**M**inistère de l’**E**nseignement **S**upérieur et de la **R**echerche **S**cientifique

**U**niversité **D**jilali **B**ounaama de **K**hemis-**M**iliana

**F**aculté des **S**ciences de la **N**ature et de la **V**ie et des **S**ciences de la **T**erre

Département des Sciences agronomiques

Le cours est préparé par : Mr.KELKOULI Mokhtar

Destiné au niveau troisième année, LMD « Sol et Eau »

Matière : Agro-météorologie

**AGROMETEOROLOGIE** *(Table des matières en annexe)*

**Préambule**

L’agro météorologie est une matière qui sert de relai entre la météorologie et l'agronomie. Son but essentiel est l’utilisation efficiente des facteurs climatiques au profit des activités agricoles diverses, bases de l’alimentation humaines et animales et revenus de la majorité de la population mondiale. Donc, ce cours a pour objectif d’étaler les éléments de base de l’agro météorologie nécessaires à la bonne compréhension des applications opérationnelles. Ces dernières seront développées dans les parties de l'agro météorologie appliquée.

L'agro météorologie étant par définition interdisciplinaire, l'étudiant sera initié à certains processus observés en physique de l'atmosphère, physique du sol et agronomie qui sont à la base des interventions en agro météorologie.

Connaissances Pré requis : biologie générale, physique et chimie générale.

**Chapitre 01 : Définition et intérêt de l’agro météorologie en agriculture**

**Définition**

L’agro météorologie est une discipline scientifique nouvelle.

Elle se définit comme la prise en compte des interactions entre les facteurs physique du milieu (en particulier ceux de l’environnement climatique) et l’agriculture dans son acceptation la plus large (croissance, développement et production des espèces animales et végétales, prévention phytosanitaire, prévention des récoltes, etc.…).

Elle est un carrefour entre plusieurs disciplines scientifiques.

L’agro météorologie peut être considérée comme l’ensemble des moyens scientifiques et techniques permettant par l’exploitation des données à la fois agronomiques et météorologiques, de procurer à l’exploitant agricole (producteur) des éléments utiles pour une meilleure gestion de son exploitation.

* 1. **Principaux domaines d’application.**

**1.1.1. L’orientation régionale de l’agriculture**

La connaissance des caractéristiques agro climatiques détermine les potentialités agricoles d’une région. Leur détermination permet d’évaluer les possibilités d’introduction de productions ou de techniques nouvelles.

La confrontation des besoins en température des plantes avec le climat permet de connaitre la fréquence de satisfaction des besoins pour chaque variété.

**1.1.2. Les techniques de production agricole**

Toutes les interventions culturales : travail du sol, épandage d’engrais, travaux de récolte, sont tributaires des conditions météorologiques. La connaissance de la fréquence et de la durée probables des épisodes favorables facilite l’organisation des chantiers.

**1.1.3. La protection sanitaire**

Le climat influe à la fois sur l’hôte et l’agent pathogène. Connaissant les exigences climatiques des agents pathogènes, il est possible de délimiter des zones sensibles aux maladies.

La décision de traitement en dépend, comme pour les autres interventions culturales.

* + 1. **La gestion des ressources hydriques**

Une étude détaillée du bilan hydrique du sol en fonction de la demande climatique, des précipitations, des coefficients culturaux à différents stades culturaux, ainsi que des caractéristiques du sol permet de quantifier les risques du déficit en eau et de déterminer l’opportunité et de la rentabilité d’un système d’irrigation comme de prévoir ses dimensions.

* + 1. **L’aménagement de l’espace rural**

Certains aménagements ruraux comme l’arrachement des haies sont susceptible de modifier le climat local ou parcellaire ; il est nécessaire d’évaluer les répercussions sur la production.

* + 1. **La présentation des calamités atmosphériques**
  1. **L’utilisation des informations agro météorologique**

**1.2.1. Facteurs du climat**

La connaissance de la fréquence des calamités, la délimitation des zones les moins sensibles en fonction des types de culture et de leurs sensibilités sont les premiers moyens d’en limiter les effets.

Les mêmes données sont utiles pour choisir les moyens de lutte les mieux adaptés, donc les plus rentables.

Au niveau national et régional, elles sont susceptibles par exemple :

* D’apporter une contribution à la détermination des potentialités agricoles de chaque zone pédologique homogène.
* De permettre une orientation rationnelle des productions, des aménagements et des équipements.
* De fournir des estimations anticipées du volume des productions facilitant l’organisation des marchés.
* Au niveau de l’exploitation, on peut prendre des décisions ; par exemple : enlever un brise vent, choix des cultures (assolement, rotation), choisir le système de séchage, etc.

Définition du climat

Le climat est l’ensemble des phénomènes naturels (météorologiques) qui caractérisent l’état moyen de l’atmosphère dans un point ou un lieu donnée sur la terre.

1. **Composition de l’air**

La composition volumique de l’air est comme suit :

- **Azote : 78.09%**

**- Oxygène : 20.95%**

**- Aragon : 0.93%**

**- Anhydride carbonique : 0.03%**

D’autre gaz existent, mais leur concentration globale constitue des parties par mille.

A ces composantes s’ajoutent la vapeur d’eau, impuretés, les ions, les bactéries etc.

**b**. **Energie solaire et la latitude**

Le rayonnement solaire est à l’origine de toute activité atmosphérique et un grand nombre de réactions chimiques et physiques et développement biologique.

Il existe aussi l’énergie calorifique que produit la terre elle-même à l’aide de la matière rayonnante.

Les variations de la quantité d’énergie solaire transportée vers la terre d’un point à autres sont dues à :

* La différence de la durée du jour et de la nuit.
* La variation de l’angle de chute des rayons.
* La variation de la distance entre la terre et le soleil.

**c.** **Le rayonnement**

Il existe plusieurs types de rayonnements a savoir :

- Le rayonnement direct à partir du soleil.

- Le rayonnement diffusé à partir des molécules.

- La partie du rayonnement absorbée par le sol.

**1.3.** **La nature de la surface du sol et de sa couverture**

Il semble malheureusement que certaines tendances récentes aillent dans le sens contraire. Ces dernières années, la surface occupée par les terres arables, les cultures permanentes, les prairies et la végétation naturelle a diminué en Algérie. Plus concrètement, l'occupation des terres s'est traduite par une perte sensible de ça capacité productive, des terrains agricoles ayant été transformés en bétons, routes et autres infrastructures.

Ces projets de développement urbain impliquent souvent de couvrir le sol d'une couche de matériau imperméable. Ainsi, on dispose d'une moindre capacité à stocker le carbone organique, empêcher les inondations et maintenir des températures fraîches.

S'il est géré correctement, le sol peut nous aider à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à nous adapter aux effets les plus préjudiciables du changement climatique. Mais si nous ne nous en occupons pas, nous risquons d'aggraver rapidement les problèmes liés au changement climatique.

**1.4. Le changement de l’état de l’eau dans l’atmosphère**

L’eau se trouve dans la nature sous trois états distincts : liquide, solide et gazeux.

L’eau à l’état liquide ("l’eau" toute seule dans le langage commun) est un élément essentiel présent sur le globe terrestre (quatre cinquième de la surface de la terre est immergée).

L’eau à l’état solide (appelée communément "glace") constitue une réserve d’eau temporaire ou permanente énorme (neige, glaciers, inlandsis, calottes polaires).

L’eau à l’état gazeux (appelée normalement "vapeur d’eau") se retrouve dans les deux autres états de l’eau et dans un nombre important de corps naturels.

On trouve également l’eau à un état instable, intermédiaire entre l’état liquide et l’état solide. C’est l’état de surfusion, eau en état liquide mais à une température en dessous de zéro degré. Au moindre choc extérieur, l’eau en surfusion retrouve instantanément l’état solide que lui confère sa température.

**1.5. Le relief** arrete

Le relief joue un rôle continu par son action sur les éléments du climat. Par exemple quant l’altitude augmente la pression diminue, l’intensité lumineuse augmente, la température de l’air diminue, comme il aurait des changements dans l’importance des précipitations.

**1.6. Le mouvement général de l’atmosphère**

Le mouvement général de l’atmosphère représente l’ensemble des phénomènes naturels les plus complexes au niveau du globe terrestre. Il joue un rôle dans l’équilibre thermique entre l’ensemble des points de la terre.

On considère que l’air chaud des régions équatoriales ce déplace à l’aide des mouvements de l’atmosphère vers les régions froides où il dépose sa chaleur et devient froid puis il revient vers les régions chaudes où il regagne la chaleur de nouveau.

**1.7. Convenance du climat d’une région à la nature des êtres à produire**

Les phénomènes atmosphériques tels que la chaleur, l’humidité, le vent, les précipitations et la pression atmosphérique agissent énormément sur les êtres végétaux et animaux.

Le climat d’une région est défini à partir des moyennes de données météorologiques pour plusieurs années.

La présence des besoins des cultures dans le sol tel que les éléments minéraux, l’eau, la chaleur, etc.… est indispensable pour la croissance des végétaux.

Mais cette croissance ne peut se passer qu’en présence de conditions climatiques spéciales.

Par exemple, l’absorption des sels minéraux à partir du sol et le gaz carbonique à partir de l’atmosphère ainsi que le métabolisme nécessaire à la formation des différents organes, le stockage de l’amidon, des glucides et des huiles dans les organes de certaines plantes, la croissance, la respiration et la maturation, tout ceci nécessite à ce que chaque végétal se trouve dans un climat donné qui lui assure la chaleur, la lumière, l’humidité, la pression atmosphérique et autres en quantités correspondantes.

**Chapitre 02 : Influence du climat sur les végétaux**

L’amélioration de la production végétale et de la qualité de la récolte des plantes cultivées dépend de plusieurs facteurs ; entre autres : les capacités génétiques et physiologiques de la plante elle-même et des conditions du milieu, comme le sol et le climat.

Le climat peut avoir des effets positifs ou négatifs sur le développement et la croissance de la plante : Exemple :

Température > 30% échaudage chez le blé

Température < - 04% coulure chez le blé

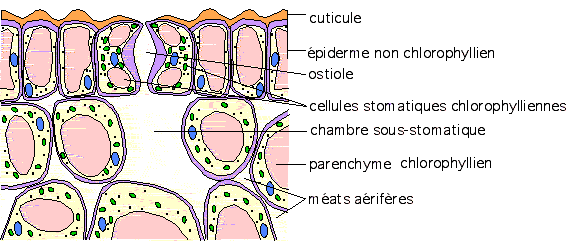
Certaines températures avec l’humidité, favorisent l’apparition des maladies cryptogamiques et même l’apparition de certains insectes.

**2.1. Principales relations plante-climat**

* + 1. Les surfaces d’échanges

Au niveau des surfaces aériennes d’échange du végétal, représentées essentiellement par les feuilles, certains mécanismes physiologiques sont susceptibles de contrôler le volume des transferts de vapeur d’eau entre le tissu végétal et son environnement.

Une fraction de ces transferts s’effectue à travers la paroi cuticulaire de (0 à 30% du volume total des échanges), par contre la majeure quantité d’eau est diffusée par les stomates foliaires.



Ces stomates sont de petites ouvertures, de diamètres de quelques microns, (< 10 µ) qui traversent la surface cuticulaire et relient directement le parenchyme lacuneux sous épidermique à la couche limite extérieure de l’air.

Bien qu’ils sont très nombreux (50 à 700 stomates/mm**2** de surface foliaire, suivant les espèces), la surface cumulée de ces stomates est faible, inférieure à 1.5% de la surface cuticulaire totale pour 75% des espèces végétales.

Par ces mêmes stomates s’effectuent aussi les autres échanges gazeux entre le végétal et l’environnement, en particulier du CO**2** de l’atmosphère au bénéfice des cellules chlorophylliennes.

Tout frein à ces échanges provoquera donc, un fléchissement de la production végétale et par conséquent une diminution de la rentabilité de la culture envisagée.

* + 1. **La résistance de surface**

La résistance à la diffusion de vapeur d’eau au niveau de la stomate, relativement réduite si celle-ci est largement ouverte, croit rapidement sous l’effet d’un déficit d’alimentation hydrique, la stomate se ferme jusqu’à s’obstruer complètement.

Ce mécanisme régulateur entre en jeu dés que l’alimentation en eau par le système radical ne peut compenser le pouvoir évaporant de l’air, soit en raison d’un desséchement du sol, soit à cause d’un débit maximal insuffisant des racines.

La plante ne se comporte pas comme une mèche passive entre les réserves d’eau liquide du sol et l’atmosphère, mais s’avère capable de contrôler entre certaines limites toutefois ces transferts d’eau.

**2.2. Les variables décrivant le couvert végétal**

* **Indice foliaire** (leaf area index : LAI )

C’est une variable sans dimension, c’est la surface cumulée des feuilles (une seule face) ramenée à une unité du sol correspondant. (Surface foliaire/unité de surface du sol)

* **Densité de la surface foliaire** :

La distribution de la surface foliaire est caractérisée par la fonction de densité de surface foliaire qui représente la quantité de surface foliaire dans un petit volume, elle s’exprime en m²/m 3.

* **Orientation foliaire** :

Elle représente l’orientation des feuilles par rapport au rayonnement solaire, le taux d’absorption des radiations dépend également de l’angle de chute de rayons sur la surface foliaire.

* **Dispersion foliaire**

Elle rend compte globalement des relations spatiales entre les feuilles, leur recouvrement où l’emplacement de la feuille par rapport à son voisinage

* **Fréquence de Teons** (Gap fraction)

La probabilité qu’un rayon lumineux d’incidence (**ᵩ**) n’ait aucun contact avec les feuilles est P (**ᵩ**) , C’est la fréquence de Trous dans la direction (**ᵩ** ) .

* **L’interface racinaire** :

Le débit de l’eau à travers le végétal dépend également du développement de la profondeur du système radical. Ce débit est lié directement à l’indice radical, défini comme la surface des racines fonctionnelles ramenée à l’unité de surface du sol. arrêté

**2.3. Le rayonnement et la production**

**2.3.1. Composition du rayonnement solaire arrete 17 10 21**

Le rayonnement solaire est équivalent à une énergie de 1,94 calories par minute, reçue à une surface de 1 cm ² placée aux limites de l’atmosphère terrestre, à la distance moyenne du soleil et exposé perpendiculairement au rayonnement.

Ce rayonnement se décompose en radiation simples (ou monochromatique), caractérisée chacune par une période ; intervalle de temps constant au bout du quel se répète la succession des états qui forme la vibration de la source lumineuse.

La vibration se transmet dans un milieu transparent avec une vitesse (N) caractéristique de la radiation dans le milieu traversé. Dans le vide, cette vitesse est maximale (C) ne varie pas avec la radiation, elle est égale à environ 300.000Km/s.

* L’indice de réfraction (n) d’un milieu est définit comme le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide (c) par la vitesse de la lumière dans ce milieu (v) :
* Où c et v sont exprimées avec les mêmes unités de vitesse (mètre par seconde ou kilomètre par seconde en général).
* L’indice de réfraction étant défini comme le rapport de deux grandeurs de même unité, il ne possède pas d’unité.
* Remarque : dans un milieu matériel, la vitesse de la lumière ne peut être supérieure à celle possédée dans le vide donc un indice de réfraction est toujours supérieur ou égal à 1.

Le rapport est : n = c/v

**2.3.2. L’albédo des corps terrestres**

L'albédo est une grandeur sans dimension, représentant la fraction de l'énergie solaire globale réfléchie par une surface. Elle est exprimée en pourcentage ou par un chiffre compris entre 0 (toute la lumière est absorbée) et 1 (toute la lumière est réfléchie).

L'albédo terrestre vaut à peu près 0.3, tous types de surfaces terrestres confondus. A plus petite échelle, il varie selon le type de surface considérée : par exemple, l'albédo des océans est d'environ 0.07 (très faible fraction réfléchie) alors que celui de la neige peut aller jusqu'à 0.9.

Formule présentée par Angstrom qui met en évidence le rôle de la couverture nuageuse (C)

Albédo=0,53C+0,17 ou C : c’est la fraction du ciel couvert.

Quand on fait C = 0.50 qui est de l’ordre de la couverture nuageuse moyenne pour l’ensemble du globe, on trouve environ 0.43.

L’atmosphère exerce deux sortes de réflexion :

* La diffusion moléculaire
* La réflexion diffuse

Les molécules qui composent l’air sont de l’ordre de 2.70 \* 109/cm3 dans l’atmosphère homogène, pur (sans vapeur d’eau), réfléchissant dans toutes les directions des radiations qui les frappent.

La réflexion diffuse, en second lieu est l’œuvre des particules de toutes sortes (elles peuvent être très petites) qui constituent la turbidité de l’atmosphère

.l’albédo des surfaces continentales varie extrêmement avec la nature du terrain.

Celui de la neige fraiche est très élevé, de l’ordre de 0.80, mais la neige polluée et compacte ne réfléchit que 0.40 à 0.50 du rayonnement polaire.

Les sols nus ont un albédo assez faible s’ils sont noirs ou foncés (environ 10%), mais les sols clairs et les sables ont un albédo qui va de 0.20 à 0.45.

L’albédo de la toundra est de 0.15 à 0.20, égal à peu prés à celui des forets à feuilles caduques.

Selon Budyko, l’albédo moyen des surfaces du globe est de l’ordre de 0.14.

**2.3.3. Echanges radiatifs**

Les échanges radiatifs sont au cœur de beaucoup de processus étudiés.

* La photosynthèse, elle dépond de l’absorption par les organes chlorophylliens du rayonnement.
* Entre 350 et 750 mm et donc la répartition au sein du couvert.
* Le bilan d’énergie : les consommations en eau des couverts végétaux sont gouvernée par l’absorption du rayonnement tant solaire que thermique ; de plus la conductance stomatique qui régule les transferts hydriques dépend également de l’éclairement des feuilles
* La morphogénèse : elle est liée aux variations de la distribution spectrale du rayonnement solaire au sein du couvert

**2.4. Les accidents climatiques**

**Les gelées**

Le gel, la grêle, le vent sont parfois l’origine des baisses importantes des rendements ; ce sont des calamités agricoles

Il existe deux types de gelées

1. Les gelées d’hiver : elles sont dues à l’arrivée d’une masse d’air froide qui submerge les cultures et entraine un refroidissement très important. Elles sont qualifiées de gelées noires en raison de l’aspect pris par les végétaux prés le gel.

Les agents climatiques locaux comme la topographie, l’état du sol, la présence de bois etc.., créent des conditions climatiques qui modifient la circulation de l’air froid.

1. Les gelées printanières : l’état de la surface du sol règle les échanges de chaleur entre le sol et l’atmosphère. Un sol fraichement travaillé est très poreux et mauvais conducteur de la chaleur. La nuit ne pouvant fournir que peu de chaleur emmagasiné le jour, donc les couches inferieures se refroidissent très fortement.

L’évolution de la température et la mesure du point de rosée permettent la précision des gelées.

**Chapitre 03 : Principaux paramètres climatiques et leurs mesures**

**3.1. Paramètres climatiques et stations météorologiques**

Paramètres climatiques : il existe deux types de paramètres utilisés en agrométéorologie :

* Paramètres directement mesurables ;
* Paramètres calculés à partir des premiers.

**3.1.1. Paramètres directement mesurables**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Paramètres climatiques | Mesure | Utilité | Principe du capteur |
| Température de l’air (Ta) | Temp de l’air à 2 m du sol | Prévision des risques parasitaires et suivi du stade des cultures | Sonde à résistance platine qui varie avec la température |
| Température du sol (Ts) | Temp à 10 et 50 cm du sol | La précocité de germination et de levée en dépendent. Elle permet aussi le calcul de l’indice actinothermique (température minimale des feuilles pendant la nuit) qui apprécie les risques de gelées nocturnes. | L'iiindice actinothermique est une valeur de température fournie par des thermomètres ou par des sondes, installés horizontalement dans un endroit bien dégagé au-dessus du sol. ... Cette mesure est très différente de celle de la température sous abri. |
| Vent (U) | Direction | Dissémination des spores de champignons | Girouette |
| Vitesse | Utilisation du pulvérisateur déconseillée pour des vents supérieurs à 15 -20 km/h | Anémomètre : dispositif électrique qui délivre une fréquence proportionnelle à la vitesse du vent. |
| Rayonnement solaire (Rg) | Rayonno solaire global= rayonno direct+rayonn diffus | Suivre le développement des cultures  Calcul de l’ETP | Mesuré par un pyranomètre ou estimé à partir de la durée d’insolation.  Pyranomètre : mesure le rayonnement solaire en Watt/m2 grâce à de nombreux thermocouples |
| Durée d’insolation : durée pendant laquelle le soleil brille avec une ombre portée au sol | Suivre le développement des cultures  Calculer le bilan radiatif  Calcul de l’ETP | Héliographe à fibre optique mesure automatiquement la durée d’insolation |
| Humidité (H%) | Durée d’humectation | Mesure fondamentale pour les modèles de développement parasitaires | L’humectomètre est assimilable à un interrupteur électrique : une goutte d’eau permet ainsi au courant de traverser le circuit. |
| Humidité relative | Paramètre servant à prévoir le développement parasitaire.  Calcul de l’ETP | L’hygromètre est un condensateur électrique dont la constante électrique varie en fonction de l’humidité relative de l’air. |
| Pluviométrie | Quantité de pluie tombée | Données de base pour le suivi des cultures et le développement des parasites  Calcul du bilan hydrique. | Il s’agit d’un pluviomètre à augets basculant. L’eau recueillie par le cône de réception est dirigé sur 2 augets. Quand celui-ci est plein, il bascule, ce qui provoque un signal électrique. |

**3.1.2. Paramètres calculés**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Paramètre calculé | Définition | Calcul |
| Somme de température  Ʃ T° | Addition des températures moyennes au dessus d’un seuil : le zéro de végétation est la température en dessous de laquelle la croissance de la plante s’arrête, il est variable en fonction de la culture. | S = Ʃ Tm – To)  S : somme de température d’une période.  Tm : température moyenne de la journée  To : zéro de végétation de la culture  Blé → 0° C  Mais → 6°C  Vigne → 10°C |
| ETP Penman  Evapotranspiration potentielle | C’est la quantité d’eau cédée par l’atmosphère par transpiration de la plante et évaporation du sol, d’une surface en fétuque en plein croissance et bien alimentée en eau  ETP= | ETP = f (Rg, Vt, H%)  Rg : rayonnement global  Vt : vitesse du vent  H : humidité de l’air |
| ETM  Evapotranspiration maximale | C’est l’évapotranspiration d’une culture donnée bien alimentée en eau. L’évapotranspiration, comme la pluviométrie, se mesure en mm.  1 mm= 10 m3/ ha | ETM = Kc \* ETP  Kc : coefficient cultural, fonction du développement foliaire de la culture et varie avec le stade de la plante. |
| Bilan hydrique | Il s’agit d’évaluer le déficit climatique en eau (bilan hydrique potentiel) ou le risque de sécheresse pour un sol donné (bilan hydrique réel). | BH = P-ETM. Ce calcul par jour, par décade ou par mois. |

**3.1.3. Station météorologiques automatiques**

Plusieurs organismes possèdent des réseaux de stations, leur permettant de proposer différents services aux producteurs (avertissement, irrigation, phytosanitaires, gelées…).

C’est pour répondre à ces différents besoins que se sont développés différents modes de consultations des données par la station :

* Lecture locale, peu pratique
* Transfert par l’intermédiaire d’une cartouche mémoire vers un ordinateur
* Transmission par ligne téléphonique vers un modem
* Transmission par radio satellite (de 1 à 20 km), utilisant le réseau GSM.

Le développement des stations météorologiques automatiques permet aujourd’hui d’envisager un équipement individuel ou dans le cadre d’un groupe de développement.

h h x 4 H x4 H

* Veuillez aux obstacles
* Endroit représentative
* Au moins trois à 15 capteurs/Station
* Plus importants : température de l’air, l’humidité et la pluviométrie.

**3.2. Climats**

**3.2.1. Différentes échelles d’observation**

Le climat est une notion globale, établie sur l’étude des valeurs moyennes des facteurs climatiques et sur leurs évolutions saisonnières. Les phénomènes biologiques sont dépendants de l’intensité des facteurs climatiques à leur niveau (phyto-climat).

* Différentes échelles d’observation :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | Niveau  étendu |
|  | Climat régional  100 Km |  |  |  | Région |
|  | Climat local  10 km |  |  | Petite région |
|  |  | Microclimat  1 km/100m |  | Bassin  versant |
|  |  |  | Microclimat  Cultural ou  phytoclimat | Couvert  Végétal |
| Principaux  déterminants | Latitude,  relief,  continentalité | Relief, couvert  végétal, nature  du sol | Exposition, pente,  orientation,  environnement végétal | Nature, port,  hauteur |  |

(Source : La production végétale, M. Vilain, Lavoisier Tech et doc.)

**3.3. Météorologie**

**3.3.1. Définition des principaux éléments de météorologie**

Définition des principaux éléments de météorologie :

Les masses **d’air chaud** prennent naissances dans les régions équatoriales alors que pour les masses **d’air froides** cela concerne les régions polaires.

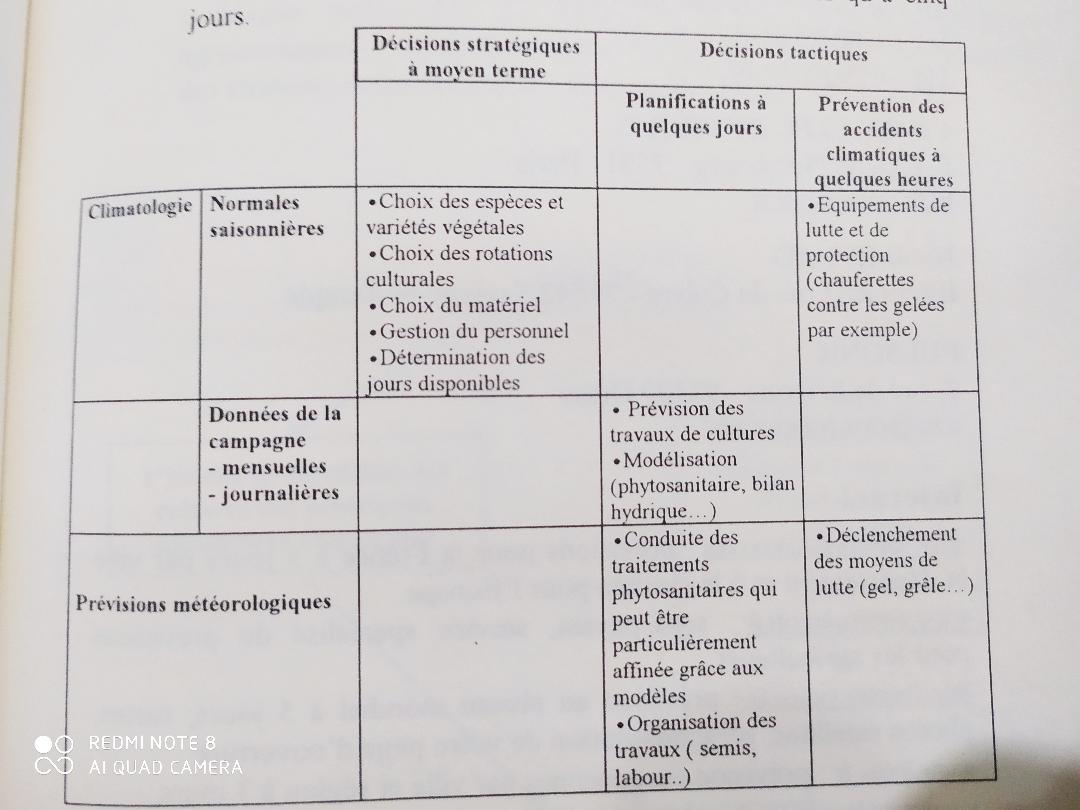
Les **isobares** représentent tous les points ayant la même pression. Les dépressions sont opposées aux anticyclones.

L’**anticyclone**, généralement synonyme de beau temps, est une zone de hautes pressions. La valeur de ses isobares diminue quand on s’écarte de son centre.

La **dépression** est une zone de basses pressions annonçant des perturbations. Il se reconnait sur une carte lorsque la valeur des isobares augmente quand t’on s’éloigne de son centre.

**3.4. Agro météorologie et activités agricoles** L’agro météorologie consiste en l’utilisation des informations météorologiques en vue d’une meilleure gestion de l’exploitation agricole. Les informations agro météorologiques sont utilisées à différents niveaux dans la gestion des activités agricoles. Il faut distinguer :

* Les choix stratégiques basés sur la connaissance des normales saisonnières (moyenne sur les 30 dernières années des paramètres climatiques) et les études fréquentielles.
* Les choix tactiques, plus dépendants des conditions de la campagne en cours et s’appuyant sur les prévisions météorologiques. Celles-ci ne sont actuellement fiables qu’à cinq jours.



**3.5. Perspectives**

Il est aujourd’hui admis, par tous les scientifiques, que l’augmentation continue en gaz à effet de serre conduit à des changements climatiques. Les modèles prévoient, pour les années à venir, une augmentation de température d’au moins 2°C, un contraste plus marqué entre l’hiver et l’été, et surtout une augmentation de la fréquence des dérèglements climatiques. Les conséquences de ces évolutions ne sont pas encore complètement identifiées, mais nul ne doute qu’ils affecteront le visage actuel de l’agriculture.

**3.6. Agro météorologie et risques climatiques**

**3.6.1. Evaluation et lutte contre les risques climatiques**

L’agro météorologie est l’ensemble des moyens scientifiques et techniques permettant, par l’exploitation des données à la fois agronomiques et météorologiques, de fournir à l’exploitant agricole des éléments utiles pour une meilleure gestion de l’exploitation.

CLIMAT

3- Décisions techniques pour prévenir ou limiter les risques

* Lutte préventive (choix espèces, dates semis...)
* Lutte active (irrigation, addition de chaleur, entretien phytosanitaire…)

2- Evaluation des risques d’accidents climatiques :

* Sécheresse
* Gel
* Grêle
* Vent

1. Seuils de sensibilité des cultures aux

principaux paramètres climatiques

**3.6.1.1. Sécheresse**

**3.6.1.2. Causes**

La sécheresse est la conséquence de l’absence de précipitations. Il existe deux causes essentielles de la genèse des sécheresses :

. Les mouvements descendants de l’air sont nuls ou trop faibles pour produire des condensations,

. L’humidité de l’air est trop faible, ce qui rend impossible la saturation.

L’une ou l’autre des conditions est à elle seule suffisante pour interdire toute précipitation, mais les deux conditions peuvent être concomitantes.

**3.6.1.3. Typologies des sécheresses**

. Sécheresses permanentes ou quasi permanentes qui aboutissent à la formation des zones désertiques :

. Dues à la subsidence de l’air

. Dues à la continentalité

. Dues au froid

. Sécheresse périodiques aboutissant à la formation de zones semi-désertiques lorsque la durée de la saison sèche est suffisamment longue

. Sécheresses aléatoires caractérisées par leurs fréquences d’occurrence, variables localement et avec la saison : appartiennent à cette catégorie, les sécheresses méditerranéennes. Elles sont dues à l’action de l’anticyclone nord atlantique en été et l’anticyclone sibérien, en hiver.

* + 1. **Effets sur le développement et la croissance**
       1. **Dégâts sur les végétaux**

La sécheresse a pour effet direct la déshydratation des cellules, qui reste réversible jusqu’à une teneur limite en eau. Au-delà de ce seuil, des dégâts apparaissent. La plante subit un stress hydrique et son rendement peut être affecté.

La sécheresse peut se marquer par un retard de croissance des organes épigés exposés à un air très sec. Parmi les effets de la sécheresse, on note l’augmentation de la respiration, la désorganisation des structures protéique, l’altération des enzymes et une chute de la teneur en phosphore.

**Tableau des dégâts sur les végétaux**

|  |  |
| --- | --- |
| Végétaux | Dégâts visibles |
| Céréales | Blanchissement terminal des feuilles, stérilité des épis |
| Fruits charnus | Taches nécrotiques, lésion subérisées, crevasses |
| Pommier | Formation de liège sous forme de taches circulaires brunes |
| tomate | Zone vitreuse devenue brune au niveau du style |

* + - 1. **Resistance aux sécheresses**

On distingue trois catégories :

. L’esquive qui consiste à faire son cycle pendant la période favorable,

. Le contournement de la déshydratation qui se traduit par une augmentation de l’absorption racinaire, une limitation des pertes d’eau et un ajustement osmotique,

. La tolérance à la déshydratation qui se traduit par la capacité des tissus à supporter des potentiels hydriques très négatifs.

L’amélioration génétique utilise aujourd’hui de nombreux outils (les indicateurs moléculaires, le séquençage, la transgénèse) pour améliorer la tolérance des plantes à la sécheresse, en s’appuyant sur cette diversité de réaction.

* + - 1. **Coups de chaleur**

Les températures excessives se traduisent par des réductions ou des arrêts de développement des organes en croissance au moment où elles interviennent. Trois stades apparaissent comme particulièrement sensibles chez différents espèces : la méiose polliniques, la floraison-fécondation, le remplissage des graines. Chez les céréales, l’accident le plus fréquent est l’échaudage de fin de cycle. C’est surtout au début du pallier de teneur en eau du grain (à l’état laiteux) que cette sensibilité est grande.

La perte du poids de mille grains est d’environ 0.8 g par jour avec une T° max > 25°C, pour le blé tendre, le blé dur et l’orge. Le seigle et le triticale sont plus tolérante (0.4g).

Les effets au cours d’autres phases du cycle sont résumés dans le tableau ci-dessous pour le blé tendre :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Excès thermiques aux stades  sensibles | | Températures élevées au cours du cycle | | |
| Effets | A la méiose | A la floraison | Sur le nombre d’épis | Sur le nombre de grain/épi | Sur le poids de mille grains |
| Conséquences | * Induction d’une stérilité femelle * Méiose male   non affectée  - | T°C>30°C, 2 ou 3 jours avant l’anthèse induit un taux de stérilité de 50%.  T°C>30°C, 2 à 3 jours après anthèse induit 4% d’avortement | * Semis tardif : température favorisent le tallage ; * Montaison régression des jeunes talles et élongation des entre-nœuds limitée | * Effets positif sur la formation des épillets totaux ; * Régression du nbre des talles on a une régression du nbre d’épillets ; * Méiose à floraison : avortement des fleurs accentué. | * Diminution du rendement ; * Diminution du nbre de jours de remplissage ; * Pertes plus importantes en phase de palier hydrique. |
| Composante rendement touchée | Nombre de grain/épi | | Effet négatif sur chacune des composantes du rendement | | |

**3.6.2.4. Gel**

Le gel est une des principales causes de fluctuations des récoltes, en quantité et qualité, en production fruitière. Les répercussions économiques du gel fragilisent, beaucoup plus les exploitations et les structures d’aval (responsables de l’agriculture).

Il y a gel lorsque le bilan entre le rayonnement thermique provenant du ciel et le rayonnement thermique émis par le sol et les végétaux est suffisamment négatif pour provoquer une baisse de température en dessous des seuils de sensibilité des végétaux pendant plusieurs dizaines de minutes.

**Origines du gel**

1. **Gel de rayonnement**

A l’origine des plus graves dégâts. La baisse de température est le résultat de pertes de chaleur par rayonnement.

1. **Gel d’évaporation**

La perte de chaleur nécessaire au phénomène du gel est ici produite par l’évaporation d’eau liquide ou de glace à proximité des cellules végétales sensibles.

1. **Gel d’advection**

Arrivée d’air froid à une température moyenne inférieure au seuil de résistance des végétaux sensibles.

* + - 1. **Les méthodes de lutte**

Il existe deux méthodes de lutte contre le gel : méthodes actives et méthodes passives

1. **Les méthodes de lutte active**

Les méthodes de lutte active sont plutôt réservées pour les cultures hautement rémunératrices. La lutte active est plus couteuse que la lutte passive mais représente souvent un complément indispensable. Il y a trois catégories :

- Addition de chaleur (avec aspersion d’eau) ;

* Mélange d’air au-dessus de la plantation ;
* Conservation de la chaleur

1. **Les méthodes de lutte passive**

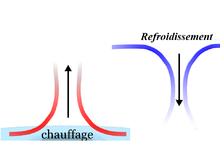
Ont pour but de modifier favorablement et de manière permanente le microclimat, alors l’active ne fait que relever la température seulement pendant la durée de la période critique.

Ces méthodes sont moins couteuses, en tout cas indispensable, elles ne doivent pas être négligées.

* En premier lieu la connaissance locale du terroir est indispensable à la détermination de ces zones gélives dans lesquelles on évitera l’implantation des vergés et des vignes.
* Contrôler l’écoulement d’air froid : sur les pentes en plantant des haies suffisamment denses en amont d’une parcelle gélive et en évitant au contraire de planter en aval. Protéger aussi les cotés du verger par des brises vent pour limiter l’arrivée d’air froid par convection.
* Réduire les sources d’air froid en particulier les friches. Le meilleur moyen est souvent de les boiser, surtout si ce boisement est situé en amont, car il assurera une très bonne protection contre l’air froid.
* Eviter les espèces et variétés à débourrement précoce dans les zones les plus gélives.
* Maintenir le sol du verger ou du vignoble nu et tassé. Ceci est cependant difficile à concilier avec une bonne pratique agronomique.
  + - 1. **Grêle**

Les chutes de grêle sont produites par les cumulonimbus, les plus gros nuages. Des gouttelettes sont toujours à l’état liquide à – 40°C, c’est le phénomène de surfusion. Au-dessus de -40°C, elles se transforment spontanément en glace. Entre 0°C et -40°C, cette transformation ne se produit que lorsque les gouttelettes rencontrent de fines particules solides appelées « noyaux glaciogènes ».

* + - 1. **Vent**

Le vent intervient à la fois par ses effets mécaniques et par ses effets convectifs, c'est-à-dire des mécanismes d’entrainement de la chaleur et d’eau que l’on appelle transferts :

La convection atmosphérique désigne l'ensemble des mouvements internes de l'atmosphère terrestre résultant d'une instabilité de l'air due à une différence de température verticale ou horizontale. Son intensité dépend du taux de décroissance de cette température et donne des mouvements organisés dans la couche d'air instable, entraînant des transferts verticaux de chaleur, de quantité de mouvement et d'humidité1. Le mouvement convectif peut se produire autant à partir du sol qu'en altitude dans une couche d'air

Principe de la convection atmosphérique

instable plus ou moins épaisse.

* Le premier effet d’ordre mécanique est plutôt épisodique. Ce sont les effets visibles du vent dont les conséquences se traduisent par les phénomènes de verse, de déchiquetage et d’arrachage des feuilles ou encore de déformation permanente des arbres.
* Le second effet, dit convectif, se fait sentir de façon soutenue et systématique : c’est l’influence du vent sur des échanges d’eau et de chaleur dont l’importance est considérable pour l’agro météorologie.

Cet effet est une notion essentielle pour étudier l’action du climat sur les plantes. L’intensité de ces échanges se traduit par un coefficient d’échange d’autant plus grand que la vitesse du vent est forte. La température et l’humidité des surfaces seront d’autant plus proches de celles de l’air ambiant que la vitesse du vent sera forte.

Ainsi, il ne pourra pas y avoir de gelée blanche par nuit ventée, ni échaudage du à de forte températures même par jour ensoleillé s’il y a du vent. Par contre, par jour venté avec air sec et souvent chaud un dessèchement s’installe au niveau des surfaces qui produira, même pour une culture bien alimentée en eau, une contrainte hydrique.

1. **Erosion éolienne**

Paramètres favorisant une érosion éolienne :

* Un sol meuble, sec et assez finement émietté ;
* Une couverture végétale absente (sol nu) ou clairsemée ;
* Une zone susceptible d’être érodée, c'est-à-dire suffisamment étendue dans le sens des vents dominats ;
* Un vent suffisamment fort pour amorcer un mouvement des particules du sol.

Cet ensemble de conditions se rencontre le plus souvent dans les régions arides et semi-arides.

1. **Effets de l’érosion éolienne**

Les nuages de poussières ou la formation de dunes sont les effets spectaculaires de l’érosion éolienne. De façon plus discrète, elle déchausse la végétation, comble les faussés et appauvrit le sol puisque les éléments fins entrainés contiendraient 3 fois plus de matière organique et d’azote, 5 fois plus de P2O5 et 26 fois plus de potasse que l’ensemble du sol.

* + 1. **Aménagements**
* Cultures de couvertures : utilisées dans les zones humides ou irriguées. Après récolte, le sol est occupé par une culture pouvant donner du fourrage. Le semis doit se faire perpendiculairement aux vents dominants ce qui permet aux billons de protéger le sol avant que la végétation ne le couvre.
* Cultures en bandes : alternance de cultures sensibles à l’érosion et de cultures résistantes plantées en bandes étroites. Les bandes retiennent les particules en saltation (En sédimentologie, il s'agit du processus de transport de sédiment par l'eau ou par le vent).
* Rotation des cultures : elle favorise la constitution d’humus et permet la constitution d’agrégats stables résistants à l’érosion éolienne.
* Les mulchs : protègent efficacement le sol. Les mulchs sont efficaces mais couteux. On utilise aussi les résidus végétaux laissés en place après récolte. Ils maintiennent une certaine rugosité et réduisent la vitesse du vent au voisinage de la surface du sol.
* Les façons culturales : un autre moyen de réduire la vitesse du vent à la surface du sol et de rendre celle-ci irrégulière en pratiquant par exemple des labours motteux ou des labours en billons.
* Les brise-vent : envisagés pour la protection contre l’érosion éolienne car ils réduisent la vitesse du vent au voisinage du sol. La longueur de la zone protégée est sensiblement proportionnelle à sa longueur. On peut donc envisager différents types de brise-vent semi-perméables :
* Rideaux d’arbres constitués d’un ou plusieurs rangs, pour les régions humides,
* Bandes de cultures annuelles telles que les céréales,
* Brise-vent artificiel (claies de roseaux, grille en pastique…) qui sont surtout utilisées en climat semi-arides.
  + 1. **Phytopathologie**

Les conditions météorologiques influent très largement sur le développement des ravageurs et les parasites. Par ailleurs, les facteurs climatiques peuvent causer des blessures sur les végétaux, ce qui constitue des portes d’entrée pour les pathogènes : gel, grêle et sécheresse.

L’agro météorologie fournit des éléments pour la protection phytosanitaire raisonnée :

* Le zonage climatique : c’est la détermination des zones sensibles à une maladie données en fonction des conditions météo favorables à celle-ci.
* Le suivi climatique : associé à la modélisation du développement des maladies ou des ravageurs, il permet de faire une prévision des risques, de mettre en place des dispositifs de surveillance de l’apparition de symptômes et surtout d’élaborer des avertissements permettant aux producteurs d’optimiser leurs interventions.

**Bonne chance à tous**

**ANNEXE**

**Table des matières**

**Préambule.**

**Chapitre 01 : Définition et intérêt de l’agro météorologie en agriculture**

**Définition**

* 1. **Principaux domaines d’application.**

**1.1.1. L’orientation régionale de l’agriculture**

**1.1.2. Les techniques de production agricole**

**1.1.3. La protection sanitaire**

**1.1.4. La gestion des ressources hydriques**

**1.1.5. L’aménagement de l’espace rural**

**1.1.6. La présentation des calamités atmosphériques**

* 1. **L’utilisation des informations agro météorologique**
     1. **Facteurs du climat**

**a. Composition de l’air**

**b. Energie solaire et la latitude**

**c. Le rayonnement**

**1.3. La nature de la surface du sol et de sa couverture**

**1.4. Le changement de l’état de l’eau dans l’atmosphère**

**1.5. Le relief**

**1.6. Le mouvement général de l’atmosphère**

**1.7. Convenance du climat d’une région à la nature des êtres à produire**

**Chapitre 02 : Influence du climat sur les végétaux**

**2.1. Principales relations plante-climat :**

**2.1.1. Les surfaces d’échanges :**

**2.1.2. La résistance de surface :**

**2.2. Les variables décrivant le couvert végétal :**

**- Indice foliaire (leaf area index : LAI )**

**- Densité de la surface foliaire :**

**- Orientation foliaire :**

**- Dispersion foliaire**

**- Fréquence de Teons (Gap fraction)**

**- L’interface racinaire :**

**2.3. Le rayonnement et la production**

**2.3.1. Composition du rayonnement solaire**

**2.3.2. L’albédo des corps terrestres**

**2.3.3. Echanges radiatifs**

**2.4. Les accidents climatiques**

**Les gelées ; Il existe deux types**

1. **Les gelées d’hiver**
2. **Les gelées printanières**

**Chapitre 03 : Principaux paramètres climatiques et leurs mesures**

**3.1. Paramètres climatiques et stations météorologiques**

**3.1.1. Paramètres directement mesurables**

**3.1.2. Paramètres calculés**

**3.1.3. Station météorologiques automatiques**

**3.2. Climats**

**3.2.1. Différentes échelles d’observation**

**3.3. Météorologie**

**3.3.1. Définition des principaux éléments de météorologie**

**3.4. Agro météorologie et activités agricoles**

**3.5. Perspectives**

**3.6. Agro météorologie et risques climatiques**

**3.6.1. Evaluation et lutte contre les risques climatiques**

**3.6.1.1. Sécheresse**

**3.6.1.2. Causes**

**3.6.1.3. Typologies des sécheresses**

* + 1. **Effets sur le développement et la croissance**
       1. **Dégâts sur les végétaux**
       2. **Resistance aux sécheresses :**
       3. **Coups de chaleur**
       4. **Gel**

**Origines du gel**

1. **Gel de rayonnement**
2. **Gel d’évaporation**
3. **Gel d’advection**
   * + 1. **Les méthodes de lutte**
4. **Les méthodes de lutte active**
5. **Les méthodes de lutte passive** 
   * + 1. **Grêle**
       2. **Vent**
6. **Erosion éolienne**
7. **Effets de l’érosion éolienne**

**3.6.3. Aménagements**

**3.6.4. Phytopathologie**