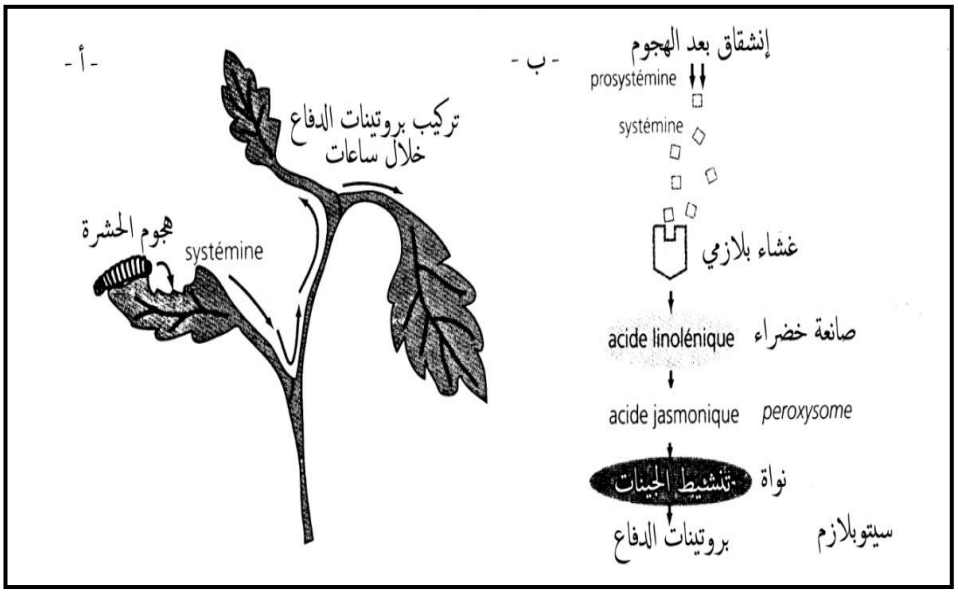
**التركيب والاستعمال الفعال:**

الدفاعات الكميائية في تسوية مستمرة بين الكلفة والفائدة أين الثمن الطاقوي لتركيب جزيئات الدفاع يجب أن يتوافق مع النمو والتكاثر. كذلك هناك تنافس بين تركيب الجزيئات الأولية والثانوية, وتوجد نظرية تذهب إلى أن مؤشرات الخطر هي كذلك جد مقتصدة للطاقة.

كما أن تركيز المثابوليزم الثانوي يختلف من عضو إلى آخر حسب مرحلة التطور وهذا بطريقة جد سريعة ودقيقة مما يسمح للنبات بأقلمت دفاعاته.

**– الدفاعات الكيميائية المحثة**

بعض الجزيئات تظهر فقط بعد التعرض لهجوم آكل العشب فهي محثة من طرف الإصابة المرتبطة بالحيوان المفترس, وذلك بفعل نظام إنذار ممثل في جزيئة Systémine التي ترسل من طرف الخلايا المصابة مما يؤدي لإنطلاق عدة تفاعلات تنتهي بتشكيل جزيئات الدفاع كما يوضح الشكل 38.



**شكل 38: الدفاعات الكيميائية المحثة. (Bergey et *al.*, 1996).**

ويكون الحث على عدة مستويات من الأنسجة مرورا بالكائن الحي وحتى في مستوى المجموعة وذلك بإرسال غازات طيارة من طرف النباتات المصابة كالإيثيلان مما يحفز النباتات المجاورة على تكوين دفاعات إستباقية ضد آكل العشب.

### 2.4.5. الدفاعات غير المباشرة

بعض آليات الدفاع ليس لها تأثير مباشر على آكلات العشب فهي تؤثر على الحيوان المتطفل أو المفترس لها فتعمل على جذبه.

#### 1.2.4.5. الدفاعات غير المباشرة التكوينية

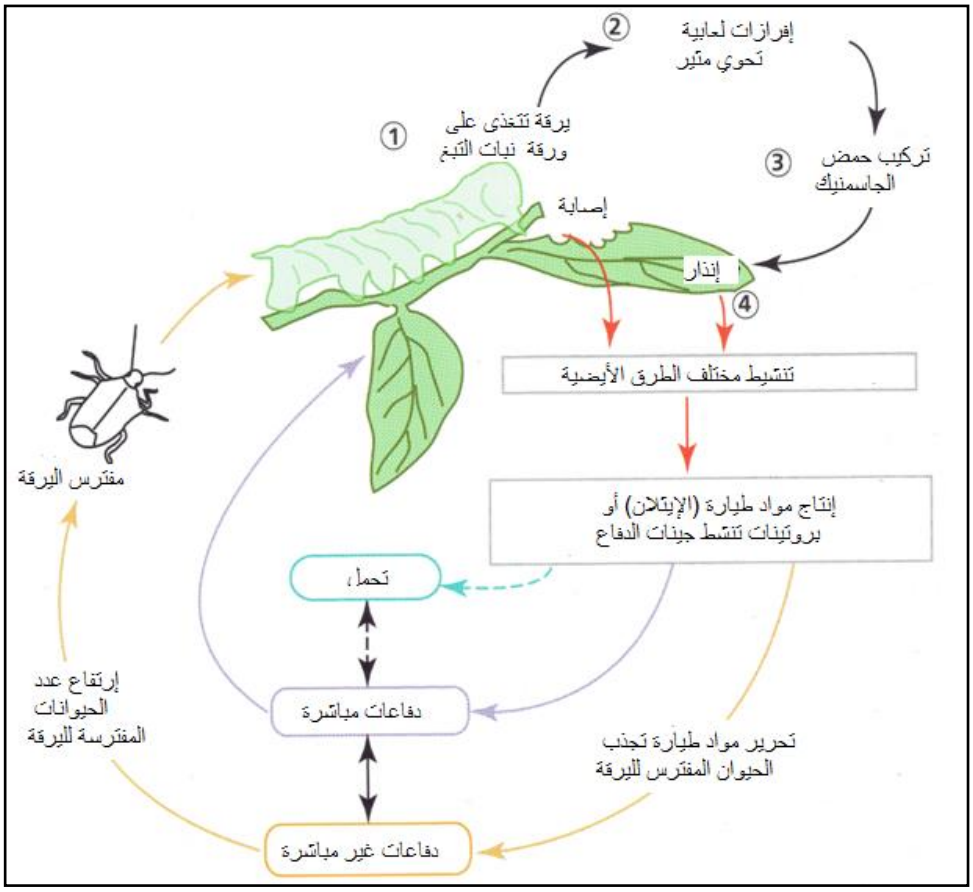
تمثل جميع الأشكال التي تحفز جذب الحيوان المفترس لآكل العشب قبل إنطلاق الهجوم, فتوفر له الحماية أو الغذاء, مثلا هي توفر المسكن من خلال السوق البصلية، المعاليق اللولبية , شعيرات في مستوى العروق..., كما توفر الغذاء من خلال أنسجة متخصصة وإفرازات معينة مثل الرحيق.

#### 2.2.4.5. الدفاعات غير المباشرة المحثة

تمثل جميع الأشكال التي تحفز جذب الحيوان المفترس لآكل العشب بعد الهجوم, ومثال ذلك تحرير مواد طيارة بالجو.

من خلال الشكل 39 بعد الهجوم على نبات *Arabidopsis thaliana* من طرف *Pieris brassica* نلاحظ إنطلاق ثلاث طرق للدفاع تعتبر محثة, وتنشط من طرف جزيئة حمض الجاسمونيك الذي يتشكل بتحفيز من لعاب آكل العشب (تحفيز خارجي) أو بمواد Oligosaccharines (تحفيز داخلي).

الطرق الثلاث منها ما يمثل دفاع مباشر ومنها ما يمثل دفاع غير مباشر بإستقدام الحيوان المفترس لآكل العشب.




**شكل 39: مختلف الطرق الدفاعية الكيميائية بعد الهجوم من طرف آكل العشب ( Kassler et Baldin, 2002).**

هذا حسب (Meyer et *al.*, 2008).

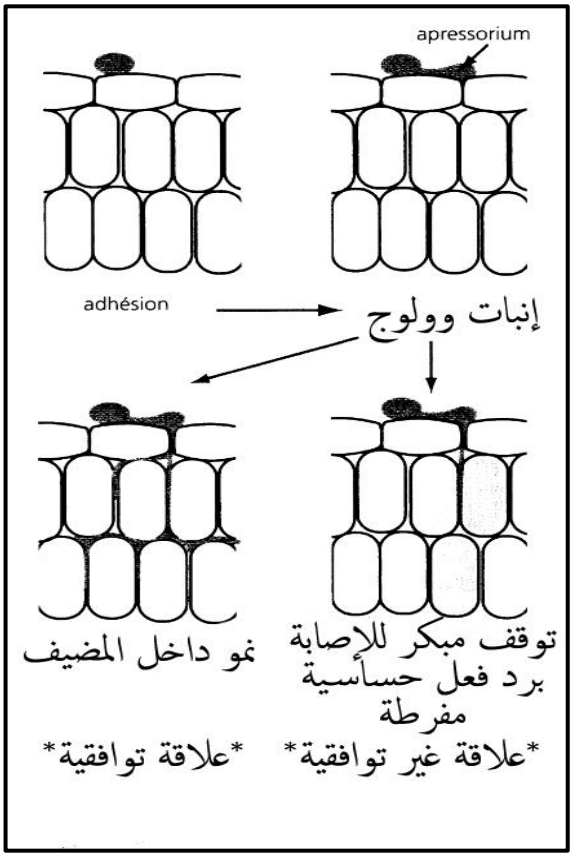
### 5.5. العلاقة نبات–عائل ممرض

النبات في وسطه لا يكون عرضة لآكلات العشب فقط, بل هو كذلك عرضة لنباتات متطفلة والملايين من العوائل الممرضة من فيروسات, بكتيريا, خيطيات والتي تصيب الأعضاء الأقل حماية كقمة الجذور والفتحات الطبيعية كالعديسات, وعليه تقوم النباتات بدفاعات ضد هذه العوائل الممرضة تؤمن أساسا بفضل الأيض الثانوي.

#### 1.5.5. التوافق وعدم التوافق بين النبات والعائل الممرض

عدم إكتشاف النبات للكائن الحي المهاجم يؤدي إلى الإصابة وظهور أعراض المرض, ومنه نقول أن النبات حساس والعلاقة متوافقة. وعلى العكس إذا تعرف النبات بصفة خاصة على الكائن الدقيق وطور رد فعل دفاعي ضده نقول أنه مقاوم للمهاجم والعلاقة غير توافقية, أين الإصابة تتوقف مبكرا (شكل 40).

والدفاع كما لاحظنا بالمحور نبات–آكلات عشب ممكن أن يكون محث أو تكويني كالبشرة المشمعة, الجدر الثخينة, أيض ثانوي مخزن في الفجوات...




**شكل 40: علاقة توافقية وأخرى غير توافقية بين العائل الممرض والمضيف (Lepoivre, 2003)**

### 2.5.5. أهم مراحل العلاقة غير التوافقية مضيف–عائل ممرض

تعتمد عملية التعرف على الكائن المهاجم على تفاعلات جزيئية جينية, وهذا حسب النظرية جين مقابل جين (الجين المقاوم للنبات وجين الكائن الدقيق). أين تعمل الجينات من جهة على تكوين مستقبلات ممثلة في بروتينات غشائية أو سيتوبلازمية غنية باللوسين ومن جهة أخرى تكوين بروتينات تحفز إنطلاق مختلف ردود الفعل الدفاعية للنبات, ومنها رد فعل الحساسية المفرطة الذي يرتبط بالموت السريع. فبعد 24 ساعة من نفوذ العائل الممرض يحدث موت خلوي مبرمج حول نقطة الإصابة مما يمنع تغذية الكائنات الدقيقة (المتغذية على النسج الحية Biotrophes), تتمزق الحجرات بين الخلوية ويتم تحرير جزيئات الأيض الثانوي المخزنة في الفجوات التي تعمل على قتل الكائنات الدقيقة المتغذية على النسج الميتة (Nécrotrophes).

### 3.5.5. رد فعل الحساسية المفرطة

هو يحث ردود فعل دفاعية محيطة بالإصابة وأخرى على مسافة وهذا على ثلاث مستويات:

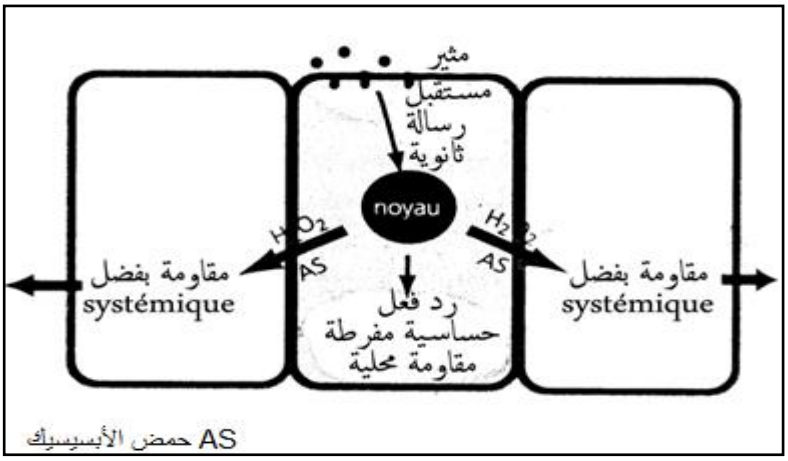
– **دفاعات محلية:** موت الخلايا التي على إتصال مع الكائن الحي ويرتبط بتراكم مبكر لشكل نشط من ثنائي الأكسجين ($o_2$, $H_2O_2$) أين بمجرد الإصابة يتهيج إنتاج هذا الأخير بفعل التنفس الخلوي الكثيف مما يؤدي لإتلاف اللبيدات الغشائية, البروتينات والأحماض العضوية وهي كذلك مواد سامة للكائنات الدقيقة.

– **دفاعات محيطية:** بعض المواد كثنائي الأكسجين, حمض Salicylique , حمض الجاسمونيك والإيثيلان والتي تنتج من طرف الخلايا محل الإصابة, تلعب دور رسالة في حث جينات الدفاع لإنتاج مواد Phytoalexines (ناتجة عن الأيض الثانوي ذات وزن جزيئي ضعيف ولها نشاط مضاد للمكروبات) أو بروتينات الدفاع (Pathogènes–related PR) (هي ذائبة جد ثابتة وبنشاط مضاد للمكروبات كذلك), هذه المواد تركب بالخلايا المحتضرة حول الإصابة وتعمل على إيقاف تطور وقتل العائل الممرض.

كذلك يتم دعم رد الفعل الدفاعي بدور الجدر الخلوية التي تقاوم بفعالية الهجوم الأنزيمي للمكروبات حيث تراكم الجلايكوبروتين والغني بـ (Hydroxyproline (HRGP,

في حالة هجوم الفطريات الخلايا المضيفة تدعم جدرها بتشكيل حليمة من الكالوز واللجنين وهذا بمكان نفوذ الخيط.

– **حث الدفاع على مسافة أكبر:** الدفاع المحث محليا ينتقل بباقي النبات ومنه إكتساب إستباقي للمقاومة, وهذا بفضل جزيئة Systémine (شكل 41). حيث العديد من المواد كثنائي الأكسجين, حمض Salicylique , حمض الجاسمونيك والإيثيلان (Volatile) والتي دور منبهات بين خلوية تحث إنطلاق الدفاع إبتداءا من جزيئة Systémine .




**شكل 41: مقاومة محلية محثة (Meyer et *al.*, 2008).**

النباتات لا تملك القدرة على ترميم الجزء المصاب, فتعزله أو تفصله (إسقاط الأوراق, الثمار وفقد أجزاء من الجذور), أين تعمل على تجديده بفضل المرستيمات وخاصية Totypotence للخلايا.

هذا حسب ما جاء به Meyer et *al.* (2008).

**ملاحظة**

النقاط المرتبطة بالعلاقة نبات–كائن حي (آكل العشب أو مفترس, متطفل, متكافل...) ليست خاصة بوسط معين فهي تنطبق بصفة عامة على كل الأوساط الحيوية (كل المحاور المتطرق إليها بالمطبوعة).

### 6.5. تلخيص الاستراتيجيات التأقلمية

المنافسة بين النباتات بالغابات الكثيفة تكون على الضوء, استعمال المغذيات, التربة (مساحة التموضع) و الحيوانات الناقلة لحبوب الطلع و للبذور.

تدير المجتمع النباتي علاقات جد متنوعة حيث نجد:

– المشاركة أين النباتات المتسلقة والملازمة في مقابل الأشجار يتشاركون لتقاسم المكان ومنه الضوء الساقط على الأوراق.

– التكافل مع الحيوانات للتغذية والتكاثر

– التكافل مع الفطريات (جذور فطرية) للتغذية.

– دفاعات فيزيائية و كيميائية ضد آكلات الأعشاب و العوائل الممرضة.

– التطفل: النباتات المتسلقة و الملازمة تتطفل على هندسة الأشجار فأحيانا تؤدي لتثقيل الشجرة مما يبطئ نموها و يؤدي لإنكسار أغصانها, كذلك نجد بعض النباتات في ما تحت الخشب تستمد منابعها من نباتات أخرى.


**ملخص**

العوائق المطبقة على النبات بالمناطق الإستوائية هي المكان المحدود في مقابل عدد الأنواع القادرة على الحياة (800 شجرة في الهكتار), منافسة هامة, فتنتشر المظاهر الحيوية النباتية من أشجار, متسلقات, ملازمات و نباتات عشبية.

وهي تتأقلم حسب الآليات التالية:

– المشاركة بين المتسلقات, الملازمات والحاملات
– التكافل نبات–حيوان
– التطفل
– تكافل جذر–فطر
– دفاعات فيزيائية وكيميائية ضد آكلات العشب والعوائل الممرضة

رفع القدرة على المنافسة مما يسمح بدخول الضوء, إستعمال المغذيات, التعاون مع الملقحات وناشرات البذور

(Meyer et *al.*, 2008).


## 6– مشاهد الأرض، شاهد على تأقلم المجتمعات النباتية للمناخ

### 1.6. مشاهد الأرض تختلف حسب خطوط العرض

الأقاليم النباتية هي مناطق بيوجيوغرافية تحوي كل منها نباتات وحيوانات خاصة, وتختلف حسب خطوط العرض التي تظهر إنخفاض لدرجة الحرارة وفصلية إبتداء من خط الإستواء وبإتجاه القطبين. كما تختلف الأقاليم النباتية حسب إنخفاض كمية التساقط إبتداءا من الساحل وبإتجاه قلب القارات الكبرى( النمط العالمي لإتجاه دوران الهواء المحمل ببخار الماء), وحسب العوامل الجيولوجية مثل توزيع الجبال، إرتفاعها وإتجاهها.

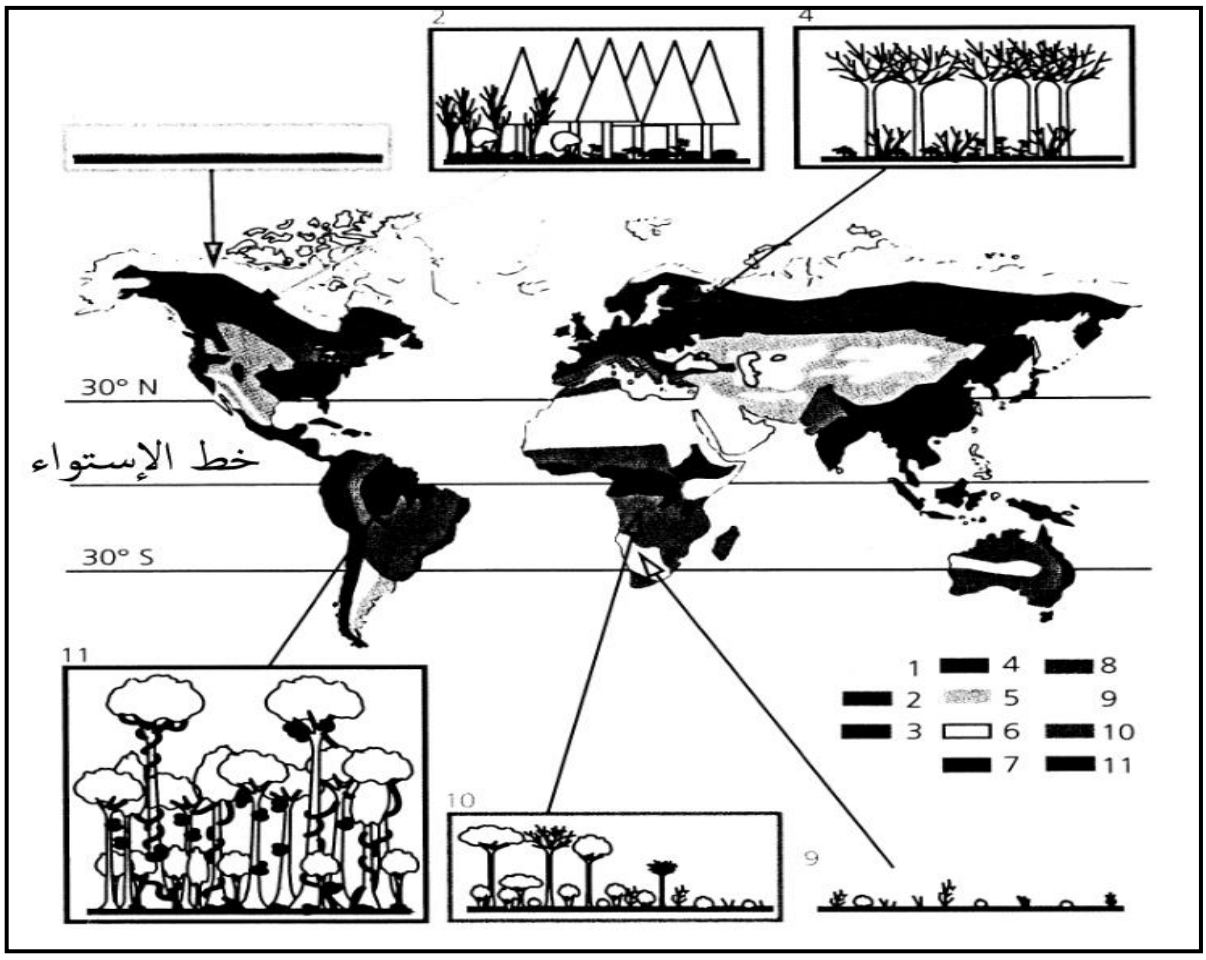
فالمناخ يحدد الإقليم، أين نجد مناطق مختلفة بمميزات مناخية متشابهة تظهر نفس الملامح ( La physionomie)، فتحوي أنواع نباتية مختلفة لكن بدورة حيوية وتأقلمات مقارنة.

إن تأثير خطوط العرض على النبات هي بالمقارنة مشابهة لتأثير الإرتفاع (ففي الحالتين الحرارة تتحكم في توزيع الأنواع النباتية), والجدول أسفله يعطي صورة عن مختلف الأقاليم التباتية المنتشرة, مميزات المناخ والتشكلات النباتية المنتشرة بها, متبوعا بالشكل 42 الذي يظهر مناطق إنتشار هذه الأقاليم.

**جدول: الأقاليم النباتية, تشكلاتها النباتية وخصائصها المناخية** (Meyer et *al.*, 2008).

| الإقليم | المناخ | التشكلات النباتية |
|---|---|---|
| التندرا (Toundra) | جد بارد شتاءا وجاف طوال السنة، تربة متجمدة بإستمرار. | تشكلات غنية بالنباتات اللازهرية (الطحالب والأشنات) ، النباتات العشبية والأرضيات القزمية. |
| الغابات الشمالية أو التيجا Forêts boréale ou taïga | قاري (continental) بارد: الشتاء بارد و التساقط قليل. | غابات مخروطية (معراة البذور) conifères ببعض الأنواع السائدة (pin, épicéa, sapin…) مع وجود نباتات بأوراق متساقطة (Bouleau, Peuplier…) |
| الغابات المعتدلة متساقطة الأوراق. (الغابات النفضية) Forêt tempérée Décidue | معتدل: صيف حار وشتاء بارد، تساقط موزع طوال السنة. | غابات مغطاة البذور نفضية (Forêt d'Angiospermes décidues) مع بعض الأنواع الشجرية السائدة (البلوط والزان) ونباتات عشبية معمرة. |
| الإستبسأو أراضي الأعشاب (Steppe) | قاري: شتاء جد بارد، صيف جد حار وجاف. | تشكلات عشبية مفتوحة غنية بالكلئيات. |
| الصحارى Désert | جاف | نباتات متفرقة, مشتتة: بذريات, عصاريات وجفافيات حقيقية |
| الغابات الجافة للبحر الأبيض المتوسط Forêt sclérophylle méditerranéene | البحر المتوسط: صيف حار جاف وشتاء بارد رطب. | غابات الأشجار الدائمة بأوراق صلبة (الخروب، الفلين، البلوط، الصنوبر، الزان، الأرز، الزيتون). تدهور متردد بفعل الحرائق مما يؤدي لإنحصار وتراجع الغابة إلى أحراش:<br>– الماكويس: شجيرات دائمة الخضرة كثيفة شوكية بتوضع على تربة سيليسية رملية, وهو ناتج عن تدهور غابة البلوط الفليني ومثاله الخلنج)<br>– الجاريك: غني بالنباتات الأرضية الجافة و النباتات المختفية, يتوضع على تربة جيرية أو كلسية من نباتاته النباتات العطرية كالإكليل, الزعتر والخزامة وينتج من تدهور غابة البلوط الأخضر وعلى تربته تتم زراعة الزيتون النوع المميز لمنطقة لهذا الإقليم. |

| | | |
|---|---|---|
| غابات السافانا المدارية الفصلية (غابة Tropophile) Forêt et savane tropicale, saisonnière | مداري إلى تحت مداري فصلي, ساخن و جاف خلال الفصل الأقل تشميس. | غابات مغطاة البذور متساقطة الأوراق forêt d'Angiospermes caducifoliès سافانا: تشكل عشبي غني بالنصفيات رباعية الكربون مع بعض الأشجار متساقطة أو دائمة الأوراق جافة |
| غابات إستوائية كثيفة مطيرة Forêts tropicale dense ombrophile (Rainforest) | إستوائي: حرارة ورطوبة طوال السنة. | غابات مغطاة البذور دائمة ، دون نوع سائد للأشجار، غنية بالملازمات والمتسلقات, مهد أو أصل نشأة النباتات مغطاة البذور. |




**شكل 42: توزيع أهم الأقاليم النباتية بالعالم (Meyer et *al.*, 2008).**

1- تندرا , 2- غابات شمالية مخروطية, 3- غابات مختلطة, 4-غابات نفضية معتدلة, 5-الإستبس, 6-الصحاري, 7-المرتفعات, 8- الغابات الجافة للبحر الأبيض المتوسط, 9- شبه صحراوي, 10-الغابات المدارية , 11-الغابات المطرية الكثيفة.

### 2.6. الأقاليم النباتية تتطور طبيعيا مع المناخ

إن خصائص الأقاليم النباتية وتوزيعها غير ثابت عبر الزمن، فمثلا المعطيات الجغرافية البيئية (paléo– écologique ) تظهر أنه نتيجة للتبريد الملاحظ خلال العهد الجليدي (glaciation) بالدهر الرابع (Quaternaire) تم قلب توزيع أقاليم المناطق المعتدلة أين كانت أوروبا الغربية تحوي غابات مدارية. كذلك نشاط الإنسان خلال الثورة الصناعية بالسبعينيات أدى لإرتفاع $Co_2$ الجوي مما نتج عنه إرتفاع درجة حرارة الأرض وتغير في توزيع التساقط خاصة بالنصف الشمالي للكرة الأرضية, فالأقاليم تخضع لتغيرات متسارعة للمناخ بإرتباطات يصعب تقديرها، حيث نجهل كيف أن الأوساط الجديدة تنتخب أنواع في زمن قصير مقارنة بسرعة تطور الكائن الحي.

يكون التنوع النباتي بالأقاليم التي عرفت ثبات عبر الزمن كالإقليم الإستوائي جد كبير وهذا مقارنة بالمناطق التي طرأ عليها تغيير بالدهر الرابع (المناطق المعتدلة).

فثبات الوسط يسمح بتنوعية التقسيمات في مقياس الزمن الجيولوجي وتغيرات المناخ تنتخب التأقلمات مهما كان القسم.

وتدهور الأقاليم النباتية (مثلا بفعل الإنسان) وفي الشروط الطبيعية يؤدي إلى تجددها ببطئ مع الزمن (مدة قرن بالمناطق المعتدلة) حتى التوازن وهو ما يدعى بديناميكية النبات فيؤدي لتوازن بين التربة، الحيوان، النبات والمناخ المحلي وهو ما يعرف بمجتمع الذروة (climax commurnty) وهذا تحت شروط المناخ الجديدة والسائدة (Meyer et *al.*, 2008).

# قائمة المراجع باللغات الأجنبية


- **Adams E. et Shin R., 2014.** Transport, signaling and homeostasis of potasium and sodium in plants. Journal of interactive plant biology, 56(3), 231−249.
- **Apse M. et Blumwuld E., 2007.** $Na^+$ transport in plants, FEBS letters, 581(12), 2247-2254.
- **Barragán V., Leidi E. O., Andrés Z., Rubio L., De Luca A., Fernádez J.A.,…et Pardo J.M., 2012.** Ion exchangers NHX1 and NHX2 mediate active potassium uptake into vacuoles to regulate cell turgor and stomatal function in Arabidopsis. The plant cell online, 24(3) ; 1127−1142.
- **Bergey et *al.*, *PNAS*, 93, 1996.** In Meyer S., Reed C. et Bosdeveix R. 2008 – BOTANIQUE, Biologie et physiologie végétales. 2ème édition, MALOINE, Paris. 490p.
- **Berthomieu P., Conéjéro G., Nublat A., Brackenbury W. J., Lambert C., Savio C.,…et Casse F., 2003.** Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that $Na^+$ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. The EMBO journal ; 22(9), 2004−2014.
- **Côme D., 1992 -** Les végétaux et le froid. Hermann éditeurs des sciences et des arts, Paris. 599p.
- **Domergue M., Legave J.-M., Calleja M., Moutier N., Brisson N. et Seguin B., 2004.** Réchauffement climatique et conséquences sur la floraison (abricotier, pommier, olivier). L'Arboriculture Fruitière, 578 :27-33.
- **Bournérias M., Arnal G. et Bock C., 2001.** Guide des groupements végétaux. Belin. 640p.
- **Bournérias M. et Bock C., 2007.** Le génie des végétaux. Des conquérants fragiles. Belin pour la science. 287p.
- **Deinlein U., Stephan A. B., Horie T., Luo W., Xu G. et Schroeder J. I., 2014.** Plant salt-tolerance mechanisms. Trends in plant science, 19(6), 371-379.
- **Ducreux G., 2002 -** Introduction à la botanique. Belin, Paris. p187-214.
- **Dupont F, J .-L. Guignqr D., 2007** -Botanique Systématique Moléculaire. Elsevier Masson. S.A.S. p60-75.

- **Dupont F. ET Guignard J.-L., 2012** - Botanique. Les familles de plantes. 15ème édition, Elsevier Masson.300p.
- **Flowers T**. J., Troke P. F. et Yeo A. R., 1977. The mechanisme of salt tolerance in halophytes. Annuel review of plant physiology, 28(1), 89-121.
- **Golldack D**., 2004. Molecular responses of halophytes to high salinity. In progress in Botany ,pp. 219-234. Springer Berlin Heidelberg.
- **Hartsema A.M., 1961 -** Influence of temperatures on flower formation and flowering of bulbous and tuberous plants. In W. Ruhland ed. :Encyclopedia of plant physiology. Springer verlag, Berline. P 127-167.
- ***Heller R., 1978.*** *Abrégé de physiologie végétale : 1. nutrition. . Ed. Masson. P 25-123.*
- **Hilman W. S., 1962 -** The physiology of flowering. New York: Holt, Rinchart and Winston.
- **Hopkins W.G., 2003** - Physiologie végétale. Boek université, Bruxelles. 514p.
- **Kassler et Balding, 2002**. Annu. Rev. Plant. Biol. 53. In Meyer S., Reed C. et Bosdeveix R. 2008 – BOTANIQUE, Biologie et physiologie végétales. 2ème édition, MALOINE, Paris. 490p.
- **Korner, 1999.** in Meyer S., Reed C. et Bosdeveix R. 2008 – BOTANIQUE, Biologie et physiologie végétales. 2ème édition, MALOINE, Paris. 490p.
- **Laberche J.C., 2010** - Biologie végétale. Dunod, Paris. 305p.
- **Lang , A. et Mèlchers G. 1947 -** Vernalisation and devernalisation beieinersweijährigen Pflanze. Z. naturf. 2b :444.
- **Lepoivre P., 2003**. Phytopathologie. De Boeck et Larcier eds. 427p.
- **Maathuis F. J., 2006.** The role of monovalent cation transporters in plant responses to salinity. Journal of Experimental Botany, 57(5), 1137-1147.
- **Martin P., 2014 -** Les plantes à fleurs d'Europe, botanique systématique et utilitaire. 2ème édition, presse universitaire de Namur, Belgique. 289p.
- **Meyer S., Reed C. et Bosdeveix R. 2008.** Principal ref, BOTANIQUE Biologie et physiologie végétales. 2ème édition, MALOINE, Paris. 490p.
- **Miller-Rushing A.J. et Primack R.B., 2008 -** Global warming and flowering times in Thoreau's Concord: a community perspective. Ecology, 89, 332–341.
- **Morot-Gaudry J.F., Prat R., Bohn-Courseau I., Jullien M., Parcy F., Perrot-Rechenmann C., Reisdorf-Cren M., Richard L. et Savouré A., 2012 -** Biologie végétale croissance et développement. 2ème édition. Dunod, Paris.

- **Munns R. et Tester M., 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol., 59 :651-8.
- **Munns R., James R. A., Xu B., Athman A., Conn S. J., Jordans C., … et Gilliham M., 2012.** Wheat grain yield on saline soils is improved by an ancestral $Na^+$ transporter gene, Nature Bitechnologie, 30(4), 360-364.
- **Ozanda P.**, 1980. Les végétaux dans la biosphère. Doin. 431p.
- **Ozanda P., 2000 -** Les végétaux, 2éme Ed. Dunod, 516p.
- **Paul O., 2006 -** Les végétaux organisations et diversité biologique. 2ème édition, Dunod, Paris. 515p.
- **Quézel P., et Santa S., 1962 -** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique méridionales. Tome II. Editions du centre nationale de la recherche scientifique-France- Paris. 902-1087.
- **Raven P.H., Evert R.H. et Eichhorn S.E., 2007**- Biologie végétale. De Boek, Bruxelles. P 434-451.
- **Reynaud J., 2009 - Comprendre la botanique. Histoire, évolution, systématique**. Ellipses. P 77-85.
- **Robert D., Dumas C. et Bajon C., 1998 -** Biologie Végétale, la reproduction. Doin initiatives santé, Cedex. 61-366p.
- **Rolfe et Gresshoff, 1988**. In Meyer S., Reed C. et Bosdeveix R. 2008 – BOTANIQUE, Biologie et physiologie végétales. 2ème édition, MALOINE, Paris. 490p.
- **Rozema J. et Schat H., 2013. Salt tolerance of halophytes, reserrch questions reviewed in the perspective of saline agriculture. Environmental and exprimental botany, 92, 83-95.**
- **Sairam R. K. et Tyagi A., 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science-Bangalore, 86(3), 407-421.**
- **Selosse M. A., 2000.** La symbiose. Vuibert. 154p.
- **Shabala S. et Cuin T. A., 2008.** Potassium transport and plant salt tolerance. Physiologia Plantarum. 133(4) ; 651-699.
- **Smirnoff N., 1998.** Plant resistance to environmental stress. Current Opinion in Biotechnologie, 9(2), 214-219.

- **Spichiger R. E ., Savolainen V. V., Figeat M. et Jeanmonod D. 2009 -** Botanique systématique des plantes à fleurs, une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales.Presse polytechniques et universitaires romandes.413p.
- **Serge A., 2012.** Les adaptations des plantes alpines à la vie en milieu extrême. Station alpine Joseph Fourier & Laboratoire d'écologie alpine, Université de Grenoble, 50p. https://www.jardinalpindulautaret.fr/sites/sajf/files/pdf/AubertPlantesAlpines2012Montreal.pdf
- **Taiz L.** et Zeiger E., 2002. Plant physiology, 3ème ed. Benjamin/Cumming, 690p.
- **Yan L., Loukoianov A., Tranquilli G., Helguera M., Fahima T. et Dubcovsky J., 2003 -** Positional cloning of the wheat vernalization gene VRN1. ProcNatlAcadSci USA 100:6263–6268.
- Zhu J. K., 2001. Plant salt tolerance. Trends in plant science, 6(2), 66-71.


## قائمة المراجع باللغة العربية


- **البازيونس م., الناغي م. ع. و., عامر و. م., مباشر م. هـ. ع. و عبد الظاهر هـ. م. ع., 2008.** أساسيات علم النبات العام – فيسيولوجيا, وراثة, مورفولوجيا وتشريح–. مكتبة الدار العربية للكتاب. 492 ص.
- **السعيد البيومي ع. ع., السيد صالح ي. و هنداوي أ., 2000.** أساسيات علم النبات. الدار العربية للنشر والتوزيع. 541 ص.
- **بيتر أتش ريفن, راي إف. إيفرت., سوزان اي. أيكهورن, 2005.** علم أحياء النبات. الطبع الخامسة, ( ترجمة محمد حمد الوهيبي، عبدالله الصالح الخليل). النشر العلمي والمطابع – جامعة الملك سعود– , السعودية. 472 ص.
- **دفلن م.** فيسيولوجيا النبات. منشورات جامعة الفاتح. 876 ص.
- **فرشة ع.**, 2015. دور الهرمونات ومضادات الأكسدة في مقاومة القمح الصلب للملوحة. أطروحة دكتوراة في العلوم, حامعة الإخوة منتوري قسنطينة1, 152ص.
- **محمد عبد الوهاب الناغي, وفاء محروس عامر وعادل أحمد فتحي, 2005** – أساسيات علم النبات العام. مكتبة دار العربية للكتاب. ص 235–242.
- **مي محمد الوحش,2008** – موسوعة علم النبات. الدار العربية. ص 25–105.