

La Température et le Climat en Botanique

1. Définition et Rôle Physiologique

La température constitue un facteur écologique cardinal régulant l'ensemble des processus physiologiques végétaux. En tant que mesure de l'énergie cinétique des molécules, elle influence directement la vitesse des réactions biochimiques : une élévation de 10°C double généralement la vitesse métabolique (coefficent $Q_{10} = 2$).

Influence sur l'Activité Enzymatique et la Photosynthèse

Les enzymes possèdent une **température optimale d'activité** où leur configuration permet l'efficacité maximale. En dessous, le ralentissement moléculaire réduit les réactions. Au-delà, la **dénaturation thermique** altère irréversiblement la structure protéique, abolissant l'activité catalytique.

La **photosynthèse** présente une sensibilité thermique complexe. L'enzyme **RuBisCO** (cycle de Calvin) a un optimum entre 20-30°C pour les plantes tempérées. Les températures excessives provoquent la **photo-inhibition** et augmentent la photorespiration, processus parasitaire consommant de l'énergie sans produire de glucides.

Températures Cardinales

Chaque espèce se caractérise par trois seuils thermiques :

- **Température minimale (T_{min})** : Seuil en dessous duquel la croissance cesse. Exemple : 5°C pour le blé, 12°C pour le maïs, 15°C pour les cucurbitacées
- **Température optimale (T_{opt})** : Zone de croissance maximale. Généralement 18-25°C (tempérées), 25-35°C (tropicales), 10-15°C (alpines)
- **Température maximale (T_{max})** : Seuil au-delà duquel les dommages deviennent irréversibles. Typiquement 35-40°C (tempérées), 45-50°C (xérophytes désertiques)

Ces températures varient selon l'organe, le stade phénologique et l'acclimatation préalable.

2. Plages de Températures et Zones de Rusticité

Plages Optimales : Zone de Confort

La zone de confort thermique pour la majorité des plantes cultivées s'établit entre **18-25°C**, optimisant simultanément photosynthèse, respiration, absorption hydro-minérale et élongation cellulaire.

- **Plantes tropicales** (orchidées, anthuriums, philodendrons) : 22-28°C, minima nocturnes > 15°C
- **Espèces alpines et de climats frais** (pensées, primevères, choux) : 12-18°C
- **Cactées désertiques** : 25-35°C diurnes avec nuits fraîches (10-15°C)

Tolérance au Froid : Rusticité

La **rusticité** mesure la capacité d'une plante à survivre aux températures négatives hivernales :

Plantes gélives (non rustiques) : Dommages létaux dès 0°C ou légèrement en dessous. La formation de cristaux de glace provoque l'éclatement des membranes cellulaires. Exemples : basilic (-1°C), tomates (-2°C), bougainvilliers (-3°C), agrumes (-5°C).

Plantes rustiques : Survivent à des gelées significatives grâce à des mécanismes de tolérance : accumulation de solutés cryoprotecteurs (sucres, proline, glycérol) abaissant le point de congélation, sur-refroidissement maintenant l'eau liquide sous 0°C.

Les **zones de rusticité USDA** classifient les régions selon les températures minimales hivernales moyennes. Le Maroc se répartit principalement entre zones 9-11 (côtes) avec des microclimats montagneux atteignant zone 7.

Vernalisation

La **vernalisation** désigne le besoin de certaines plantes de subir une période de froid prolongé (0-10°C durant 4-12 semaines) pour déclencher la floraison. Ce mécanisme empêche la reproduction prématurée en automne et synchronise la floraison printanière.

Espèces typiques : arbres fruitiers tempérés (pommier, cerisier nécessitant 800-1200 heures < 7°C), bulbes printaniers (tulipes, jacinthes), bisannuelles (pensées, giroflées). Sans vernalisation adéquate, ces plantes restent végétatives indéfiniment.

Tolérance à la Chaleur

La **thermotolérance** permet aux xérophytes de survivre à des températures extrêmes (> 40°C). Adaptations : synthèse de **protéines de choc thermique (HSP)**, accumulation de composés osmoprotecteurs, **métabolisme CAM** (ouverture stomatique nocturne), surfaces foliaires réduites, revêtements ciriférents réfléchissants.

L'arganier tolère 50°C, le palmier-dattier 48°C, les cactacées désertiques 55-60°C. À l'opposé, les plantes de sous-bois tropical montrent des dommages dès 35°C.

3. Gestion de la Température par Catégorie de Plantes

A. Plantes Aromatiques

Les **aromatiques méditerranéennes** (romarin, thym, origan, lavande) sont adaptées aux étés chauds (30-40°C) et hivers doux (5-15°C), zone 8-10. Elles tolèrent des gelées légères (-5 à -10°C) mais redoutent l'humidité froide persistante.

La chaleur estivale intense stimule paradoxalement la **concentration en huiles essentielles** par stress hydrique modéré induisant la synthèse de métabolites secondaires défensifs. Un romarin cultivé à 35°C développera un arôme plus puissant qu'à 20°C.

Le **basilic**, plante subtropicale thermophile, exige minimum 15°C constant, optimum 20-30°C. En dessous de 10°C, il subit un **choc de froid** : noircissement foliaire par rupture membranaire. La **montaison** (floraison prématurée) survient sous stress thermique > 35°C, rendant les feuilles amères.

La **menthe** tolère 5-30°C, rusticité zone 3-4 (-40°C souterrain), mais végète en dessous de 10°C. Les températures estivales > 30°C nécessitent ombrage partiel et irrigation généreuse.

B. Plantes Médicinales

Le **stress thermique contrôlé** constitue une technique de production pharmaceutique augmentant les principes actifs défensifs. Un stress modéré (quelques degrés au-dessus de l'optimum, sans dommage léthal) déclenche l'accumulation d'alcaloïdes, flavonoïdes et polyphénols bioactifs.

L'échinacée cultivée à 25-28°C produit davantage d'échinacosides immunostimulants qu'à 18-20°C. Le millepertuis synthétise plus d'hypericine sous variations thermiques jour/nuit marquées (amplitude > 10°C).

Équilibre optimal : 20-25°C pour croissance, puis 28-32°C 2-3 semaines pré-récolte pour concentration active, suivi d'un séchage à 35-40°C préservant les principes thermosensibles.

C. Plantes de Décoration

Intérieur : Les plantes tropicales (ficus, monstera, pothos, dracaena) exigent une **stabilité thermique 18-25°C** toute l'année, redoutant les variations brutales et courants d'air froids provoquant chutes foliaires.

Les orchidées Phalaenopsis nécessitent 18-28°C avec **différentiel jour/nuit de 5-8°C** pour initier la floraison. Les cactées tolèrent 15-30°C mais apprécient une **dormance hivernale fraîche** (10-15°C, 2-3 mois) stimulant la floraison printanière.

Extérieur au Maroc :

- **Zones côtières** (zone 9-10) : Climat doux, gelées rares. Excellente adaptation pour lauriers-roses, bougainvilliers, agrumes, palmiers
- **Régions continentales** (Marrakech, zone 9) : Hivers froids (-5°C), étés caniculaires (> 40°C). Oliviers, grenadiers, figuiers, cyprès

- **Montagnes** (Ifrane, zone 7-8) : Gelées intenses (-10 à -15°C). Conifères, rosiers botaniques, spirées, lavandes

D. Plantes Cosmétiques

L'**Arganier** illustre une adaptation exceptionnelle au climat saharien : tolérance 50°C estivale, résistance -3°C hivernale, dormance estivale sous stress hydrique extrême.

L'**Olivier** supporte -10 à -12°C (bois adulte) mais les jeunes pousses gèlent dès -7°C. Optimum 15-25°C, fructification nécessitant vernalisation légère (200-400 heures < 10°C) pour différenciation florale.

Le **Palmier-dattier**, thermophile strict, exige étés caniculaires (> 35°C) pour maturation sucrée des dattes, tolère -6°C brièvement mais fructification compromise en dessous de 20°C annuel moyen.

Le **Rosier de Damas** résiste -15°C (zone 6) mais préfère climats tempérés chauds (15-28°C) pour floraison parfumée optimale. Les températures > 35°C diluent les essences volatiles.

4. Le Thermopériodisme (Température Jour / Nuit)

Le **thermopériodisme** désigne la nécessité physiologique d'une amplitude thermique jour/nuit pour un développement optimal. La majorité des plantes bénéficient d'une différence de **5-10°C** entre températures diurnes et nocturnes.

Justification métabolique : Durant le jour, la photosynthèse produit des glucides. La nuit fraîche ralentit la respiration cellulaire, permettant une translocation efficace des photosynthétats vers les organes puits (racines, fruits) et leur conversion en réserves.

Des **nuits chaudes** (> 25°C) accélèrent la respiration nocturne, consument les sucres diurnes : élongation excessive, tiges grêles, feuillage pâle, floraison/fructification déficiente.

Des **nuits trop froides** (< 10°C pour espèces tropicales) bloquent la translocation des assimilats, provoquant accumulation d'amidon foliaire, chlorose et chute des feuilles.

Applications : Les serres maintiennent typiquement 24-26°C diurnes / 16-18°C nocturnes pour tomates. Les cactées nécessitent 10-15°C la nuit pour une croissance compacte.

5. Effets sur la Croissance et le Développement

Basses Températures : Dormance et Ralentissement

Les températures < 10°C induisent un ralentissement métabolique : photosynthèse réduite, absorption racinaire diminuée (viscosité accrue de l'eau, perméabilité membranaire abaissée), élongation cellulaire quasi-nulle.

La **dormance hivernale** constitue une stratégie adaptative chez les espèces tempérées, synchronisant le repos végétatif avec la saison défavorable. Les bourgeons dormants accumulent des inhibiteurs de croissance et nécessitent vernalisation pour lever la dormance.

Hautes Températures : Évapotranspiration et Stress

Les températures > 30-35°C provoquent une **évapotranspiration excessive**. La plante ferme partiellement ses stomates pour limiter les pertes hydriques, compromettant simultanément l'entrée de CO₂ et donc la photosynthèse.

Le stress thermique déclenche la production de **radicaux libres** endommageant membranes et protéines. Au-delà de 40°C, la dénaturation enzymatique et la fluidification membranaire causent des dommages irréversibles.

6. Stress Thermique : Symptômes et Diagnostic

Signes de "Coup de Froid"

Symptômes aigus : Flétrissement malgré sol humide (incapacité d'absorption), noircissement du feuillage jeune, aspect translucide aqueux précédant la nécrose (rupture membranaire).

Symptômes chroniques : Chlorose généralisée (dégradation chlorophyllienne), chute foliaire prématuée, nanisme, coloration anthocyanique pourpre.

Diagnostic : Contrairement au stress hydrique, l'arrosage n'améliore pas le flétrissement de coup de froid.

Signes de "Coup de Chaud"

Symptômes immédiats : Flétrissement brutal en plein jour, brûlures marginales (bords foliaires desséchés brunâtres), blanchiment des zones exposées (photo-oxydation chlorophyllienne), enroulement foliaire protecteur.

Symptômes retardés : Chute de fleurs et fruits, craquelures de l'écorce (coup de soleil sur troncs), brûlure apicale des fruits (tomates, poivrons).

Diagnostic : Les brûlures sèches et croustillantes (coup de chaud) diffèrent des nécroses humides noirâtres (coup de froid). L'heure d'apparition (après-midi caniculaire) confirme le diagnostic.

7. Méthodes de Protection

Contre le Gel

- **Voile d'hivernage** (17-30 g/m²) : Protection jusqu'à -5°C supplémentaires. Pose sur arceau, démontage diurne pour aération
- **Paillage au sol** : Couche 10-15 cm (paille, écorces, feuilles) isolant racines et collet. Efficace contre -5 à -8°C
- **Rentrée hivernale** : Plantes gélives abritées dans véranda non chauffée (5-10°C) ou garage éclairé
- **Buttage** : Accumulation de terre protégeant le point de greffe (rosiers) ou la souche
- **Arrosage préventif** : Sol humide libère davantage de chaleur latente lors de la congélation nocturne

Contre la Canicule

- **Ombrage** : Toiles d'ombrage 30-50% réduisant l'intensité lumineuse et la température foliaire de 3-5°C
- **Bassinage foliaire** : Vaporisation fine créant un refroidissement évaporatif immédiat (5-8°C). Tôt le matin ou tard le soir, jamais en plein soleil
- **Paillage organique** : Couche 5-10 cm maintenant la fraîcheur racinaire, réduisant l'évaporation de 50-70%, abaissant la température superficielle de 5-10°C
- **Irrigation optimisée** : Arrosages profonds et matinaux (4-6h), débit lent favorisant infiltration profonde
- **Sélection variétale** : Privilégier cultivars thermotolérants adaptés au climat local, espèces xérophytes naturellement résistantes

La maîtrise thermique constitue le facteur limitant primordial conditionnant croissance, floraison et survie végétale dans un contexte climatique de plus en plus contrasté.