الـمـــــاء The water / L'eau

يوجد الماء في الطبيعة في مكامن وأماكن خاصة عديدة ومختلفة، ويتحرك بين هذه الأماكن تحت تأثير الحرارة والكائنات الحية بمسار مغلق يُعرف باسم دورة الماء في الطبيعة، وهذه **المكامن:**

مياه جوية موجودة في الطبقة الجوية الأولى **تشكل** مجموعها الغلاف الرطوبي Hygrosphere وتتمثل بالأمطار والثلوج والبَرَد والضباب والسحاب والرطوبة الجوية والندى.

مياه سطحية تشكل الغلاف المائي، وتغطي نحو 70% من مساحة الأرض، وتتمثل بمياه المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والثلوج والجليد والينابيع وتعتبر مكاناً لإيواء زمرة كبيرة جداً من الكائنات الحية من النباتات والحيوانات تسمى الأحياء المائية.

مياه جوفية موجودة على أعماق مختلفة من سطح الأرض.

مياه التربة محمولة في فراغاتها أو مرتبطة بمكوناتها.

مياه حيوية مخزنة في الكائنات الحية أو تدخل في بنيتها.

أهمية الماء

يشكل الماء أضخم البيئات على سطح الكرة الأرضية يُعرف مجموعها باسم البيئة المائية، كما يُعد الماء أحد **المكونات** الرئيسية للكائنات الحية إذ تتواوح نسبته في النبات مثلاً بين 50 – 90% من الوزن الرطب، وهو **يشكل** الجزء الأهم من بروتوبلاسما الخلية، و**تكون** معظم المركبات الخلوية مميهة، و**تؤدي** إزالة الماء من الخلايا إلى تغير في خصائصها الفيزيائية والكيميائية والوظيفية ، **يتوقف** نشاط الهلاسما عند فقدانها الماء، الماء **ضروري** في عمليات التركيب الضوئي والإماهة والتنفس والنقل الإطراح والنمو، هو **المسؤول** عن إنتباج الخلايا وصلابتها وحيويتها، **يوجد** الجزء الأكبر منه في الفجوات الخلوية، هو **المذيب** لمواد التفاعلات الكيميائية الحيوية **وهو الوسط** اللازم **لنقلها**، إضافة إلى أنّ الماء وسط أساسي **للتكاثر** من خلال نقل وتسهيل حركة أعضاء التكاثر لإنجاز عملية الإلقاح، ولا سيما عند النباتات المائية، وهكذا فللماء مهم لوجود وتوزع كافة أنواع الكائنات الحية وحياتها، ففي الماء **نشأت** الحياة ومن الماء **تكونت** الحياة وبتوفره **تستمر** الحياة...

المياه الجوية

تُعد المياه الجوية ومياه التربة المصادر الرئيسة للماء في الطبيعة **بالنسبة للنباتات** لأنها لاتستطيع الحركة بحثاً عن الماء أو أي حاجة أخرى فما يردها من الجو من أشكال وحالات مختلفة من الماء هو الذي تستخدمه، تأخذ المياه الجوية عدة حالات وأشكال: مياه سائلة (أمطار وندى)، مياه

جامدة (بَرَدْ وثلج و جليد)، مياه غازية منها المرئي كالضباب والغيوم والسحاب ومنها غير المرئي كالرطوبة الجوية؛ لا تقل أهمية الماء عند الإنسان والحيوانات عما هو عند النباتات والفرق هو أن النباتات كائنات ثابتة في مكانها لا تستطيع التنقل بحثاً عنه.

المطر أو الهطول Precipitation: تعد مياه الأمطار المصدر الرئيس للماء على اليابسة ، تقدر كمياتها بشكل عام بالميلمتر ، يختلف التوزّع الجغرافيّ للهطولات المطريّة من منطقة لأخرى على الأرض (الجدول 1)؛ تقسيم الكرة الأرضية حسب **النظام الزمني لهطول الأمطار** إلى عدة مناطق مختلفة في موعد هطول الأمطار وذلك كما يلي:

(1) المناطق الاستوائية وتسقط الأمطار فيها على مدار السنة بشكل متساوٍ تقريباً في المحطة الواحدة.

(2) المناطق المعتدلة وتسقط الامطار فيها في كل الفصول مع اختلاف في كمياتها.

(3) المناطق المدارية ويتركز هطول الامطار فيها في الصيف ويلاحظ وجود فترة جفاف شتائية.

(4) المناطق المتوسطية (حوض البحر المتوسط) وتتوكز الأمطار فيها على فصل الشتاء مع وجود فترة جفاف صيفية واضحة جداً.

(5) المناطق الصحراوية ويكون هطل الأمطار فيها نادراً دون توقيت ثابت، ويمكن أن تمضي عدة سنوات دون أن تسقط فيها أمطار كما في الصحراء الحقيقية التي تتميز بجفاف دائم على مدار السنة، وإذا سقطت الأمطار تكون قليلة وتدوم فترة قصيرة.

أما **النظام الكمي لهطول الأمطار** فإنه يؤكد عل وجود اختلاف كبير في كمية الأمطار بين منطقة وأخرى وحتى ضمن المنطقة الواحدة، حيث يكون المتوسط السنوي للأمطار في **الصحراء** أقل من 100 مم وأدنى من ذلك في الصحراء الحقيقية (أقل من 25 مم) وقد يكون معدوماً أو شحيحاً جدّاً في بعض السنوات (0 – 10 مم)، ويتبدل معدل الأمطار السنوية في محطات **حوض المتوسط** بين 200 و2000 مم، وأقل من ذلك في بعض المحطات ، وتكون الأمطار السنوية في المناطق **الاستوائية** دوماً أعلى من 1000 مم، وتصل إلى 10 آلاف مم وأحياناً 14000 مم كما في بعض محطات جزر الهاواي.

يعود اختلاف كميات الأمطار الهاطلة على سطح الأرض وتوزعها الفصلي والسنوي لعدة أسباب:

أ- البعد عن خط الاستواء الذي يؤثر في قدرة الهواء على الاحتفاظ ببخار الماء وفي استقراره وحركته، فالهواء الحار يتصف بدرجة إشباع مرتفعة وبحركة ملحوظة.

ب- الارتفاع: تزداد الأمطار في بعض المناطق طرداً مع الا رتفاع عن سطح البحر إلى حد معين تبدأ عنده كمياتها بالتناقص حتى لو زاد الا رتفاع، ويعود ذلك لوقوع الا رتفاعات العليا فوق مستوى الغيوم المحملة بالأمطار، وتحمل الرياح السريعة الغيوم المحملة بالأمطار إلى أماكن أخرى.

الجدول 1: المتوسط السنوي والفصلي لكميات الأمطار في بعض المحطات بالعالم: ج- جنوباً ش- شمالاً

اسم المحطة	البلد ودرجة العرض	الارتفاع متر	المتوسط السنوي	المتوسطات الفصلية / مم			
				خريف	شتاء	ربيع	صيف
Pontianak	اندونيسيا 0	0003	3170	1020	0750	0800	0600
Andagoya	كولومبيا 0	76	7140	1510	1790	1950	1890
Entebbe	اوغندا 0	1171	1513	350	340	580	243
Manaus	البرازيل10 جـ	44	2040	480	800	580	180
Iquique	تشيلي 20 جـ	6	3	0	0	0	3 /حزيران
Bombay	الهند 19 ش	11	1784	75	15	500	1194
Goias	البرازيل20 جـ	520	1799	665	920	200	15
Yuma	أمريكيا 30 ش	43	99	17	25	12	45
Woohan	الصين 30 ش	26	1238	158	190	515	375
Riodejaneiro	البرازيل 30 ش	60	1061	300	400	211	150
Kimberley	أفريقيا 30 جـ	1196	414	100	200	60	54
Lhasa	الصين 30 ش	3600	497	2	5	90	400
Damascus	سوريا 33 ش	729	213	85	107	21	0
Ankara	تركيا 40 ش	150	521	140	86	150	155
Santiago	تشيلي 40 جـ	519	375	30	20	175	150
Tchita	روسيا 50ش	660	453	15	10	105	323
Valentia	ايرلندا 52ش	14	1416	460	373	250	323
Berlin	المانيا 52 ش	85	586	138	132	145	170
Ushoia	أرجنتين 60 جـ	21	615	153	153	154	154
Godthab	غرونلاند 60 ش	29	527	137	90	140	160
Barrou	ألاسكا 70 ش	6	109	20	20	20	49
سيبريا الجديدة	روسيا 70 ش	10	141	40	15	31	55

جـ- التعرض (اتجاه السفح): تتصف سفوح الجبال المواجهة للمسطحات المائية والسفوح التي تكون عمودية على خط الرياح المحملة بالغيوم، بأمطار أغزر من السفوح المحاذية والداخلية ، بسبب اصطدامها الرياح بالجبال وتفريغ حمولتها قبل أن تصل إلى السفوح الداخلية.

د- الغطاء النباتي: تحدد كثافة وطبيعة الغطاء النباتي قدرته على اعتراض الغيوم الماطرة والاستفادة منها، كما يلتقط قطرات الماء العالقة في الغيوم والضباب، ويسهم في إغناء الهواء الجوي بالرطوبة وتشكل الندى من خلال عملية النتح كما يساهم بسقوط الأمطار المحلية.

هـ- الرياح: يحدد مصدر الرياح والطريق الذي تسلكه وطبيعتها (رطبة كانت أم جافة) مدى حمولتها من الرطوبة، ففي بلادنا تكون الرياح الشمالية الغربية محملة بالغيوم الماطرة أما الرياح الشرقية فتكون عادة جافة وحارة أو باردة (متى ؟).

و- درجة الحرارة: تحدد بشكل أو بآخر قدرة الهواء على الإشباع ببخار الماء وهي المسؤولة عن التبخر الفيزيائي والتعرق والنتح عند الأحياء.

ز- توزع المسطحات المائية: تمثل المسطحات المائية المكان الأساسي للتبخر وهي المصدر الأساس للمياه الجوية، وهي التي تغني الكتل الهوائية العابرة فوقها بالرطوبة وتعدل حرارتها مؤدية بذلك إلى تكاثف بخار الماء وسقوط أمطار محلية أحيانا أو زيادة كمياتها.

فعالية الأمطار: تعد مياه الأمطار المصدر الأساسي لرطوبة التربة التي تمتص منها النباتات ما تحتاجه عن طريق الجذور، ولذلك تختلف فعالية الأمطار ومدى الاستفادة منها وفقاً لكمية الأمطار الواصلة إلى مستوى التربة ومدى قدرة التربة على الامتصاص والتخزين.

تتعرض مياه الأمطار قبل وصولها إلى سطح الأرض لعدة عوامل تؤدي إلى فقدان كمية كبيرة أحياناً, ولذلك **يتوزع معدل الأمطار** العام لمحطة معينة وفق الآتي:

- مياه الجريان السطحي: تتمثل بمياه السيول المرتبط تشكلها بدرجة الانحدار أو كثافة الغطاء النباتي وطبيعته ثم شكل سقوط الأمطار وطبيعة التربة.
- مياه التسرب: ما يتسرب من مياه الأمطار إلى أعماق التربة بعيداً عن جذور النباتات، وتنتهي في المياه الجوفية أو في الخروج من خاصرة المنحدرات على شكل ينابيع موسمية.
- مياه يحتجزها الغطاء النباتي وتختلف كميتها وفقاً لطبيعة الغطاء وكثافته ونوعيته.
- مياه تمتصها التربة: يتبخر جزء منها، ويصعد جزء آخر بالخاصة الشعرية ليتبخر لاحقاً، وتحتفظ التربة بكمية تمثل رطوبتها التي تتبدل وفقاً لخصائصها الفيزيائية والكيميائية والطبوغرافية ؛ **تختلف الترب بقدرتها على الاحتفاظ بالماء** وفقاً لعوامل عديدة:

- طبوغرافية المنطقة: تكون ترب المناطق الجبلية المنحدرة أقل امتصاصاً لمياه الأمطار من ترب مناطق السهول، وتقلّ قدرة التربة على الامتصاص بازدياد الانحدار.
- نوعية التربة: تساعد الترب الغضارية على تشكل السيول بعكس الترب الرملية والحصوية.
- كثافة الغطاء النباتي وطبيعته - درجة الحرارة التي تحدد شدة التبخر ونظام هطول الأمطار.
- رطوبة التربة: تكون الترب الرطبة أقل امتصاصاً لمياه الأمطار قياساً بالترب الجافة.
- شدة سقوط الأمطار: تعد الأمطار الغزيرة أقل نفعاً لأنها تشكل السيول التي تجرف التربة وتعري الجذور، أما الأمطار الخفيفة التي تسقط على شكل رذاذ فتمتص بكاملها دون أن تضر بالتربة.

معدلات الأمطار:

يهتم علم المناخ الحيوي Bioclimatologie بدراسة تأثير تغيّرات العناصر المناخية في الأحياء، ولذلك فإن تحديد كميات الأمطار الهاطلة أمر مهم وأساسي لتفسير العلاقة بين معدلات الأمطار وتغيّراتها، و بين مختلف النشاطات الفيزيولوجية والحيوية والفينولوجية للنبات.

1- معدل الهطول **الشهري** (الجدول 3): هو متوسط كميات الأمطار الشهرية خلال مدة لا تقل عن عشر سنوات متتالي ة, وتأتي أهميته من ارتباط تبدلاته على المدار السنوي مع التبدلات الفينولوجية للنباتات , ثمّ استخدامه في رسم المخططات المطرية الحرارية (الشكل 2), كما تسمح مقارنة قيم متوسطاته بالتمييز بين المحطات ذات المعدلات السنوية المتساوية (الشكل 3).

الجدول 3: المتوسطات الشهريّة لكميات الأمطار في بعض المحطات العالميّة والمحليّة.

اسم المحطة	المتوسط السنوي	المتوسطات الشهرية لكميات الأمطار											
		كانون1	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	كا1
نوالا/ استوائي	3948	60	100	180	195	260	290	880	780	570	298	150	100
Boenda/ استوائي	2156	159	165	161	150	157	126	125	201	209	231	223	178
أبيدجان / شبه استوائي	1880	40	116	169	184	413	367	48	19	160	250	110	64
Bamaco / مداري	1112	1	0	2	15	72	135	278	341	204	44	14	0
Varsovie / قاري	554	27	27	32	35	57	71	68	72	54	44	37	36
Peken / قاري	624	3	5	7	16	39	85	213	164	67	16	7	7
Marseille / متوسط	568	41	34	44	48	40	29	19	21	52	105	77	58
الرباط/جنوب متوسط	526	59	65	81	45	23	10	1	0	9	48	109	85
الإسكندريه/ متوسط	203	54	23	14	3	1	0	0	0	1	6	35	66
Raphina/ اليونان	426	49	40	83	45	21	19	9	7	1	24	77	53
طرطوس/ متوس	862	168	127	105	50	21	1	0	1	17	51	101	202
دمشق/ متوسط	213	52	31	24	12	9	0	0	0	0	10	27	48
أبوكمال/ بادية	98	29	13	12	18	9	0	0	0	0	6	6	18
بيروت/ متوسط	728	173	114	100	141	16	1	0	1	5	35	95	147
Brest/ محيطي	824	84	75	57	54	49	51	53	54	78	91	96	84
Iquique/ صحرا	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Toggaut/ صح	56	6	6	9	3	4	4	1	1	2	5	11	6
التبك/ سفح ش/1325م	128	23	15	13	13	11	1	0	0	1	11	18	22
قرطبة/سفح غ/140م	1468	319	261	262	114	38	0	0	0	7	63	139	266

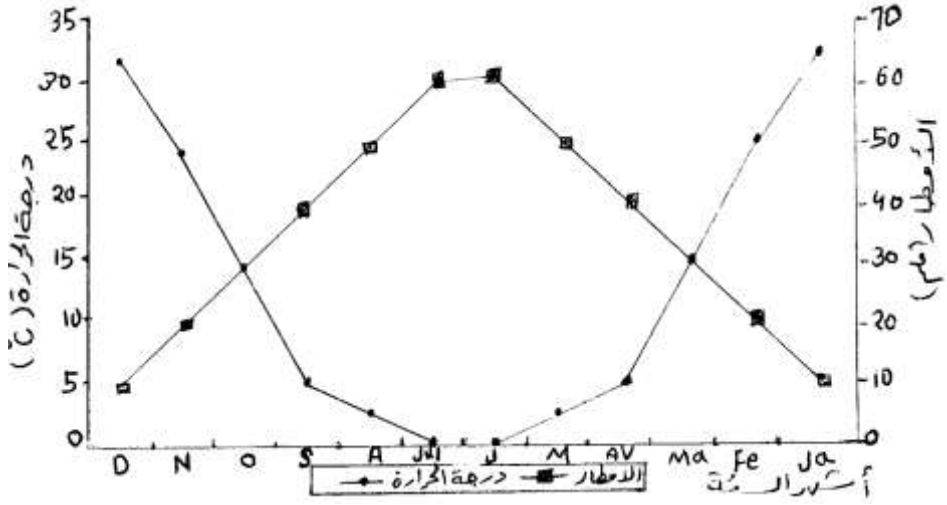
2- معدل الهطول **الفصلي** (الجدول 1): يتميز بأربع قيم مطرية هي : قيمة عظمى رئيسة M1 تعطى للفصل الأوفر بالأمطار, وقيمة عظمى ثانوية M2, وقيمة صغرى ثانوية m2 , وقيمة صغرى رئيسة m1 تعطى للفصل الأفقو بالأمطار. وتكمن أهمية دراسة هذا المتوسط في معرفة

الفصول المناسبة للنمو والزراعة المحددة بكميات الأمطار وتوزعها الفصلي ، وفي إمكان مقارنة نظام هطول الأمطار وغزارتها الفصلية بين مختلف المحطات الجغرافية (الجدول 4).

الجدول 4: النظام الفصلي المطري في حوض المتوسط

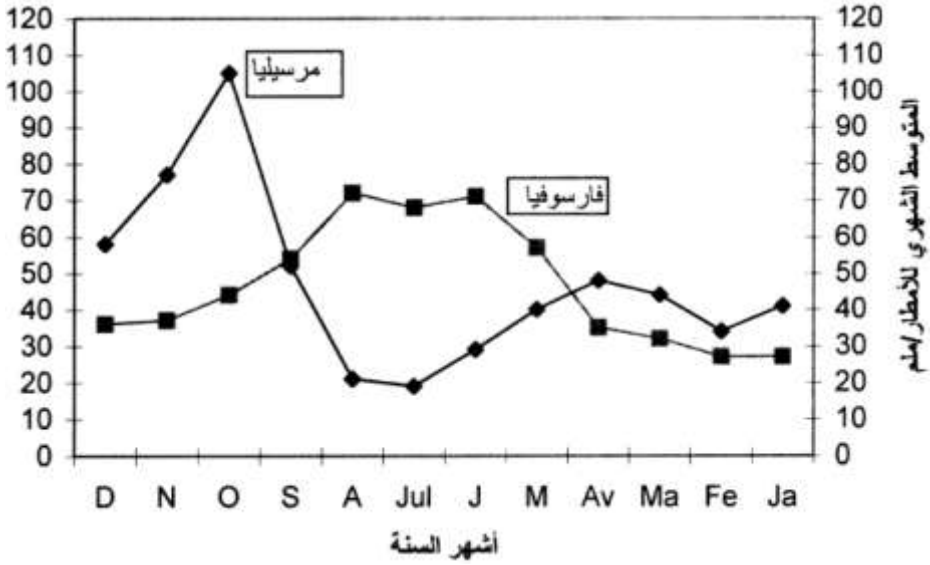
النظام الفصلي	الفصل				التوزع الجغرافي للنظام في حوض المتوسط
	خريف خ	شتاء ش	ربيع ر	صيف ص	
خ – ش – ر – ص	M1	M2	m2	m1	**الجزء الشمالي الغربي: مرسيليا**
خ – ر – ش – ص	M1	m2	M2	m1	**الجزء الشمالي الأوسط: البندقية**
ش – ر – خ – ص	m2	M1	M2	m1	**الجزء الشرقي: بيروت اللاذقية**
ش – خ – ر – ص	M2	M1	m2	m1	**الجزء الجنوبي: الجزائر وتونس**
ر – خ – ش – ص	M2	m2	M1	m1	**السهوب الحارة: كاركاسون**
ر – ش – خ – ص	m2	M2	M1	m1	**السهوب الباردة: فتريت**

العلاقة بين درجة الحرارة وكميات الأمطار الشهرية



3- معدل الهطول **السنوي** (الجداول 1، 3، 5): هو متوسط كميات الأمطار السنوية خلال مدة لا تقل عن عشرة سنوات متتالية، ويساعد هذا المعدل في تصنيف المناخات وفي الحصول على المعاملات المطرية الحرارية كالذي وضعه أمبرجيه (Q2). يعد المعدل السنوي للأمطار مستقراً من عام لآخر بالرغم من أنه يبدي في بعض المحطات تبدلات مهمة جداً (الجدول6).

الشكل 2: مخطط مطري حراري



الشكل 3: مقارنة بين محطّتين لهما المتوسّط السنويّ للأمطار نفسه
(مرسيليا مناخ متوسّط، فارسوفيا مناخ قارّيّ)

الجدول 5: تبدل كمية الهطول السنوي/مم

المحطة	السنوات					المتوسط
	1992	1993	1994	1995	1996	مم
دمشق	216.9	125.3	229.6	58.7	149.4	156
تدمر	103	159.7	187.8	57.5	124.8	126.6
اللاذقية	569	441.3	1090.8	527.3	908.2	707
حلب	258	249.5	401.4	259.1	426	318.8
القامشلي	448.6	429.6	622	303.7	667.9	494.4
دير الزور	171.2	272.1	185.4	67.9	244.5	188.4
حماه	350.9	290.8	451.8	247.5	354.9	339.2

عدد أيام المطر: يُعد اليوم ماطراً إذا زاد مجموع أمطاره ع لى 0.25 مم، ويختلف عدد الأيام الماطرة من مكان لآخر, إذ يكون معدوماً في الصحراء الحقيقية، ويصل إلى مئات الأيام (300 يوماً أو أكثر) في بعض المناطق الاستوائية المطيرة. والأمطار في حوض المتوسط غزيرة وقصيرة الأمد

وعدد أيامها بين 20–70 يوماً في الجزء الجنوبي والشرقي و 100 يوم أو أكثر أحياناً في الجزء الشمالي والغربي و107 في سورية (الجدول 6).

الجدول 6: معدّلات بعض الظواهر الجويّة لعام 1996

المحطة	الرطوبة النسبية %	عدد أيام				
		المطر	الثلج	البرد	العواصف الرعدية	العواصف الترابية
دمشق	56	56	0	0	7	2
تدمر	49	57	0	2	16	2
اللاذقية	69	83	1	0	39	0
حلب	63	107	1	0	25	0
القامشلي	54	82	0	2	19	0
دير الزور	54	57	0	3	16	1
حماه	59	87	0	0	7	0

الندى La Rosee:

الندى هو تكاثف جزء من بخار الماء الجوي على سطوح الأعضاء النباتية ال ملساء والتربة، يحدث في بلادنا خلال أيام الربيع و أ وائل الصيف. وينتج ماء الندى عن تكاثف بخار الماء الجوي متعدد المصادر (ما هي ؟)؛ تصل الكميات السنوية لماء الندى إلى 250 مم في حوض المتوسط ولاسيما بعض المناطق القريبة من المحيط الأ طلسي، وقد ارتبط وجود بعض النباتات في هذه المناطق بتشكل الندى كما في موريتانيا والمغرب العربي "أغادير"، وفي مرسيليا جنوبي فرنسا؛ يؤدي ماء الندى وعلى قلته **دوراً** حيوياً كبيراً: فهو **مصدر رئيس للماء** بالنسبة للنباتات القادرة على امتصاصه عن طريق سطوحها، كما **يحد من التبخر والنتح** على الأقل خلال فترة تبخر ماء الندى.

الثلج La neige:

هو تجمد قطيرات الماء العالقة بالجو، يقوم الثلج بدور إيجابي من خلال: **تأمين الرطوبة الكافية** في فصلي الربيع والصيف عند ذوبانه، **يؤدي دوراً آلياً** عن طريق تكيف النباتات المنتشرة في أماكن سقوطه على حمل وحركة الثلوج مما يزيد النسج الدعامية والاستنادية، **يؤثر في شكل النباتات** التي تتقزم وتصبح سو قها مرنحنية أو زاحفة؛ كما يقوم الثلج **بدور الوقاية والعزل الحراري**

للتربة والنباتات. أما التأثيرات السلبية فتتمثل في **إحداث الفيضانات** ناتجه عن ذوبانه المفاجئ، **مما يؤدي إلى جرف التربة وتهديمها واقتلاع النباتات وتكسيرها** ولاسيما بعد تجدد وتكرار سقوطه.

البرّد Grele صحيح أنه **من الموارد** المائية للتربة لكنه **يؤثر سلبياً في النباتات** لأنه يخرّب الأوراق الفتية والبراعم والأزهار والثمار ويحت التربة.

الضباب والسحاب:

يتشابة الضباب والسحاب من حيث تكونهما من قطيرات الماء المتكاثفة، وفي بعض الأحيان من بلوّرات ثلجيــة صغيرة ، **يتشكل السحاب** في طبقات الجو البعيدة عن سطح الأ رض، **بينما تتشكل الغيوم** فوق مستوى الجبال، أما **الضباب فيتشكل** على سطح الأرض أو بالقرب منه.

ويعد ماء الضباب من موارد المياه الطبيعية للنباتات في بعض المناطق التي يكثر فيها، ويمثل مصدراً مهماً ويكاد يكون وحيداً بالنسبة للنباتات الصحراوية الساحلية كما في شمال تشيلي، كما توجد في البرازيل مناطق عديدة لا تسقط فيها الأمطار إطلاقاً ومع ذلك يلاحظ فيها غطاء نباتي غني يؤمن له الضباب الرطوبة اللازمة.

الرطوبة الجوية Humidite atmospherique:

هي الماء الموجود في الهواء على شكل بخار، وتقوم بدور بيئي وحيوي مهم من خلال **تخفيف** حدة الجفاف الصيفي، و**تنظيم** عمليات التبخر من التربة والنتح من النباتات والتعرق عند الحيوانات، وتمثل مصدراً للماء في فصل الصيف للنباتات وللحيوانات ، ويعبر عن الرطوبة الجوية بشكلين:الرطوبة المطلقة H.absolue والرطوبة النسبية H.relative، تتبدل الرطوبة الجوية وفقاً لعوامل عديدة كدرجة الحرارة والرياح والارتفاع واتجاه السفح والغطاء النباتي والمكان والفصل واليوم والضغط الجوي.

تصنيف الأحياء حسب علاقتها بالماء:

تقسم الحيوانات حسب علاقتها بالماء إلى عدة مجموعات: حيوانات مائية مغمورة مثل (الأسماك أو...) حيوانات مائية عائمة أو طافية مثل (الطيور المائية أو التمساح أو ..) حيوانات برمائية مثل (الضفادع أو ...) وحيوانات قارية مثل (الجمال أو...)

تقسم النباتات حسب علاقتها بالماء إلى المجموعات البيئية الآتية:

أ- النباتات المائية Hydroplytes: هي نباتات تعيش في الأوساط المائية وتتصف بجملة من الصفات المشتركة التي تعكس تكيفها البيئي مع خصائص هذه الأ وساط، على الرغم من اختلاف انتمائها التصنيفي والحيوي، ويمكن تمييز الأنماط البيولوجية الآتية (الشكل 5):

– نباتات مغمورة كالطحالب و بعض النباتات الزهرية مثل : *Potamogeton lucens* ; *Meriophyllum*; *Naias*; *Nittella*; *Elodia*; *Ceratophyllum*; *Chara* وبعض أنواع *Urticulacees*، التأبير مائي عند هذه النباتات.

– نباتات يكون الجزء الأكبر منها مغموراً بالماء و الباقي فوق سطحه أو طافٍ عليه، ولاسيما الأوراق والأزهار ، و التأبير عند هذه النباتات هوائي ومن أمثلتها: *Hydrocharis movsus*، نيلوفر أصفر *Nuphare luteum*، نيمفا *Nymphaea alba*، الحوزان المائي *Rananculus aquatilis*، سهم الماء *Sagittaria sagitaefolia*، *Alisma gramnifolia*، *Potamogeton natans*، *Polygonium amphibium*.

– نباتات يكون الجزء الأكبر منها في الهواء وقاعدتها فقط مغمورة بالماء أو في التربة المشبعة به ، ويبقى التأبير عند هذه النباتات هوائياً مثل: القصب *Phrgmites communis*، صفصاف *Salix cinerea* , *Typha latifolia, Iris pseudocorus, Scirpus lacustris* , وبعض أنواع *Sagittaria*، وتدعى هذه النباتات شبه مائيه Semi–hydrophytes؛ أما النباتات البرمائية *Amphibiphytes* فهي نباتات تعيش بشكل متناوب بين الوسط المائي مغمورة كلياً أو جزئياً، والوسط الأرضي (متكشفة كلياً) كالطحالب التي تكثر في منطقة المد والجزر.

– النباتات الطافية والحرة في الوسط المائي : وهي نباتات عائمة وغير مثبتة على القاع مثل عدس الماء *Lemna minor* أو مثبتة ولو قليلاً كنبات *Jaussieua* الذي يمتاز بجذور درنية إسفنجية، وطبق فكتوريا *Vectoria regia*.

ب– النباتات أليفة الرطوبة *Hygrophytes*: هي النباتات المتطلبة لرطوبة مرتفعة بشكل دائم، ويمكن التمييز بين : أليفة للرطوبة **الترابية**: وتعيش على ترب مغمورة بالماء أو مشبعة به ومن أمثلتها : الرز *Oryza*، *Cyperus paperus*، *Juncus*، صفصاف *Salix*، حور *Populus*، *Caltha palustris*، *Alisma plantago*، *Agrostis stelonifera*، *Cardomine pratensis*، *Phoenix paludosa*، ذنب الخيل *Equisitum*، إضافة إلى الكثير من النباتات التي تنم و على الطمي في الوديان ونباتات المستنقعات والدلتا والجزر النهرية ؛ أليفة الرطوبة **الجوية** Aero-Hygrophytes: تنمو في الأوساط التي تزيد فيها رطوبة الهواء على 90%, حيث تمثل الرطوبة مصدراً للماء لكالنباتات اللازهرية في ظل الغابات حيث يتشبّع الهواء بالرطوبة، لبعض السراخس من جنس *Hymenophyllum* المنتشر بكثرة في ظل الغابات الاستوائية المطيرة؛ إضافة إلى النباتات التي تشكل الطوابق السفلية للغابات و لاسيما في المناطق الاستوائية والمعتدلة مثل: *Oxalis acetosella*، *Dryopteris filix-mas*، *Viola umbrosa*.

جـــ- النباتات الوسطية Mesophytes (من حيث علاقتها بالماء): تعيش في الأوساط معتدلة الرطوبة، وتضم نباتات مختلفة تكثر في المناطق المعتدلة ومنها: اللبلاب *Hedera hilex*، السوسن *Iris germanica*، *Ruscus aculeatus*، *Plantago lanceolata, Alisma Plantago*، كما تضم الكثير من النباتات المتسلقة.

د- النباتات الجفافية Xerophytes: هي نباتات تعيش في المناطق الجافة حيث لا يتو افر الماء إلا بكميات قليلة جداً ولفترة قصيرة من العام مما يجعل الترب فقيرة دوماً بالماء ويكون جفافها مضاعفاً قياساً بجفاف الهواء، وتكثر في المناطق الجافة والصحراوية والسهوب الحارة وأحياناً في أعالي الجبال، وتتصف هذه النباتات بقدرتها على تحمل الشروط البيئية القاسية و لاسيما قلة الماء، ويتحقق ذلك اعتماداً على التكيّفات المورفولوجية والفيزيولوجية والبيولوجية والتشـــريحية التي تمكّنها من تفادي أو/ ومقاومة الجفاف وتحمله ثمّ التكيف الطبيعي معه.

3. البيئة المائية:

تتمثل ببيئات المياه الهادئة والجارية، الدائمة والمؤقتة، المالحة والعذبة كا لمحيطات والبحار والبحيرات والمستنقعات والسبخات وبحيرات السدود والأ نهار وجميع الأوساط المائية الأخرى على سطح الأرض. وتعود أهمية هذه البيئات للمساحة الكبيرة التي تشغلها، إذ تبلغ نحو 70% من سطح الأرض، مما يعطيها دوراً أساسياً في توزع وتنوع المناخات العامة وال محلية خاصة، وكذلك في الدورة الحيوية العالمية للماء وبعض العناصر الضرورية للأحياء؛ تتصف البيئة المائية بجملة من الشروط التي تفوضها طبيعة الماء المتميزة، وتنعكس هذه الشروط على الحياة المائية فتجعل من كائناتها متميزة ومختلفة عن كائنات البيئات الأ رضية، وإن كان بعضها يخرج مؤقتاً إلى اليابسة كالبرمائيات *Amphibiens* من النباتات والحيوانات.

الخصائص العامة للبيئة المائية:

1- الصفات **الفيزيائية:**

أ- الإضاءة والحرارة: من أهم العوامل التي تحدد نمو وانتشار الأحياء في الأوساط المائية.

ب- التيارات المائية: تتضمن حركات أفقية (الأمواج) وشاقولية (تيارات الحمل الحراري).

جـــ- انحسار الماء *Exondation*: يحصل في الأوساط المائية قليلة العمق ولاسيما السبخات والمستنقعات وعلى طول مجاري الأنهار بسبب الجفاف ونقص الغزارة والتغذية.

د- طبيعة الصخرة الأم: تحدد إمكانية تثبيت وتوغل الأحياء، تتصف الشواطئ الرملية بنباتات طحلبية فقيرة بينما تكون الشواطئ الصخرية أغنى بالنباتات والحيوانات لأنها تساعد على التثبت والتوغل، في حين تنعدم النباتات على الشواطئ الرسوبية المتحركة التي تتحول الى مياه عكرة.

هـ- اللزوجة: Viscosite: تتصف الأوساط المائية بكثافتها العالية مقارنة بالهواء مما يساعد على سند النباتات المائية وهذا يؤثر في البنية التشريحية لها وتطور النسج الاستنادية والدعامية.

2- الصفات **الكيميائية** وتتمثل بكمية ونوعية الأملاح والغازات الذائبة ودرجة الـ pH.

أ- درجة الملوحة والأ ملاح المعدنية: تقوم درجة الملو حة بدور العامل المحدد للمجموعات والأنواع النباتية والحيوانية في الأ وساط المائية وكذلك في التربة من خلال تأثيرها الحلولي والفيزيولوجي؛ تتبدل درجة الملوحة وتختلف نوعية الأملاح من وسط مائي لآخر : فتبلغ وسطياً في المحيطات 35 ‰ (35 غ/ل) حيث يعود 75% منها لكلور الصوديوم Nacl، وحتى 40‰ في البحر المتوسط، بينما تنخفض إلى 8‰ في شمالي بحر البلطيق نظراً لاستمرار تدفق كميات كبيرة من المياه العذبة، أما أقصى درجات الملوحة فتكون في البحار الداخلية والمستنقعات الساحلية وبحيرات المناخ الجاف كالبحر الميت الذي تتجاوز ملوحته أحياناً 230‰ وهي قيمة غير مناسبة للحياة باستثناء بعض الطحالب التي تتحمل الملوحة مثل طحلب *Ulva* و *Cladophora*.

ب- الأكسجين O_2: تعد الأوساط المائية فقيرة بالأكسجين بسبب ضعف انحلاليته بالماء والتي تتأثر بدرجة الحرارة، ودرجة الملوحة، يعد تركيزه في المياه دالة على صلاحية المياه، وتكون مياه الأحواض المائية والأ نهار التي تتلقى المياه الملوثة الناتجة عن المنازل والمصانع، غنية بالمواد العضوية غير القابلة للاستخدام بعملية التركيب الضوئي، مما يؤدي إلى استنزاف الأكسجين في عمليات التنفس والتخمر والتأكسد بذلك تصبح هذه المياه خانقة وسامة للأحياء، وتتصف بقيمة عالية من الطلب الحيوي على الأكسجين DBO يقابله الطلب الكيميائي للأكسجين DCO.

جـ- ثنائي أكسيد الكربون CO_2: يعد تركيزه في المياه من العوامل المحددة للأحياء الذاتية التغذية ولبعض الأحياء التي تراكم الكلس كالطحالب القشرية، وينتج تركيزه عن التوازن بين انحلالية CO_2 الجوي واستهلاكه في الماء، يتدخل في ذلك وينظمه الكربونات الأحادية والثنائية المنحلة بالماء ويتعلق ذلك بدرجة الـ pH.

د- درجة الـ pH: ترتبط درجة الحموضة ارتباطاً وثيقاً بتركيز CO_2 في المياه، فتكون قريبة من الاعتدال في ميا ه البحار (8-8.3 في المنطقة المضا ءة وأقل من 8 في العمق) بسبب الدور المنظم الذي تقوم به الكربونات ، بينما تكون شديدة التبدل في المياه العذبة ومياه المستن قعات الباردة. ويؤدي وجود النباتات الخضراء في الماء وقيامها بالتركيب الضوئي، إلى رفع قيمة الـ pH

فتصبح قلوية، بينما يؤدي انطلاق CO_2 نتيجة التنفس ليلاً إلى خفضها (لماذا ؟)، تكون هذه التبدلات اليومية ضعيفة في المياه الكلسية نظراً إلى دور الصمام الذي يؤديه الكربونات (لماذا ؟).

4. التكيف مع الحياة المائية

تعد الحياة المائية النمط الطبيعي لكثير من النباتات الدنيا كالطحالب بالرغم من ذلك سيتركز الاهتمام على النباتات الراقية حيث يتجلى تكيفها مع الماء (أوضح ما يمكن عند النباتات المغمورة كلياً) بجملة من الصفات والخصائص التي تتصف بها جميع النباتات المائية على اختلاف أنواعها وانتمائها التصنيفي ويعود هذا لتجانس خصائص الأوساط المائية.

(1) الخصائص المورفولوجية

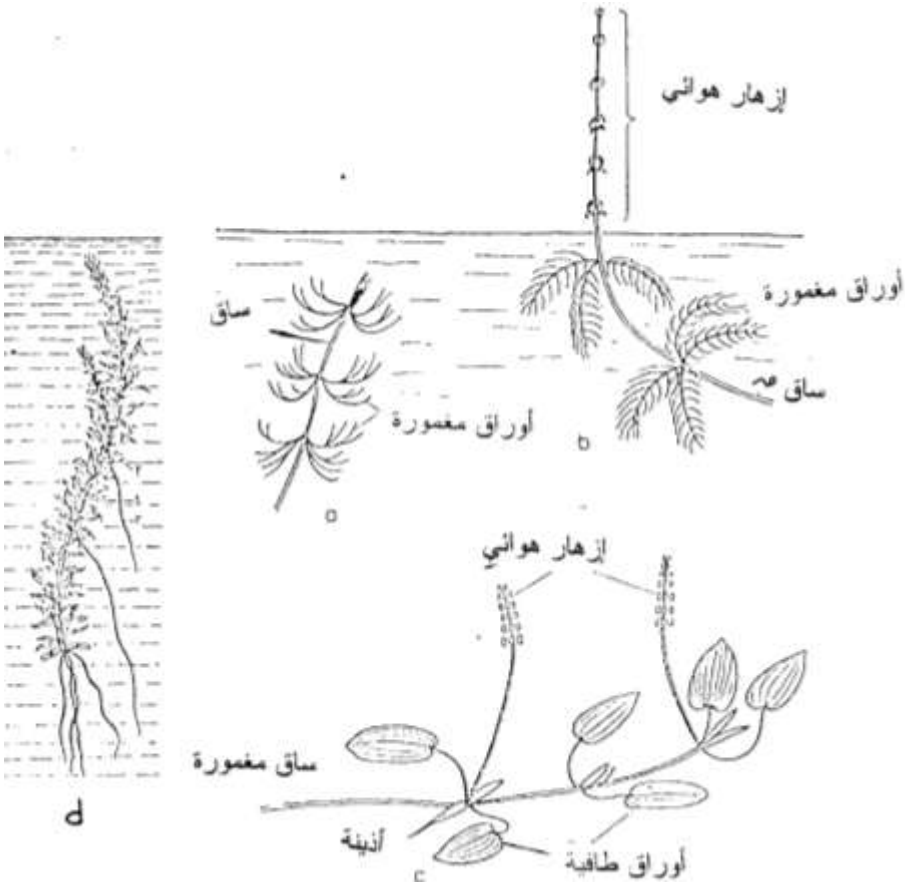
تتصف النباتات المائية بتنوع كبير جداً في شكل أعضائها وهو ما يدعى بتعدد شكل الأعضاء Polymorphisme morphologique الذي يعكس مدى تكيف النباتات أو أعضائها مع بيئتها، فيمكن أن تكون **غاطسة** أو **شبه غاطسة** أو **عائمة** أو **هوائية**.

يؤدي التكيف مع الوسط المائي أحياناً إلى حدوث تحورات جوهرية يصعب جداً بعدها معرفة انتماء النوع وتصنيفة : فسرخس *Hydropterides* لا يبدي أية صفات مورفولوجية تؤكد سرخسيته، تتميز العدسيات *Lemnacees* بجهاز إعاشي مختزل إلى قرص صغير عائم وهو ساق مسطحة، كما تكيفت نباتات راقية مدارية *Podostemonacees* للحياة على الصخور في الأنهار سريعة الجريان، وجهازها الإعاشي صفيحة قرصية منطبقة على الصخر تحمل نموات مزهرة قزمة.

تحورات الأوراق

يظهر التعدد الشكلي لأوراق أنواع النباتات المائية وكذلك في النوع الواحد وفي الفرد نفسه، ولاسيما في حال وجود أوراق مغمورة وأخرى عائمة أو هوائية، وهو ما يعكس علاقة الأوراق بالوسط المائي بوضوح، ولذلك يمكن تمييز الأشكال الآتية:

– الأوراق الغاطسة Submergees: تكون مغمورة كلياً في الماء، وشكلها شريطي أو خيطي أو مشرشر أو على شكل عصيبات (الشكل 6)، لينة وإسفنجية البنية، تتحرك في الماء كالأهداب. وتعطي هذه البنية الشكلية للورقة القدرة على التموج والانثناء والتكيف مع حركات المياه دون أن يؤدي ذلك إلى تمزقها ، كما في بعض أنواع الأجناس التالية : *Ranunculus*، *Sagittaria*، *Myriophyllum*، *Elodia*، *Urticularia*، *Ceratophyllum*، *Zostero* وطحلب *Chara*.



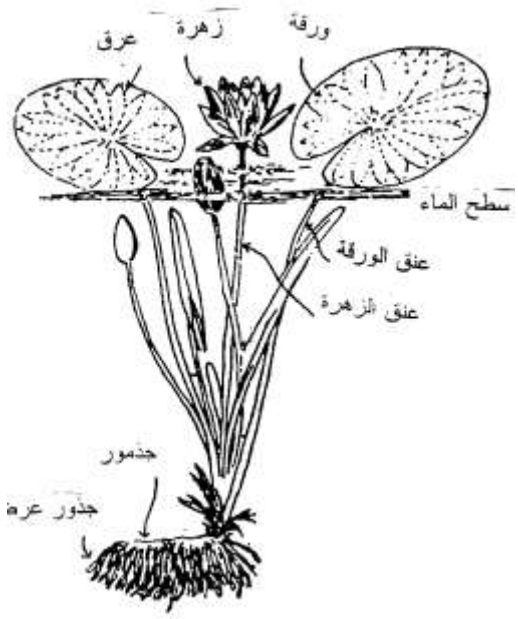
الشكل 6: أوراق نباتات مائيّة في الأعلى: أوراق غاطسة (a +b+ d)، في الأسفل أوراق عائمة (c)

– الأوراق العائمة Flottantes: تكون طافية على سطح الماء، ووجهها السفلي منطبق على سطح الماء، أما وجهها العلوي فيكون معرضاً مباشرة للهواء، سطحها واسع، قرصية الشكل أو مستديرة أو قلبية (الشكل 3–7)، خضراء داكنة، أقلّ ليونة من الأوراق المغمورة، معاليقها طويلة وقد تستطيل لتمتد أحياناً من أسفل الوسط المائي إلى سطحه؛ وتغطي مساحات كبيرة من سطح الوسط المائي وتصادف في بعض أنواع الأجناس: *Nuphare*، *Nymphaea*، *Rananculus*، *Sagittaria*، *Potamogeton*، *Lemna*، *Eichhornia*.

– الأوراق شبه المغمورة: يكون القرص الورقي مؤلفاً من جزءين : الجزء السفلي عائم على وجه الماء، ويأخذ شكل الورقة العائمة تماماً ، الجزء العلوي غاطس في الماء وشكله مشرشر أو خيطي كالورقة المغمورة مثل ورقة *Rananculus aquatilis*.

– الأوراق الهوائية: تخرج من الماء إلى الهواء تحملها معاليق طويلة، أو تتشكل من براعم ورقية موجودة على الجزء العلوي للساق الهوائية ، ويختلف شكلها وفقاً للنوع النباتي فمنها السهمي

لبعض أنواع سهم الماء *Sagittaria*، أو مستديرة أو شري طية طويلة كأوراق الـ *Typha* والقصب *Phragmites*، أو غير ذلك ، يمكن أن تصادف هذه الأ شكال الورقية عند فرد واحد من نوع نباتي معين مثل بعض أنواع *Sagittaria* وبعض أنواع *Rananculus*.



الشكل 7: منظر لنبات النيلوفر حيث الأوراق طافية على سطح الماء

تحورات الساق

يمكن تمييز عدة أنماط للساق وفقاً لتوضّعها بالنسبة للوسط المائي:

– ساق مغمورة: تكون مغمورة كلياً بالماء، طويلة نسبياً، رفيعة ، لينة، تميل إلى الخضرة في بعض أنواع *Elodia ,Potamogeton ,Myriophyllum*.

– ساق زاحفة: تكون مثبتة بالقاع أو التربة المغمورة بـالماء، غير أنها تخلو من الصانعات ولونها أبيض وغنية بالمدخرات النشوية ، ويصدر عنها براعم ورقية وزهرية وجانبية نحو الأعلى، ونحو الأسفل جذور تثبت الساق مثل: *Nuphare*، *Nymphaea*، *Typha*، *Phragmites*.

– الساق العائمة: شكلها قرصي يشبه الورقة، تصدر من أسفلها الجذور على شكل خيط أو مجموعة خيوط رفيعة بيضا ء متفاوتة الطول والكثافة كما في عدس الماء *Lemna minor*، وهي قرصية عائمة في طبق فكتوريا *Vectoria rigia*، وتأخذ شكل منطاد في *Urticularia flata*.

– الساق الهوائية: تخرج من الماء إلى الهواء فتصبح أقسى وأثخن وتحمل أوراقاً وأزهاراً مثل أوراق: *Phragmites australis*، *Scirpus littoralis* و *Avicennia marina*.

تحورات الجذور

يمتص جميع الأجزاء النباتية المغمورة الماء والمواد المنحلة عبر سطوحها، مما يؤثر في نمو الجذور وتطورها، ويسبح بعضها بحرية في الماء، ويمكن تمييز الأشكال الآتية للجذور:

– جذور قليلة التطور طولاً وتفرعاً، قليلة إلى عديمة الأوبار الماصة، عديمة القلنسوة, كجذور النباتات الصغير المغمورة كلياً بالماء مثل: *Elodia*، *Chara*، *Myriophyllum*.

– جذور متطورة نسبياً وتصادف عند النباتات البارزة من الماء مثل *Typha*، *Nuphare*، *Nymphaea*، *Phragmites*.

– جذور درنية إسفنجية البنية منتفخة ومتوضعة في أسفل العضو، ونظراً لغناها بالفراغات الهوائية تؤمّن تعويم العضو كالساق العائمة في Jussiee وتكون الجذور خيطية رفيعة وقصيرة في *Lemna*، أو أشد ثخانةً وطولاً وكثافةً في *Vectoria rigia*.

– يملك بعض النباتات جذوراً تنفسية مثل *Avicennia mariana*، تظهر فوق سطح الماء للتهوية عبر عديسات صغيرة على سطحه ، وتتصف النباتات المائية بكتلة خضرية أكبر بكثير من كتلة جملتها الجذرية ولاسيما في النباتات المغمورة.

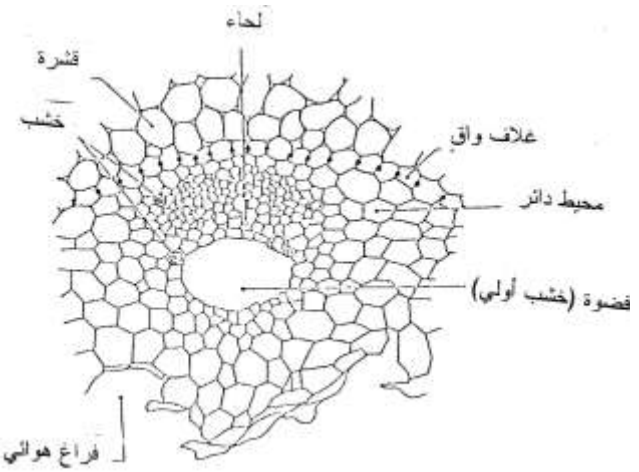
(2) الخصائص التشريحية للنباتات

يمكن تلخيص الكيفيات التشريحية في الآتي:

* التراجع الكبير جداً في مستوى النسج الناقلة و لاسيما الخشب فقد تنعدم الأوعية الخشبية، ويحل محلها فواغ Lacune مملوء بالماء (الشكل 8)، وإذا وجدت الأوعية تكون قليلة العدد ضعيفة التخشب وصغيرة الحجم، ويعود هذا التراجع لقدرة الأعضاء النباتية المغمورة على امتصاص النسغ الناقص عبر سطوحها مباشرة , ويبدو اللحاء واضح البنية محدد العناصر بسبب ضعف التركيب الضوئي نظراً إلى تبدل شدة الضوء ومدته وتركيبه. وحجم الأسطوانة المركزية صغير قياساً بحجم القشرة المؤلفة في معظمها من برنشيم فراغي- هوائي- يخضوري، تكسب هذه البنية ليونة جيدة للساق تجعلها تتمايل وتنحني مع حركة المياه دون أن تتمزّق نسجها أو تتكسر.

* تراجع واضح في مستوى النسج الاستنادية (سكليرنشم وكولنشيم) بسبب لزوجة المياه التي تساعد على حمل النبات وأعضائه ولاسيما المغمورة منها، ثم عدم توافر عوامل تشكل وتطور هذه النسج وهي الضوء الشديد والحرارة العالية والجفاف.

* انعدام المسام والقشيرة عند الأعضاء المغمورة وعلى الوجه السفلي للأعضاء العائمة، وإذا وجدت فتكون غير فعالة لأنها ضامرة . وتوجد الممصات Haustorium في بشرة بعض الأنواع المغمورة أو الملامسة للماء لزيادة الامتصاص كما في الأعضاء المغمورة لجنسي *Nuphare* و *Nymphaea* وعلى الوجه السفلي للأوراق العائمة بينما تلاحظ المسام على الوجه العلوي.

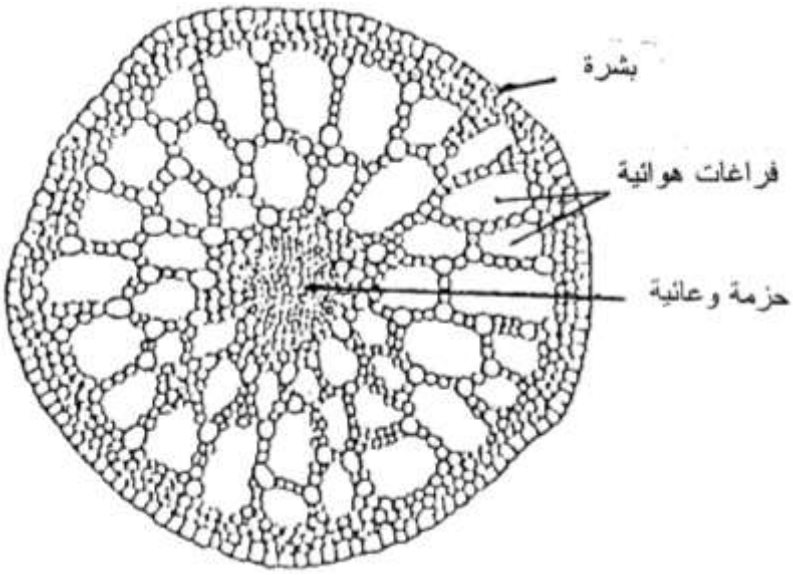


الشكل 8 : فضوة مائيّة في الساق وفي الجذر مع عدد قليل جدّاً من الأوعية

* التطور الكبير للنسيج الفراغي (الهوائي): خلايا برنشيمية ضخمة أحياناً عديدة الأشكال، وتتوضع معاً تاركة أجوافاً ضخمة وفراغات منتظمة أحياناً وغير منتظمة أحياناً أخرى (الأشكال 9، 10، 11، 12)، مملوءة بالهواء مما يساعد على تفادي مشكلة الغدق أو نقص الأكسجين, وتتصف جدران هذه الخلايا بالليونة التامة وهذا ما يساعد الأعضاء النباتية على الانحناء مع تموجات الماء.

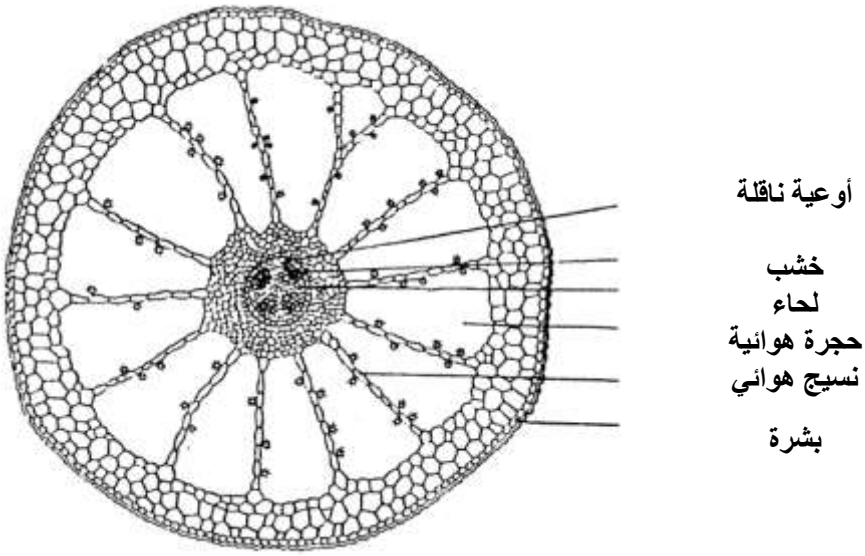
ويلاحظ في بعض النباتات ذات الأجزاء الهوائية تواصل الفراغات بشكل مستمر من الجذور إلى الأعضاء الهوائية لنقل الهواء، ويكوّن هذا النسيج نسبة كبيرة جداً من حجم العضو تصل إلى 70% ولاسيما إذا كان مغموراً، وتنخفض هذه النسبة طرداً مع ال خروج من الماء ومع الجفاف ، ويحتوي صانعات خضراء أحياناً.

* غياب كامل للنسيج البرانشيمي الحباكي، ولاسيما في الأعضاء المغمورة، لأن تشكله يحدث في الضوء الشديد وهذا ما تفتقر إليه الأوساط المائية ، كما أن نباتات هذه الأوساط، هي من أليفات الظل والظل الشديد، ولذلك يكون البرنشيم اليخضوري فراغياً أيضاً بخلاياه الضخمة وصانعاته كبيرة الحجم، قليلة العدد، داكنـة اللون، أفقية التوضع والأقرب إلى الوجه العلوي للعضو النباتي.



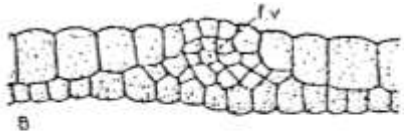
الشكل 9: مقاطع عرضيّة في سوق نباتات مائيّة

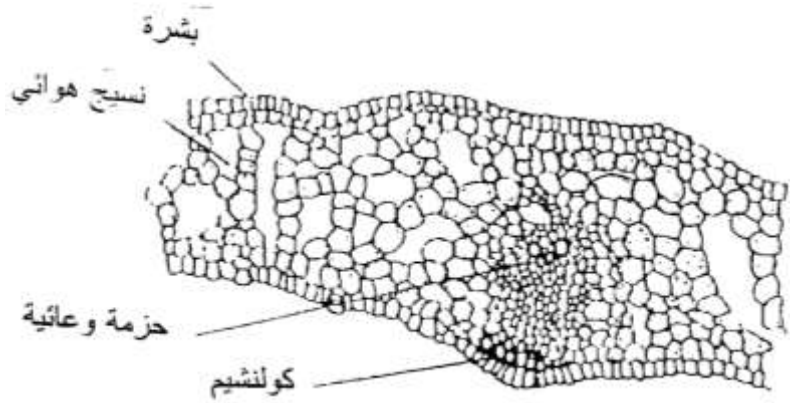
(لاحظ الحجم الصغير للأسطوانة المركزيّة والنسيج الفراغي الكبير)



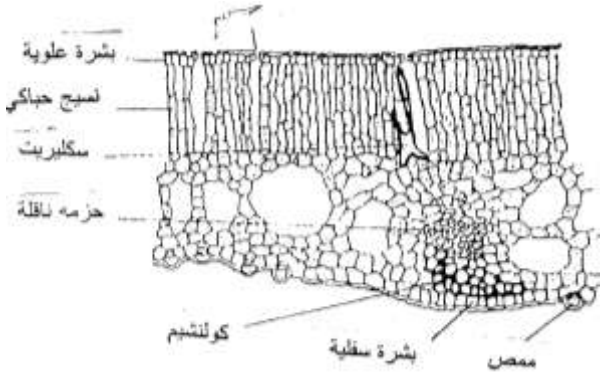
الشكل 10: مقاطع عرضيّة في سوق نباتات مائيّة

(لاحظ الحجم الصغير للأسطوانة المركزيّة والنسيج الفراغي الكبير)





الشكل 11 : أوراق غاطسة: (أعلى) *Elodia*، (أسفل) *Nuphare*



الشكل 12: ورقة طافية: *Nuphare*

(3) الخصائص الحيوية

تسمح خصائص الأوساط المائية بتأمين حماية أحيائها من نباتات حيوانات، من التبدلات الشديدة والحدية (المميتة أحياناً) لدرجة الحرارة (الارتفاع والانخفاض الشديدين) والجفاف وهذا ما يؤثر في نمط الحيـاة عند الأحياء المائية؛ إذ يُعد أكثر من 85% من نباتات الأوساط المائية معمراً بينما لا تتجاوز هذه النسبة 20% في النباتات البرية، ويتحول نبات الـ *Veronica* من حولي إلى معمر بمجرد نموه في الماء.

(4) الخصائص الفيزيولوجية

تتميز النباتات المائية بضغط حلوليّ منخفض أقل من 10 ضغط جوي عموماً، وهو يخضع لتبدلات عديدة أهمها الملوحة ، فالنباتات المائيّة قادرة على القيام بالتخمّر مدة طويلة بهدف الحصول

على الطاقة واكتساب القدرة لمواجهة المواد الناتجة عن الاستقلاب الهوائي، وتتمكن من عزل نفسها أحياناً لتخفف من التأثير السام لبعض المواد الموجودة في الوسط مثل H_2S وشوارد الحديد Fe والمنغنيز Mn من خلال العمل على ترسيب هذه الشوارد والحد من فعاليتها.

(5) الخصائص الإنتاجية

نظراً لما يتصف به الوسط المائي من مميزات مختلفة عن الوسط الهوائي، فإن جميع العناصر الضرورية للحياة (ما عدا الماء) كالاكسجين والضوء والحرارة، تتوفر بحدودها الدنيا وبتراكيز دوماً أقل من التراكيز المثلى وهنا يبرز جيداً تأثير مفهوم العوامل المحددة وقانون الحد الأدنى.

إضافة إلى الدور الرئيس الذي تقوم به هذه العناصر في العمليات الحيوية في النباتات و لاسيما التركيب الضوئي والنمو والإنتاج، فإنه مهما بلغت إنتاجية الأوساط المائية تبقى ضعيفة جداً و لاسيما في البحار والمحيطات لأ ن الحياة فيها تخضع للضوء (الذي تتناقص شدته باضطراد مع العمق ويتغير تركيبه الطيفي)، ولدرجة الملوحة التي تتجاوز أحياناً عتبة التحمل ، ثم لنقص الغازات المنحلة ولاسيما الأكسجين، إضافة إلى ذلك التلوث بمختلف أشكاله ودرجاته؛ تتراوح الإنتاجية في منطقة المد والجزر التي تعد صحراء من وجهة نظر نباتية، بين 20 – 30 كغ/ هكتار/عام بينما تبلغ 12 طن/ هكتار/عام قرب الشواطىء الغنية بالطحالب السمراء Pheophytes، ويكون المتوسط العام لإنتاجية البحار عادة بحدود طن واحد/هكتار/سنة.

(6) الخصائص الجنسية والتكاثرية

يسود التكاثر الإعاشي في النباتات المائية ولاسيما في الأنواع ذات الجذامير مثل: *Elodia*، *Potamogeton nodosis*، *Echhornnia*، *Phragmites*، *Typha*، ويتكاثر بعضها جنسياً حيث تطفو الأزهار فوق سطح الماء وتلقح هوائياً أو مائياً، وتطلق أنواع *Zosteraceae* حبات طلع ليفية حرة تحقق إلقاحاً مائياً بحتاً.

5. الجفاف والبيئة الجافة

الصحراء Le Desert هي: ظاهرة طبيعية ذات منشأ جيولوجي مناخي كوني أهم مقوماتها ندرة الماء والحرارة العالية والتبخر الشديد (صحراء حارة) أو حرارة منخفضة (صحراء باردة).

التصحر Le desertification فهو ظاهرة غير طبيعية ويعني انتشار الظواهر الصحراوية في مناطق ليست صحراوية و لاسيما من وجهة نظر مناخية وجيولوجية بسبب نشاطات الإنسان وهذا ما يحصل في المناطق الرطبة، وشبه الرطبة وشبه الجافة ، ومصطلح الصحراء مفهوم نسبي يمكن في إطاره تحديد عدة مستويات ترتبط بدرجة الجفاف ولذلك اعتمدت منظمة اليونسكو

عام 1977 على المعدل السنوي للأمطار ρ وشدة التبخر – التعرق المحتملة سنوياً E.T.A للتمييز بين مختلف المناطق الصحراوية في العالم ؛ وبناءً على ذلك فقد تم تمييز المناطق الآ تية في الوطن العربي:

– الصحراء الحقيقية: يكون المعدل السنوي للأمطار أقل من 20 مم وتشمل أجزاء كبيرة من موريتانيا والمغرب والجزائر وتونس وليبيا ومصر والربع الخالي في الجنوب الشرقي من السعودية.

– الصحارى الجافة: تتميز بمعدل أمطار بين 20 – 160 مم، وتضم إقليمين مختلفين بدرجة الجفاف، وتشغل مساحات واسعة تحيط بالصحراء الحقيقية.

– السهوب الصحراوية : حيث يزيد المعدل السنوي للأمطار على 160 مم، وتتمثل بالمرتفعات الواقعة في شمال ي العراق، وبعض المناطق السورية والأردنية واللبنانية واليمنية والمرتفعات الساحلية في تونس والجزائر وغيرها.

تصنيف النباتات الجفافية

يؤدي التأثير المباشر لنقص الماء في بعض الأوساط متوسطة الرطوبة إلى ظهور أشك ال نباتية تدعى **الأشكال الجفافية** *Xeromorphes*، أما النباتات التي تنمو بشكل طبيعي في البيئة الجافة الحقيقية فتدعى **النباتات الجفافية** Xerophytes التي يمكنها التكيف مع الجفاف ومتابعة نموها ولو ببطء شديد أحياناً، ويتجلى تكيفها بجملة معقدة من الخصائص الموفولوجية والفيزيولوجية والتشريحية والسلوكية، وعلى الرغم من الكثافة الضعيفة لنباتات البيئة الجافة والتنوع الكبير في أنواعها، فإن أساليب تكيفها مع الجفاف تسمح بتحديد **الأشكال العامة للنباتات الجفافية** كما يلي:

أ– **النباتات المؤقتة Temporaires** أو سريعة الزوال Ephemerophytes: تتمثل بالنباتات الحولية والأرضية التي تنمو بسرعة عند تو افر الرطوبة لتنهي دورة حياتها قبل حلول الجفاف، تقضي فترة الجفاف الحرجة على شكل أعضاء مقاومة (درنات، أبصال، جذامير، كورمات) في حالة النباتات الأرضيةّ وعلى شكل بذور بالنسبة للحوليات ، وتعد البذور والأبواغ من أكثر الأعضاء النباتية مقاومة للعوامل البيئية غير المناسبة (الحرارة والبرودة والجفاف).

ب– **النباتات الدائمة Perennes**: نباتات قاسية تتجنب الجفاف من خلال الحد م ن استهلاك المياه وفقدانه ثم تطوير أساليب البحث عنه وتأمينه بالسرعة المناسبة، ويساعد على ذلك وسائل تشريحية وفيزيولوجية وبيولوجية ومورفولوجية عديدة ، لبعضها أوراق غضة مزيوفيتية تدوم طوال الفصل المناسب وتسقط مع بداية الفصل الجاف لعدم قدرتها على مقاومة الجفاف، وغالباً ما يكون سقوطها تدريجياً مع زيادة شدة الجفاف مثل أوراق الشويك *Genista*، والقنديل *Calycotome spinosa*، والبلان *Poterium spinosum*، والرتم *Retama reatam*، والوزال الأصفر

Spartiam junieum، والطيون *Inula desertica*، والأفورب *Euphorbia dendroides*، ولبعضها الآخر أوراق دائمة ومقاومة للجفاف بأساليب مختلفة فالأوراق قاسية صغيرة الحجم في Erica، وموبرة في Stachys، وملتفة في *Ammophylla*.

جـ- **النباتات الجفافية الحقيقية** (بحسب Genkil): نباتات الوسط الجاف القادرة على التكيف مع الجفاف الأرضي والجوي طوال حياتها بأساليب عديدة، حيث لا تظهر أو تبدي اختلافات كبيرة بين الفترة الجافة وغير الجافة ، ويتمثل هذا النمط بالنباتات العصارية Succulents التي تختزن الماء في نسج أعضائها المختلفة كالساق والأوراق والجذع والجذور، وتتميز بقدرتها العالية على التحكم باستهلاك الماء في نشاطاتها أو في عملياتها الحيوية ولا سيما النتح، إضافة إلى امتلاكها أساليب فعالة للحفاظ على الماء المختزن.

تكيف النباتات الجفافية

تتحكم الرطوبة بجميع المراحل المتتالية من حلقة نمو النباتات الجفافية، وتتمثل الفترة الجافة الحرجة في المنطقة المتوسطية بفصل الصيف وجزء من فصل الخريف حيث لا تهطل الأمطار، أما في المنطقة المدارية فتقع في الشتاء، في حين أن موعدها غير محدد وكذلك طولها في المنطقة الصحراوية الحقيقية فقد تمتد على طول العام وأحياناً لعدة أعوام متتالية ، وبذلك فللرطوبة عامل محدد أول لجميع فعاليات ومراحل تطور النباتات في المناطق الجافة والصحراوية، ولعل أكثر المراحل الحياتية حساسية للرطوبة هي مرحلة الإنتاش، غير أن هذه الحساسية ليست واحدة بالنسبة لجميع النباتات، لذلك يمثل سبات Dormance البذور الحاجز البيولوجي أمام الإنتاش مما يسمح بالحفاظ على جزء مهم من مخزون البذور عند توافر عرضي للرطوبة. ونظراً إلى اختلاف علاقة الإنتاش مع كمية الرطوبة المتوافرة بحسب الأنواع النباتية التي تقسم إلى المجموعات الآتية:

- نباتات بذورها كتيمة للماء: لا تسمح بدخول الماء عبر غلافها إلا بعد مدة طويلة نسبياً كبذور Acasia karroo وجوز الهند الذي يبقى مدة طويلة من الزمن عائماً على سطح الماء، وبذور بعض النباتات التي تحتاج للمرور في الجهاز الهضمي لبعض الحيوانات كي يتخرب غلافها.

- نباتات بذورها حساسة جداً للرطوبة حيث تكفي كمية قليلة من الماء لكسر سباتها ، فقد تبين أن بذور العديد من الأنواع النباتية النامية في المناخ الجاف تتميز بإنتاش كامل عند تعرضها لعملية تبليل مطري بسيط مثل بذور *Citrullus colocyanthus*, *Taraxacum koksaghiz* وبذور النوع *Zilla macroptera* الصحراوي.

– نباتات تحتاج بذورها للتعرض مسبقاً لجفاف قاسي وطويل نسبياً بعد ذلك أي كمية قليلة من الأمطار تكفي للبدء بالإنتاش كما في بذور *Panicum turgidum*، وبذور بعض أنواع النجيليات النامية في الصحراء مثل *Asystasia gangitica*.

– نباتات بذورها أقل حساسية للرطوبة (متطلبة للماء) تتطلب لإنتاشها هطل كمية جيدة من الأمطار، إذ تنتش بذور *Pactis paposa* بعد هطول مطري قدره 12.5 مم، ويبلغ الإنتاش ذروته بعد هطول كمية تعادل 22 مم، ولا تنتش بذور بعض أنواع *Zygophyllaceae* ولاسيما الصحراوية إلا بعد غسيل مطري لها طوال عدة أيام.

تتصف النباتات التي تنم و في البيئة الصحراوية والجافة وشبه الجافة بجملة معقدة من **الخصائص التي تمكّن نباتات البيئة الصحراوية والجافة وشبه الجافة** من تجاوز التأثيرات السلبية للجفاف ومقاومته:

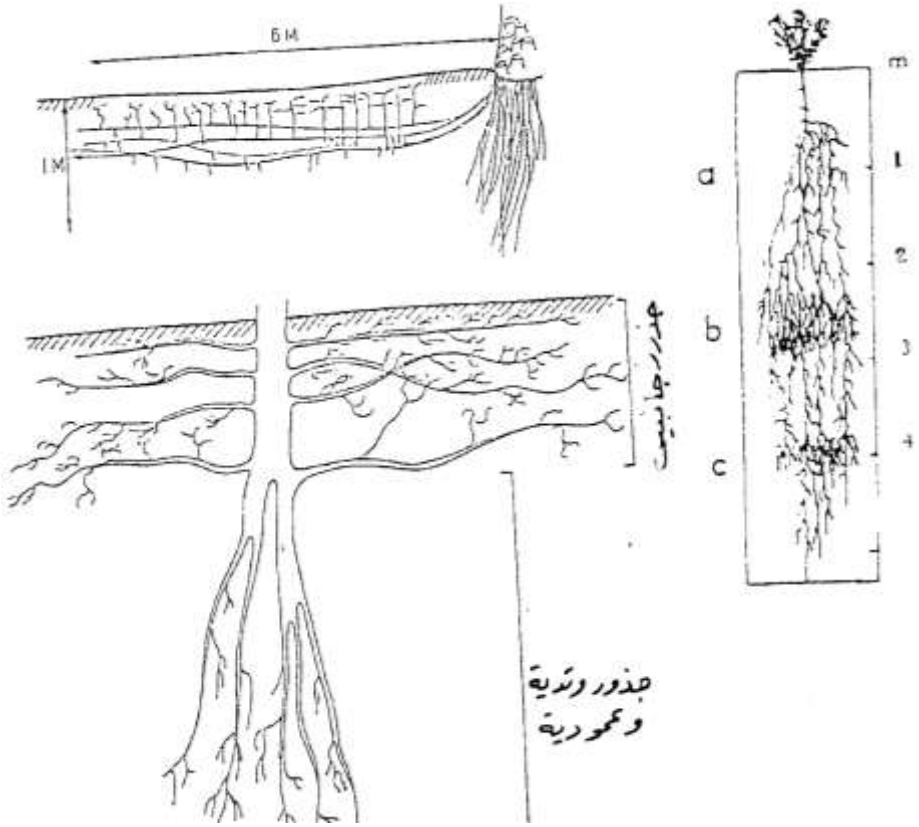
1– القدرة على تحمل نقص الماء وانعدامه أحياناً من خلال الخصائص الآتية:

أ– يمتلك بعض النباتات بروتوبلاسما قادرة على متابعة الحياة في ظروف شديدة الجفاف وطويلة الأمد، كبعض الحزازيات مثل *Ceterch officinarum* وبعض أنواع *Selaginella* إضافة إلى بعض النباتات الشجرية مثل *Ramondia serbica* المنتشرة في جبال البلقان و*Carex pachystilis* في صحراء النجف و Carex physodes في المناطق الجافة الروسية.

ب– تطوير وتضخيم جهاز الامتصاص من خلال الميزات التالية:

– امتلاك جملة جذرية متطورة عالية الكفاءة في البحث عن الماء وامتصاصه ونقله بالسرعة المناسبة إلى النبات، وذلك بزيادة حجم المجموع الجذري وسرعة نموه واتساع رقعة انتشاره، وامتلاك أوعية خشبية ضخمة وعديدة. يفوق حجم الجملة الجذرية عدة مرات حجم المجموع الخضري غالباً كالنجيليات الصغيرة التي يزيد طول مجموعها الجذري على 1 م، ويصل 11 م في *Ephedra* الذي يبلغ طولها 160 سم، ويتجاوز 10 م في العاقول الذي لا يتجاوز طوله 50 سم؛ تتوزع الجملة الجذرية لبعض النباتات الجفافية في جميع المستويات لتأمين الماء (الشكل 13)، وتأخذ أشكالاً متناسبة مع كمية الرطوبة المتوافرة ونوعية التربة وفق الآتي:

– نمط ذو امتداد وانتشار شاقولي عميق في التربة، وقليل التفرع، كما في: جذور *Medicago* التي تنمو في السهوب والمناطق شبه الجافة، ويختلف طول الجذر من نبات لآخر (الجدول 8). ويمكن استعمال بعض الأنواع النباتية دالات Indicateur على وجود المياه الجوفية ولاسيما غير العميقة لأن الجذور تصل إلى مستوى المياه الجوفية أو الشعرية، ومن هذه الأنواع العاقول *Alhagi maurroum* والحنظل *Citrulus colocyanthus* والحرمل *Peganum harmala*.



الشكل 13: أنماط مختلفة من جذور النباتات الجفافيّة

– نمط ذو انتشار أفقي محدود الطول ولاسيما في الترب التي تكون فيها الطبقات الدنيا أو المتوسطة غير مناسبة للنمو بسبب غياب الجيوب الهائية والرطوبة ، الأمر الذي يسمح بتشكيل الجذور قرب السطح، مثل جذور الصباريات *Cactacees*، أو بسبب التهوية السيئة في حال غمر الموقع بالماء حيث تقوم الساق بوظيفة تنفسية.

– نمط ذو نمو كثيف متميز بشبكة غزيرة من الجذور الوعائية على هيئة شعيرات جذرية كثيفة وطويلة، مثل: جذور العديد من النجيليات التي تشكل ، في حجم صغير من التربة , شبكة كثيفة من الجذور التي تمكن هذه النباتات من الاستفادة من القسم الأكبر من الرطوبة المتوافرة.

نمط متعدد الاتجاه والانتشار حيث تمتد الجذور في مختلف الاتجاهات مكونة جذوراً أكثر فعالية وتكيفاً مع الشروط المختلفة ولاسيما في الترب النفوذة.

– وجود أعضاء هوائية قادرة على امتصاص الرطوبة الجوية وماء الندى والغيوم، في المناطق الصحراوية والجافة، وتتمثل هذه الأعضاء بالأوبار الماصة للرطوبة الجوية كتلك الموجودة على أوراق بعض أنواع فصيلة Bromeliaceae، والجذور الهوائية عند السحلبيات Orchidees.

– التحام قاعدتي الورقتين المتقابلتين لتكوّنا شكلاً يشبه القمع يتجمع فيه ماء المطر الذي يمتصه النبات في فترات الجفاف كما هو الحال عند Dipsacus.

جـ– **تخزين الماء في نسج النباتات العصارية** Phyto-Succulentes التي تكوّن قسماً رئيساً من النباتات الجفافية، وهي ذات أشكالها عديدة وغريبة أحياناً، فبعضها كالبرميل الشائك أو القنفذ (*Echinocactus grasoni*، *Notocactus*)، ومنها الشبيه بالعصا الشائكة (*Opnntia crinacea*)، وغيرها كلوحة الرسام مثل *Stapelia* أو كالأعمدة الضخمة مثل *Cereus giganteus* أو في هيئة مضرب التنس مثل *Opuntia ficus*.

يشكل الماء في بعضها 90 – 95% من وزنها وهي نباتات شديدة التأقلم مع الجفاف لأنها تستهلك الماء بتقتير شديد، ويقل استعمالها طرداً مع زيادة الجفاف شدة ومدة، وتتميز بتجهيزات فعالة تتيح لها اختزان الماء بكميات كبيرة والمحافظة عليه مدة طويلة فهي تقاوم النتح وفقدان الماء بفضل قشيرتها الثخينة ذات الطبيعة الشمعية اللامعة ومسامها القليلة العدد والغائرة في مستوى القشيرة والبشرة السميكة (عديدة الطبقات أحياناً)، وكذلك بفضل تركيبها الضوئي من النمط C.A.M، الأمر الذي يجعل نموها بطيئاً واستهلاكها للماء ضعيفاً أيضاً، أما جملتها الجذرية فتكون في معظم الأحيان سطحية، شديدة التفرع، وغنية بالأوبار الماصة الدائمة والمؤقتة التي تتشكل عند توافر الرطوبة وتموت بمجرد حدوث الجفاف, ويماثل ضغطها الحلولي ضغط النباتات المائية، أي أقل من 10.

تختزن النباتات العصارية الماء في برانشيم متخصص لهذه الغاية سواء نمت في وسط جاف أم لا، فاختزان الماء صفة مميزة وموروثة في هذه النباتات، ويختلف مكان اختزان الماء من نبات لآخر وفق الآتي:

– نباتات تختزن الماء في **أوراقها** الضخمة العصارية فتبدو الساق متردية في معظم الحالات كالأنواع: *Cedum*، *Sempervivum*، *Mesembryanthemum*، *Aloea*، *Agave*، والعديد من أنواع Crassulaceae ذات الشكل الصبلوي.

– نباتات تختزن الماء في **الساق**، وهي الأكثر شيوعاً فتبدو الأوراق متحورة إلى أشواك أو حراشف أو أوبار تفيد في الدفاع تجاه الحيوانات، وفي الحد من التعرق . وتكون الساق خضراء بأشكال مختلفة من نوع لآخر، كالأنواع: *Opuntia ficus indica*، *Cereus gigantus*، *Echinocactus grasoni*.

– نباتات تختزن الماء في **جذوعها** المنتفخة فتأخذ شكلاً مميزاً كشجرة الباوباب الأفريقية *Adansonia digitata* الضخمة (طولها 25 م وتاجها 30 م)، والنوع *Adenium*

socotranum، والشجرة القارورية *Brachychiton rupestris* في جنوبي مدغشقر، وتنتشر هذه النماذج في المناطق الجافة.

– نباتات تختزن الماء في **أعضاء تحت أرضية** في الجذور الدرنية كجذور نبات *Brachypodium bispinosum* الذي ينمو جيداً في جنوب أفريقيا، أو في أو رمات منتفخة Xelopodes كما في النخيل *Phoenix* وشجيرات *Campos–cerradas*.

2– القدرة على تحمل الجفاف وتجنب فقدان الماء بالتعرق وتقتير الماء

الأوراق هي الجزء الأساسي الذي يستهلك الماء بأشكال مختلفة، ولكي تتحمل الجفاف وتتجنب فقدان الماء، غالباً ما تكون الأوراق قاسية وثخينة، وسميكة القشيرة وبشرتها عديدة الطبقات أحياناً كما في الدفلة *Nerium oleander*، مساماتها عميقة أو محمية بالأوبار أو متوضعة في ثنايا الأوراق، النسج الاستنادية متطورة جداً وتشكل قسماً كبيراً من العضو النباتي فيكتسب صلابة واضحة تمنع الذبول الظاهري عند فقدان كمية كبيرة من الماء، وتتحمّل الجفاف نتيجة:

أ– الحد من مساحة السطوح المتعرقة كماً وكيفاً اعتماداً على:

– عدم تشكل الأوراق إطلاقاً فتصبح الساق عارية مثل: *Leptadenia pyrotechnica*، *Hammada elegans*، *Haloxylon persicum*، *Calligonum comosum*.

– سقوط الأوراق: تحدث في ظروف عديدة ومتنوعة غالباً ما تكون طبيعية، إذ:

– تسقط أوراق النباتات في الفصل البارد لمقاومة انخفاض درجات الحرارة ولمقاومة الصقيع، كما حال غالبية النباتات التي تفقد أوراقها في الخريف حتى الشتاء في المنطقة المتوسط ية، كالأنواع النفضية مثل *Quercus pubescens*، والدلب *Platanus*، والجوز *Juglans*، والحور *Populus*، والصفصاف *Salix*.

– تسقط أوراق بعض النباتات في الفصل الجاف والحار للحد من النتح ومقاومة الجفاف, ويكون السقوط كلياً أو جزئياً كما في *Acacia argania*، والعديد من نباتات *Ephedroides* المتوسطية مثل *Genista* و *Ephedra*.

ويمكن أن تسقط الأوراق تدريجياً مع ازدياد الحرارة والجفاف كما في الأنواع: *Spartium junceum*، *Poterium spinosum*، *Artimisia herba–alba*، *Retama reatam*، *Phlomis viscosa*، *Thamus capitatus*.

– يتخلص بعض النباتات من جزء من فر وعه الخضراء الفتية إضافة إلى أوراقه مثل: *Anabasis*، *Tamarix*، *Calligonum*، *Aluna*، *Lactuca*، وتفقد النجيليات المعمرة جميع

أجزائها الخضراء الهوائية وتبقى براعمها التجددية حية قرب قاعدة النبات حيث تعمل الأجزاء الجافة المتساقطة على حمايتها من الحر والجفاف.

– لوحظت حالة مدهشة عند الدردار *Fraxinus xanthoxyloides* المنتشر في أعالي جبال شمال أفريقيا، حيث يفقد أوراقه مرتين في العام : مرة بتأثير الحرارة المنخفضة شتاءً، وأخرى بتأثير الحرارة العالية والجفاف صيفاً.

أما الحالات غير الطبيعية لسقوط الأوراق فتكون ناتجة عن نقص بعض العناصر الضرورية للنمو وعدم كفاية التركيب الضوئي، أو بسبب التلوث بالمركبات والغازات التي تسبب سقوط الأوراق مثل SO_2، وكثير من المركبات الفعالة والنوعية في إزالة الأوراق كبعض المشتقات الكلورية لحمض فينوكسي اسيتيك (2.4.5-T، 2.4–D وبيكلورام) والسيمازين وغيرها التي استعملها الأمريكيّون في حرب فيتنام.

– تحورات الأوراق: تبدي أعضاء التعرق في النباتات الجفافية، ولاسيما الأوراق، تحورات عديدة للحد من التعرض المباشر لأشعة الضو ء وزيادة شدة الأشعة المنعكسة مما يحد من ارتفاع حرارة النسج الداخلية ويقلل التعرق، وفق الآتي:

– صغر القامة كأوراق *Erica* و *Pinus*.

– تحور الأوراق الى أشواك أو إبر مثل أوراق *Opuntia ficus-indica*، *Atraphix* ، *Acanthophyllum pangens*.

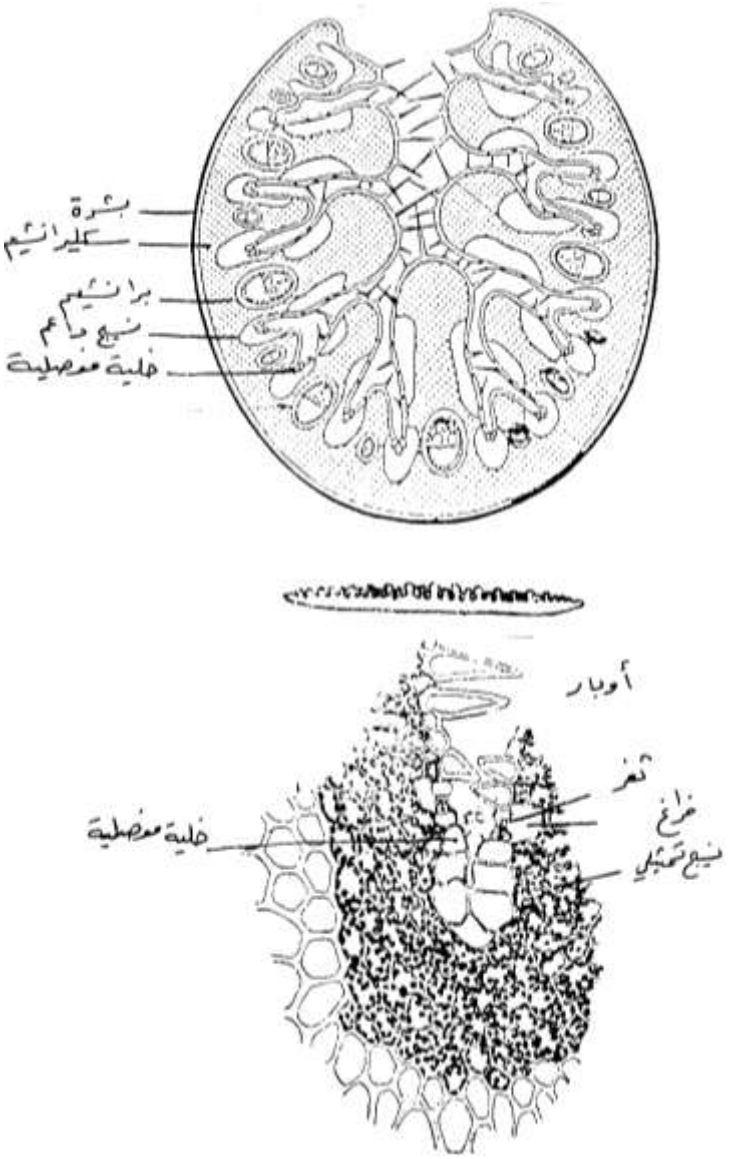
– تحور بعض الفـووع الى أشواك مثل *Poterium spinusum*، *Genista*، *Zilla spinosa*، *Calycotome spinosa*.

– تجزؤ الأوراق وتضيقها كأوراق الشيح *Artimisia*.

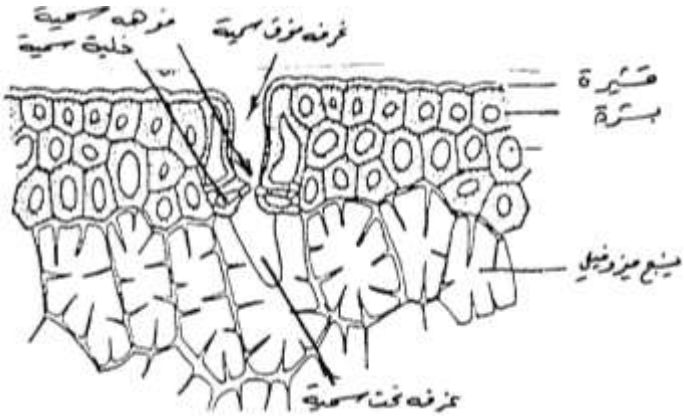
– تحور الأوراق إلى حراشف في بعض أنواع *Ephedra*، *Cupresfus*.

– تحور أذينات الأوراق إلى أشواك عند بعض أنواع *Acacia*.

– التفاف الأوراق وتكوين ما يشبه الأ سطوانة الجوفاء تبطنها الأشعار والأوبار وتنفتح عليها المسام مثل أوراق *Ammophylla arenaria* (الشكل 14)، *Agroperon*. تلتف الأوراق بتأثير الجفاف ويزداد الالتفاف بازدياد الجفاف ، وتختلف شدة الالتفاف بين الليل والنهار بحسب تو افر الرطوبة, مثل أوراق Stipa *capillata* و *Festuca* (الشكل 15).



الشكل 14 ورقة ملتفّة، قصب الرمال

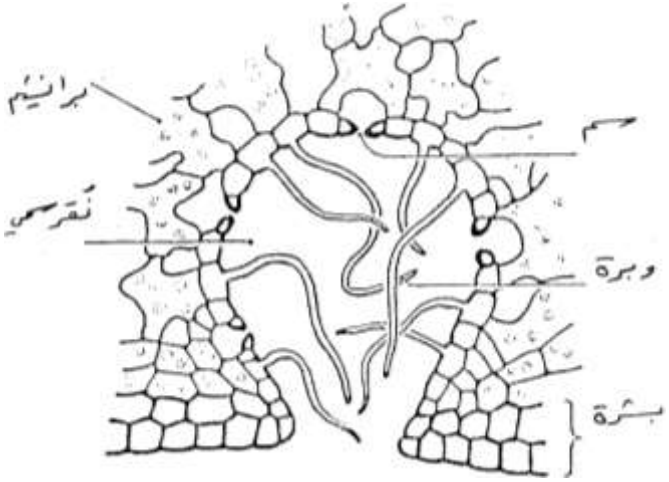


الشكل 15 بنية الورقة الملتفة في *Festuca*

ب- مقاومة التعرق اعتماداً على نمو وتضخم بعض الأجزاء أو النسج النباتية، أو الحد من نمو بعضها الآخر أو الاثنين معاً نتيجة:

- ازدياد ثخانة القشيرات التي تكون من طبيعة شمعية لامعة عاكسة تحتوي حبيبات سيليسية كما في *Ephedra*.

- تشكل بشرات ثخينة عديدة الطبقات أحياناً مثل الدفلة *Nerium oleander* (الشكل 3-16)، *Ficus elastica*، *Arabasis*، *Opuntia ficus-indica*.



الشكل 16: نقرة سميّة على الوجه السفلي لورقة الدفلة مع بشرة عديدة الطبقات

سم stomate، وبرة poil، بشرة epiderme، برنشيم paranchyme، نُقر سمي crypte

- تشكل الأوبار الكثيفة البيضاء التي تغطي بشرة الأعضاء أحياناً ، كما هو الحال في *Stachys nevia*، *Phlomis*، *Verbascum*، *Cistus*.

- قلة المسام أو اختفاؤها على الوجه المعرض مباشرة للأشعة وظهورها في أماكن مختلفة محمية وعديدة الخلايا المرافقة في Ephedra، غائرة تحت سطح القشيرة والبشرة في

Retame، *Ephedra*، *Spartium*، *Aloea*، *Opuntia*، أو موجودة في تجاويف خاصة تدعى ثغرات سمية *Crypte stommatique* كتلك الموجودة في أوراق الدفلة (الشكل 16)، وتتوضع في ثنايا الأوراق الملتفة مثلما هو الحال في *Stipa*، *Festuca*, *Erica* و *Ammophylla*.

- رفع الضغط الحلولي بزيادة المواد المنحلة.
- زيادة النسج القاسية قليلة الماء والنشاط الفيزيولوجي كالسكلرنشيم والكولنشيم والخشب.
- الحد من النسج النشطة ولاسيما البرنشيم اليخضوري كما هو عند النباتات الجفافية.
- زيادة طول الجذور وتفرعها لتأمين الماء وتعويض ما يفقد منه بالتعرق.
- زيادة ثخانة الجدران الخلوية وكثافة الترسبات البكتوسليلوزية داخلها والحد من طول شبكة أضلاع الورقة وتفرعها.
- وجود اللبن النباتي *Latex* والراتنجات الزيتية *Oleoresines* والعفصيات *Tanins* والأنتوسيانات *Anthocyanes* والمواد أليفة الماء, والسكويات الخماسية والمواد البكتينية والمخاطية التي ترتبط بالماء بشدة.
- سقوط الأوراق أو عدم تشكلها.
- تحرك الأوراق ودورانها مع حركة الشمس كأوراق *Lactuca scabiosa*.

التكيف السلوكي Ethologie

يمكن الاعتماد عل ى أشكال النمو Formes de croissance النباتي التي وضعها Schmithusen البالغ عددها 30 شكلاً, وهي تمثل مختلف أشكال تكيف النباتات مع العوامل البيئية، ويمكن الا عتماد على الأ نماط الحيوية التي وضعها Raun Kiaer البالغة ثمانية أنماط (المذكورة في موضوع التكيف لدرجة الحرارة والجفاف).

رابعاً. الهواء والغلاف الجوي L'Air et l'Atmosphere

الهواء خليط من غازات عديدة متباينة بخواصها الفيزيائية والكيميائية والبيئية والحيوية, يشكل غلافاً ثخيناً يحيط بالكرة الأرضية بشكل كامل يدعى الغلاف الجوي، ثخانته أكبر في المناطق الإستوائية حيث تصل إلى 500 كم وسطياً أقل من ذلك بكثير في المناطق القطبية (لماذا).

1. طبقات الغلاف الجوي: تتباين في الثخانة والنظام الحراري والتركيب الغازي والبعد عن سطح الأرض، كما ورد سابقاً.

2. مكونات الهواء (الجدول 9): يتّصف الهواء بتركيب ثابت ومتجانس نتيجة الخلط المستمر والشديد لمكوناته.

الجدول 9 : مكوّنات الهواء

المكونات الثابتة نسبياً			
الغاز	**الرمز الكيميائي**	**النسبة الحجمية %**	**التركيز PPm**
نتروجين	N_2	**78.09**	**780900**
أكسجين	O_2	**20.94**	**209400**
ارغون	A_r	**0.93**	**9300**
نيون	**Ne**	**0.00182**	**18,2**
هليوم	**He**	**0.000524**	**5.24**
ميتان	CH_4	**0.00015**	**1.5**
كريبتون	**Kr**	**000114ز0**	**1.1**
هيدروجين	H_2	**0.00005**	**0.5**
المكونات المتبدلة			
بخار الماء	H_2O ↑	**4-0**	**40000-0**
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	**0.06 – 0.032**	**600 – 320**
أول أكسيد الكربون	**CO**	**0.1**	**1000**
ثاني أكسيد الكبريت	SO_2		**0.001**
ثاني أكسيد الآزوت	NO_2		**0.001**
أكسيد النتروز	N_2O		**0.23**
زينون	**Xe**		**0.08**
أوزون	O_3		**0.04– 0.01**

3. الأهمية البيئية والحيوية لبعض الغازات

تتباين غازات الهواء في الصفات الفيزيا–كيميائية وفي الأهمية البيئية والحيوية:

أ- النتروجين N_2: عنصر خامل بالنسبة لأغلبية الأحياء وإن كان المكوّن الأكبر في الهواء، ويتمكّن بعض الجراثيم من تثبيته سواء كانت حرة مثل *Azotobacter* والجراثيم الزرقاء *Cyanobacteria*، أو متعايشة مثل: *Rhizobium* مع البقوليات، والنتروجين من أهم العناصر الضرورية للحياة، وإن كانت أكاسيده من ملوّثات الهواء.

ب- الأكسجين O_2: يعوق نقصه في التربة إنتاش بذور العديد من الأنواع النباتية ، ويؤثر في نشاط الجملة الجذرية وامتصاص النسغ الناقص , ويؤدي نقصه إلى حدوث التخمر اللاهوائي السام للنسج النباتية, وقد ذكرت أهميته في الأوساط المائية.

جـ- ثنائي أكسيد الكربون CO_2: نسبته ضئيلة في الهواء 0.03 – 0.06%، ويمثل المادة الأولية الرئيسة لتركيب الجزيئات العضوية في التركيب الضوئية، ويعد من العوامل المحددة للتركيب الضوئي في الشروط الطبيعية لأنه يبلغ حداً أقصى عند تركيز من CO_2 قدره 0.1% بينما لا يتجاوز حجمه 0.06% في الشروط الطبيعية . وهو غاز سام للأحياء بتراكيز عالية في التربة، إذ يضعف امتصاص الجذور النباتية ويثبّط إنتاش بذور بعض الأنواع مثل: Sinapis، ويؤثر في تركيب الأحياء الدقيقة ولاسيما الفطريات في التربة إيجاباً أو سلباً. يحافظ الغلاف الجوي على درجة حرارة الأرض بامتصاصه الأشعة تحت الحمراء الطويلة، ثم إعادتها إلى سطح الأرض.

د- الأوزون O3: يشكل طبقة تحمي الأرض من أخطار الأشعة الكونية و الأشعة فوق البنفسجية الضارة على وجه الخصوص.

هـ- غاز الكبريت SO_2: مركب غازي خطر ينافس ثنائي أكسيد الكربون في التركيب الضوئي، ويسهم في تكوين الضبخان والأمطار الحمضية الضارة ب النظم البيئية الأرضية إذ تتلف اتلاف النباتات و تفسد التربة والأوساط المائية حتى المياه الجوفية، وتضر بالمباني والصحة العامة، وينتقل مسافات كبيرة، فهو يهطل في مناطق بعيدة عن مكان تشكله نتيجة حمله بتيارات الهواء وهذا ما أدى إلى نزاعات إقليمية بين دول عديدة مثل أوربا وأمريكا الشمالية.

4. الرياح Le Vent

هي حركة الهواء عند تجاوزها سرعة معينة، **وتنتج** عن تباين في درجات الحرارة والضغط الجوي بين اليابسة والأوساط المائية الكبيرة وبين المناطق الباردة في القطبين والمناطق الحارة، وتعد الرياح من العناصر المناخية الرئيسة نظراً إلى تأثيراتها العديدة ولاسيما في الحرارة والرطوبة وشدة التبخر والتعرق عند الأحياء, ويعتمد التأثير على شدتها واتجاهها ومصدرها.

<u>التأثيرات المباشرة للرياح</u> : تتجلى بتأثيرات آلية ومورفولوجية تظهر بوضوح على النباتات والتربة، ويمكن تلخيصها على النحو الآتي:

– تتكسر الأغصان والأشجار وتتخرب المزروعات عند تعرضها لرياح قوية ويزداد الخطر بوجود حبات برد أو ثلج أو رمال إذ تتلف الثمار والبراعم والأوراق.

– تأخذ النباتات بتأثير قوة الرياح واتجاهها أشكالاً مورفولوجية مختلفة , فقد تكون منحنية أو لاطئة متقزمة أو وسادية مفترشة أو بشكل الراية، وهذا ما يلاحظ بوضوح على مداخل مدينة حمص الغربية حيث تكثر أشجار الصنوبر.

– تؤثر الرياح في التوزع الجغرافي للنباتات من خلال إعاقتها لنمو الأشجار في الأم اكن كثيرة الرياح كشواطىء البحار والمحيطات وقمم الجبال العالية.

يختلف ارتفاع انتشار الغابات في الجبال من منطقة لأخرى : ففي الألب تصل الغابات حتى 2300 م عن سطح البحر، وفي الجبال المركزية [Massifs Central] لا تتجاوز الغابات حدود 1450 م عن سطح البحر وتختفي هذه الغابات المكونة من *Meleze* وصنوبر *Pinus cembort* وتسود الحزازيات [Cetraria] وبعض الأنواع المفترشة مثل *Azulus* وهي من الأنواع المميزة للمجتمع النباتي Loiseleurieto-cetrarietum السائد على هذه الارتفاعات ، أما في لبنان فتوسم القرنة السوداء في الجبال الغربية الحدود العليا لانتشار الغابات.

– يظهر التأثير الفزيولوجي للرياح بشدة في عملية النتح النباتي الذي يتعلق بسرعة الرياح وطبيعتها، ويزيد تجديد الهواء المحيط بالنباتات سرعة ال رنتح وفقدان الماء مما يضع النباتات في حالة عجز مائي.

– تعمل الرياح القوية على نقل حبوب الطلع، إضافة إلى أنها تمثل أحد الوسائل الأساسية للبعثرة حيث تنقل الأبواغ والكثير من البذور والثمار إلى مسافات بعيدة جداً ، ويتطلب هذا تكيف الأعضاء مع الانتقال بالرياح وفق الآتي:

– صغر الحجم وخفة الوزن كالأبواغ عند الجراثيم والفطريات والطحالب والكبديات والحزازيات والسر اخس وبعض البذور الدقيقة (الغبارية) كبذور بعض أنواع *Orchidaceae*، وثمار بعض أنواع *Balanophoraceae*.

– وجود زوائد في الهذور مثل *Nerium*، *Epilobium*، أو في الثمار مثل الهندباء *Taraxacum* والعديد من أنواع *Stipa*.

– وجود أجنحة في الهذور مثل الصنوبر *Pinus*، أو في الثمار مثل *Acer*.

– وجود الأشعار في البذور والثمار مثل القطن *Gossypium*، والصفصاف *Salix* والحور *Populus* و *Anemone*.

– بعثرة النباتات المتحرجة بالرياح، حيث ينفصل الجزء الهوائي أو أجزاءً من ها بعد تشكل البذور ونضجها، مثل *Eryngium*، *Salsola*، *Statice gmelini*.

– الالتصاق بأعضاء أخرى منقولة بوساطة الهواء.

– انتفاخ الثمار كالبالون المملوء بالهواء وبداخله البذور مثل الثمار العلبية.

– يتمثل التأثير المباشر للرياح في التربة غير المحمية بالغطاء النباتي بالحت الريحي، ولاسيما على الشواطىء الساحلية الرملية وفي المن اطق الصحراوية ، حيث تتعرى التربة وتنتشر الكثبان الرملية، وتزيد الرياح شدة التبخر فتجف التربة.

التأثير غير المباشرة للرياح : هو التبدلات المختلفة التي تسببها الرياح في مستوى العوامل البيئية الأخرى ولاسيما ما يتعلق بالمناخ والتربة، وفق الآتي:

– التحكم في توز ع الأمطار من خلال تحديد اتجاه وحركة الكتل الهوائية الضخمة المشبعة ببخار الماء والغيوم الماطرة.

– تجديد مستمر للهواء المحيط بالتربة والنباتات مما يزيد سرعة وشدة التبخر من التربة والنتح من النباتات الأمر الذي يسبب جفاف التربة وموت النباتات.

– تبديد وتخفيف كثافة الملوثات الجوية ونقلها من أماكن انطلاقها إلى مناطق أخرى بعيدة وواقعة على مسار الرياح.

التكيف مع الرياح

نظراً إلى أن قوة الرياح وتأثيراتها تكون ضعيفة في مستوى سطح التربة فإن تكيف النباتات مع الرياح يتمثل **بصغر القامة** أو باتخاذ أشكال متقزمة أو زاحفة أو مفترشة للأرض ثم **امتلاكها** جملة جذرية متطورة وشديدة التفرع مع القدرة على **مقاومة الجفاف** الذي تسببه الرياح، تجتمع هذه الصفات في بعض الأنواع النباتية فتكسبها أهمية كبيرة في حماية التربة من الحت والانجراف مثل قصب الرمال *Ammphylla arenaria* الذي يستعمل لتثبيت الكثبان الرملية على شواطىء البحار. ويعتمد مبدأ مصدات الرياح على وجود حواجز نباتية متفاوتة الارتفاع حول المزارع والحقول لتخفيف تأثير الرياح، مثل السرو Cupressus والقصب Phragmites والخيزران Bambo والأوكاليبتوس Eucalyptus وغيرها.

5. العواصف الرعدية والصواعق

من العوامل المناخية الثانوية رغم أن تأثيرها كبير في مناطق الغاب ات الكثيفة المكونة بشكل رئيس من الراتنجيات ، ويتجلى تأثير الصواعق بإشعال الحرائق في الغابات مما تؤدي إلى تحطيم جذوع الأشجار وأغصانها وهذا مالوحظ بكثرة في كندا.

تبين الدراسات الأوروبية أن أنواع *Epiceas* و *Sapins* أكثر تعرضاً للإصابة والضرر بالصواعق (32%)، ثم أنواع السنديان *Quercus* (19%) فاللحور *Populus* والصنوبر *Pinus*، بينما تكون قليلة إلى نادرة في غابات الزان Fagus، ويعود ذلك لقشرتها الملساء فتحميها من الصواعق لأنها تسمح بجريان الماء من الفروع فالجذوع إلى التربة فيتشكل ما يدعى خط التأريض.

6. النار والحرائق Feu et Incendie

الحرائق عوامل بيئية خطيرة ومدمرة للأحياء ولاسيما النباتية، و غالباً ما تكون من صنع الإنسان على نحو **غير مقصود** كإهمال السياح والمخيمين والمزارعين والمسافرين أو على **نحو إرادي** لأغراض مختلفة أهمها الحصول على مساحات واسعة من الأعشاب الرعوية ، وإقامة زراعات متنوعة، واصطياد بعض الحيوانات البرية وإقامة المساكن والمنشآت السياحية والصناعية ، وتصبح الرياح العامل السائد والأقوى في التحكم بالنار بعد اشتعالها و للغطاء النباتي وفقاً لطبيعته دور متباين في ذلك؛ وتختلف مناطق الغطاء النباتي في درجة تعرضها للحرائق والأكثر تهديداً هي:

– الغابات المخروطية الضخمة والنقية ، يساعد في ذلك وجود الراتنج وطريقة اشتعال المخاريط ووجود غطاء عشبي غالباً ما يجف في الصيف.

– النباتات المتوسطية بسبب الحاجة إلى المراعي وإهمال الإنسان وطبيعة الغطاء النباتي والمناخ السائد، مثل حرائق غابات البلوط والقسطل والبسيط في سوريا.

– الأدغال الاستوائية التي لا تنقطع حرائقها فتحولت إلى سافانا Savannes وسادت نباتات عديمة الفائدة وأكثر تحملاً للحرائق.

خامساً. العوامل الطبوغرافية Facteurs Topographiques

الطبوغرافيا هي السمات السطحية للأرض كالتضاريس والميل واتجاه السفح والارتفاع عن سطح البحر التي تتصف بدورٍ أساسي في تحديد الكثير من المجمعات الحيوية من خلال تأثيرها في بعض العوامل البيئية المحلية، و لاسيما بعض عناصر المناخ والتربة، وهذا ما يؤكده ارتباط مفهوم المناخ الدقيق بطبغرافية الموقع البيئي Ecotope، كما تساهم في التمييز بين المناخات المحلية المختلفة, وهكذا تؤثر العوامل الطبغرافية بشكل غير مباشر في النباتات من خلال تأثيرها في عناصر المناخ والتربة وهذا ما ينعكس على طبيعة الغطاء النباتي وتركيبه النوعي وتوزعه المكاني والجغرافي، وأبرز العوامل الطبوغرافية:

1. التضاريس Relifs

يُقصد بالتصاريس وجود الجبال والوديان والسهول والهضاب وهي تسبب تغيّرات كبيرة في مستوى بعض العناصر البيئية التي يمكن إيجازها وفق الآتي:

– الحرارة: يحدث في بعض أيام الشتاء الهادئة أن تتجمع كتل الهواء البارد في أعماق الوديان والمنخفضات حيث تكون درجة الحرارة أدنى بوضوح مما هي عليه على السفوح العالية أو متوسطة الارتفاع، وتصبح هذه الكتل الهوائية محصورة في الأسفل وصعبة التجديد مما يؤدي إلى خفض كبير لدرجة الحرارة وأحياناً إلى تشكل الصقيع بسبب تأخر وصول أشعة الشمس إليها ، وهكذا يتشكل تدرج حراري شاقولي بعكس ما هو معروف في طبقة التربوسفير، تدعى هذه الحالة بظاهرة الانقلاب أو الانعكاس الحراري Inversion thermique التي تؤثر بشدة في درجة حرارة ورطوبة الهواء والتربة، مما ينعكس مباشرة على طبيعة ونوعية الغطاء النباتي وتوزعه المكاني، فقد لوحظ أن مجتمع *Quercetum pubescentis* أليف البرودة والرطوبة ينمو جيداً في عمق المنخفضات والوديان في إقليم بروفانس الفرنسي بينما يعلوه مجتمع *Quercetum Ilicis* أليف الدفء و الرطوبة المتوسطة، وقد شيدت القرى ابتداءً من وسط السفح نحو الأعلى تفادياً للحرارة المنخفضة في الشتاء من جراء هذه الظاهرة.

– الأشعة الضوئية: تتحكم التضاريس في مدة التعرض للأشعة الشمسية، وبالتالي بمحصلة الطاقة الواردة الى الأماكن الواقعة خلفها ، لأن التضاريس تعترض أشعة الشمس و لاسيما في بداية إشراقها وعند مغيبها ممثلة بذلك حواجز طبيعية تحول دون وصول الأشعة الشمسية.

– الأمطار: تعد التضاريس من العوامل المهمة في التوزع الجغرافي والمحلي للأمطار لأن كتل الهواء التي ترتفع على طول الحاجز الطبغرافي (جبل) تبلغ بعد هبوط درجة مع الارتفاع نقطة

الإشباع بالرطوبة فيتكاثف بخار الماء وتتشكل الغيوم، ومع ازدياد التكاثف يمكن أن يؤدي ذلك إلى سقوط أمطار محلية، ولذلك يكثر الضباب في المناطق المرتفعة ، كما تعترض التضاريس الغيوم المطيرة مما يؤدي الى حدوث هطولات على السفوح المواجهة للغيوم وحرمان السفوح الداخلية من جزء كبير منها.

– الرياح: تؤثر التضاريس في الرياح ولاسيما الجبال التي تعمل كمصدّات أمام الرياح عندما يكون امتدادها عمودياً على خط سير الرياح، فتخفف كثيراً من شدتها و تُنقيها ولاسيما على الجانب التالي من الجبال ، ويظهر جلياً هذا التأثير في الأماكن التي تغيب فيها التضاريس كشواطئ البحار والسهول وقمم الجبال العالية حيث يلاحظ غياب الغطاء النباتي الشجري في هذه المواقع.

2. الانحدار Pente

هو ميل سطح الأرض عن المستوى الأفقي ويسبب تبدلات عديدة يمكن إيجازها بالآتي:

– تشكيل ترب غير مستقرة مثل الركام والانقاض والجروف المتحركة، مما يعطي النباتا ت التي تنمو عليها خصائص تكيفية مميزة تتمثل بليونة أغصانها وفروعها وبنمو كبير لجملتها الجذرية التي تمتد إلى جميع الاتجاهات.

– تصريف المياه الواردة من الأمطار ، إذ تتصف ترب المنحدرات بسرعة تصريفها للمياه الواردة إليها فتصبح جيدة التهوية وضعيفة الرطوبة، أما ال ماء المصرف فيتجمع في الأحواض والمنخفضات مؤدياً إلى تكوين ترب رطبة.

– حت التربة وجرفها بسبب سهولة وسرعة تشكل السيول ويزداد هذا التأثير بازدياد الانحدار ولكما كانت التربة غير مستقرة وعارية، ويؤدي ذلك إلى تحول ترب المنحدرات إلى ترب سطحية هيكلية تقتصر على الصخرة الأم أحياناً، كما هو الحال في كثير من المناطق الجبلية المتوسطية.

3. التعرض Exposition

هو اتجاه سفوح الجبال نحو الشمس (سفح شمالي، جنوبي..) أو نحو المسطحات المائية (سفح داخلي، خارجي)، يسبب اتجاه السفح تبدلات بارزة في بعض العناصر البيئية وفق الآتي:

– يتحكم اتجاه السفح مع درجة الانحدار بالشروط الضوئية والحرارية (الشكل 18) حيث تتعلق شدة الامتصاص بزاوية الورود فتكون أكبر كلما كانت الزاوية قريبة من القائمة.

– يؤثر اتجاه السفح في كمية الأمطار وتوزعها الجغرافي وإن كانت كمية الأمطار تزداد مع الارتفاع عن سطح البحر فالسفوح الداخلية للجبال تتلقى الأمطار بشكل أقل من الأجزاء الخارجية التي تصطدم بها الرياح والغيوم المطيرة، وتبدو هذه الحالة أكثر وضوحاً عندما تكون الجبال مجاورة وموازية لشواطىء البحار مثل سلسلة لبنان الغربية والشرقية وجبال القلمون.

– يؤثر اتجاه السفح في حركة الرياح و لاسيما العمودية على المحور الطولي للسفح حيث يعمل هذا الأخير عمل الحاجز ويحد من شدة الرياح ويخفف تأثيراتها وأحياناً يغيير اتجاهها، ويعكس جميع هذه التأثيرات مباشرة على درجة الحرارة والرطوبة سواء في التربة أ م في الهواء، ويؤدي ذلك إلى نشوء مناخات محلية مختلفة وبالتالي تنوع المجتمعات النباتية و لاسيما في المناطق الجبلية واختلافها من حيث الطبيعة والنوعية والتركيب ، إذ يقع مجتمع *Quercetum pubescentis* على السفوح الشمالية والمجامع *Quercetum ilicis* على السفوح الجنوبية.

4. الارتفاع Altitude

هو البعد الشاقولي عن مستوى سطح البحر ويؤدي إلى حدوث التبدلات البيئية والحيوية الآتية:

– انخفاض درجة حرارة الهواء تدريجياً مع الارتفاع في طبقة التربوسفير فقط بمعدل 0.55° لكل 100 م ارتفاع في المناطق المعتدلة ودرجة مئوية واحدة في المناطق الاستوائية ، ويعود ذلك لانخفاض كثافة الهواء تدريجياً مع الارتفاع والمترافق مع انخفاض الضغط والأشعة المنعكسة.

– ا نخفاض درجة حرارة التربة وينتج هذا مباشرة عن الأول وقد يكون بالمعدل نفسه تقريباً، إذ تنخفض درجة حرارة التربة 0.45° م لكل 100 م ارتفاع وسطياً ويختلف ذلك وفقاً للعمق.

– ازدياد الشدة الضوئية وتبدل تركيب الطيف الضو ئي، يقل امتصاص الغلاف الجوي للأشعة مع الارتفاع بسبب انخفاض الكثافة والثخانة وزيادة الشف افية، مما يزيد شدة الأشعة الاجمالية ، ويترافق ذلك بتبدل تركيب الطيف الضوئي ، إذ تزداد نسبة أشعّة وتنخفض نسبة أخرى، فمثلاً تزداد الأشعة البنفسجية والأشعة فوق البنفسجية مع الارتفاع بعكس نسبة الأشعة تحت الحمراء البعيدة.

– انخفاض الرطوبة المطلقة للهواء بشكل تدريجي مع الارتفاع بسبب انخفاض كثافة الهواء، بينما ترتفع قيم الرطوبة النسبية بسبب انخفاض درجة الحرارة.

– ازدياد كمية الأمطار مع الارتفاع ، فللجبال وفيرة بالأمطار ، وإن كانت هذه الحالة ليست مطلقة إذ إنه ابتداءً من ارتفاع معين تبدأ الأمطار بالتناقص تدريجياً حتى تصبح معدومة تماماً على القمم العالية جداً بسبب وقوع هذه القمم فوق مستوى الغيوم الماطرة، كما في بعض أماكن جبال الألب 3 مم/عام (ارتفاع 1800 م) 2 مم/ عام على ارتفاعات تزيد عن 2500م.

– ازدياد شدة الرياح وتأثيرها لأن مع الارتفاع عن سطح البحر يضعف دور تضاريس الأرض كحواجز أمام الرياح، ويعتقد أن تصحر قمم العديد من الجبال أو غياب الأشجار ع لى معظمها يعود بالدرجة الأولى لشدة الرياح وتأثيرها حيث تعرقل وتمنع تنامي الأشجار أو الشجيرات.

– انخفاض الضغط بسبب زيادة تخلخل الهواء وانخفاض الكثافة مع الارتفاع عن سطح البحر .

– زيادة معدل الإثلاج Nivosite وكثافة الثلج إذ يسقط القسم الأكبر من الأمطار في الجبال العالية على شكل ثلج، وعلى بعض الجبال الشاهقة يكون معدل سقوط الثلج 100%، ويكون ضعيفاً أو معدوماً في السهول، ويدوم الثلج طويلاً حتى أول الربيع، حيث يؤدي دوراً كبيراً في تأمين الرطوبة، ويمكن أن يستمر طوال أيام السنة كما في قمم جبال الألب وجبال عكار في لب نان، ويتعلق دوام واستمرار الثلج بعدة عوامل أبرزها: – سماكة الثلج المتساقط.

– شكل الأرض وتضاريسها حيث تحتفظ المنخفضات بالثلج مدة أطول.

– اتجاه السفح ودرجة الحرارة السائدة.

– الارتفاع عن سطح البحر.

تؤثركل هذه التبدلات، من جراء الارتفاع عن سطح البحر أو غيره من العوامل الطبغرافية الأخرى، في النباتات من حيث الشكل والطبيعة والتوزع الجغرافي والشاقولي الذي يتجلى بالطوابق النباتية.