

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed BOUDIAF - M'sila

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Notes de cours

sur

L'Agrométéorologie

Spécialité : Protection Végétale

Niveau d'étude : Master 1 (Semestre II),

Matière d'UED à volume horaire global de 45H00

Crédits = 2, Coefficient = 1

Pr Abdelghani ZEDAM

Année Universitaire 2023 / 2024

SOMMAIRE

Introduction générale

1- Généralités sur l'Agrométéorologie

Introduction

1-1- Définition de l'agrométéorologie

1-2- Objectifs de l'agrométéorologie

1-3- Domaine d'application de l'agrométéorologie

1-4- Sciences en relation avec l'agrométéorologie

2- Le Bilan énergétique : la température

2-1- Moyenne, normale et amplitude

2-1-1- La température moyenne

2-1-2- La normale

2-1-3- L'amplitude de la température

2-2- Mesure et détermination de la température

2-3- Aspects pratiques de l'importance de la température

3- Le Bilan hydrique : l'eau

3-1- Mécanisme de formation des précipitations

3-2- Mesure des précipitations

3-3- Réseau d'observation

3-4- Données pluviométriques

Introduction générale

Le cours d'agrométéorologie est destiné aux étudiants de Master 1 protection des végétaux déjà initiés à la bioclimatologie. En plus des données de base pour la compréhension de certains phénomènes climatologiques en rapport avec les êtres vivants et surtout les cultures et les productions végétales, la caractérisation du climat par des paramètres faciles à mesurer pour une maîtrise des situations de constat et de diagnostic des symptômes en relation avec les bioagresseurs...etc

Il est à rappeler que la planète « Terre » est formée d'un ensemble solide : la lithosphère qui est surmonté par des enveloppes fluides : l'hydrosphère (liquide et discontinue) et l'atmosphère (gazeuse et continue). Elles sont principalement, le lieu de développement des êtres vivants, ce qui explique en partie l'intérêt qu'on leur porte. L'étude de la variation à courte échéance des paramètres atmosphériques (tels que la température, la pression, les vents, la nébulosité, les précipitations, etc.), et la prévision de cette variation, est l'objet de la météorologie (du grec *meteos*, élevé dans les airs).

La connaissance des données météorologiques et par conséquent le climat d'une région donnée est primordial dans le domaine de la production agricole et les disciplines annexes (amélioration, prévention, développement agricole...). On réunit aussi bien les études portant sur la simple caractérisation du climat à des fins agricoles que celles qui cherchent à préciser statistiquement les relations entre les paramètres agronomiques (croissance, développement, rendement) et météorologiques (température, pluviométrie,...).

Aujourd'hui, en effet, le terme de climat désigne habituellement l'état physique de l'atmosphère à longue échéance, notamment sa température, avec un intérêt spécial pour l'eau qu'elle contient, sous forme de vapeur (hygrométrie), de liquide plus ou moins dispersé (nuages, brouillards, précipitations) ou de solide (grêle, neige) et l'agrométéorologie s'intéresse à la connaissance des données météorologiques ayant une influence dans le domaine de la production agricole tant sur le plan de production que sur le plan **amélioration, prévention** et développement agricole.

1- Généralités sur l'Agrométéorologie

Introduction

La connaissance des données météorologiques et par conséquent le climat d'une région donnée est primordial dans le domaine de la production agricole tant sur le plan de production que sur le plan amélioration, prévention et développement agricole. On réunit aussi bien les études portant sur la simple caractérisation du climat à des fins agricoles que celles qui cherchent à préciser statistiquement les relations entre les paramètres agronomiques (croissance, développement, rendement) et météorologiques (température, pluviométrie,...).

1-1- Définition de l'agrométéorologie

La météorologie agricole, ou agrométéorologie, est une spécialité à la rencontre de la météorologie et de l'agronomie, qui étudie l'action des facteurs météorologiques, climatologiques et hydrologiques en vue d'améliorer la gestion des exploitations agricoles et les conditions de développement du milieu rural.

Cette spécialité vise en particulier l'exploitation de ces données en temps réel pour optimiser les décisions sur le traitement des cultures, sur l'anticipation de l'éclosion des insectes ravageurs et l'irrigation.

1-2- Objectifs de l'agrométéorologie

Les objectifs de l'agrométéorologie sont multiples :

- Elle explique, classe les climats et tire les conséquences pour l'agriculture (production, évolution des maladies).

- Elle vise à exploiter au mieux les conditions météorologiques dans les diverses activités agricoles qui représentent la source de production alimentaire et revenus de la majorité de la production mondiale.
- Elle permet par l'exploitation simultanée de données météorologiques et agronomiques de donner aux réalisateurs du développement, des éléments utiles à la bonne gestion de l'agriculture.
- Elle intervient sur le développement des bioagresseurs animaux (ravageurs).

1-3- Domaine d'application de l'agrométéorologie

Développement régional et orientation de l'agriculture

- Estimation de la potentialité agricole en fonction des sites et des types de production.
- Introduction de nouvelles variétés agricoles et des équipements mieux adaptés.

Techniques de production agricole

La mise en place de certaines interventions au moment le plus opportun en s'appuyant sur les observations climatologiques récentes ou à courtes échéances.

- Travail du sol et interventions culturales.
- Epannage des engrais.

Protection sanitaire

C'est l'incidence du climat sur la pathologie.

- Fréquence des interventions qui dépendent des conditions climatiques habituelles.
- Mise en évidence des périodes critiques de sensibilité aux maladies.

Gestion des ressources hydriques

- Choix et dimensionnement des systèmes d'irrigation.
- Mise en place d'un réseau de drainage.

- Calcul de l'évolution du bilan hydrique et de la réserve utile du sol.

Aménagement de l'espace rural

- Etude de modification du climat résultant de certains travaux et leur impact sur l'agriculture (exemple : déforestation, plantation de brises vent) notamment sur les gelées et les variations de l'ETP.

Prévention des calamités atmosphériques

- Etude permettant de connaître les fréquences de gel, de grêle, de sécheresse et de déterminer les zones les moins atteintes en fonction des types de culture et de la sensibilité de leurs stades phénologiques.
- Détermination des équipements les plus rentables pour la prévention de ces calamités.

Etude des analogies agrobioclimatiques

- Rechercher d'écotopes (en écologie, l'écotope est la relation de l'espèce à l'ensemble des variables environnementales et biotiques qui l'affectent) semblables de manière à y transférer des techniques culturales et des plantes qui ont fait la preuve de leur efficacité et de leur valeur dans des écotopes particulièrement bien étudiés par la recherche agronomique.

Remarque :

L'ensemble des facteurs liés directement au climat forme le **climatope** qui est une composante de l'écosystème avec la **biocénose** et le **biotope**. Le biotope est l'ensemble des facteurs liés directement au milieu où vit cette biocénose : sol (pédologie), ressources hydriques, paramètres du milieu (altitude, exposition, pente, géologie ...). Cette liaison se fait aussi avec l'ensemble des organismes vivants.

Une fois comprendre l'agrométéorologie, on peut répondre aux questions suivantes :

- Les problèmes agrométéorologiques de la production agricole.
- Etat actuel de l'agrométéorologie.
- L'agrométéorologie dans l'agriculture d'avenir.
- L'impact des conditions climatiques sur la croissance des plantes.

1-4- Sciences en relation avec l'agrométéorologie

L'agrométéorologie fait appel aux sciences suivantes : Pour l'étude de l'atmosphère :

a. La Météorologie :

Mesure des valeurs instantanées des paramètres météorologiques à un moment précis, en un lieu déterminé ce qui caractérise l'état de l'atmosphère et leur variation dans le temps.

b. La Climatologie :

Elle étudie les échanges d'énergie et les composantes physiques de l'atmosphère, plus particulièrement les mouvements atmosphériques qui en résultent. D'une manière générale, elle étudie le climat par les valeurs moyennes et cumulées dans le temps (période donnée) en un lieu donné.

Pour l'étude de la plante et la communauté végétale

a. L'écologie Botanique :

C'est la distribution des plantes, analyse des groupements et relations avec les paramètres du milieu.

b. L'Agrophénologie :

Elle concerne l'évolution des différents stades de croissance et de développement des plantes.

c. L'Ecoclimatologie :

C'est l'influence du climat sur l'environnement physique et biologique des plantes.

d. La Bioclimatologie :

C'est l'étude de l'influence du climat sur les êtres vivants.

e. La Physiologie :

Elle concerne l'étude du fonctionnement des plantes du point de vue structure et du métabolisme.

f. La Génétique :

C'est l'amélioration des génomes se traduisant par la modification de certains caractères phénologiques qui interviennent dans la productivité du couvert.

2- Le Bilan énergétique : la température

La température est une grandeur physique permettant de repérer l'énergie thermique d'un corps quelconque.

Elle est liée à sa capacité à céder ou à recevoir de l'énergie des corps environnants. C'est un repère et non une grandeur additive.

Il existe plusieurs échelles pour mesurer cette grandeur :

- Echelle Celsius (°C) : les valeurs repères sont le 0°C et 100 °C et qui correspondent à la glace fondante et à l'eau bouillante.
- Echelle Fahrenheit (°F) : afin d'éviter les valeurs négatives, il a été pris comme repère du 0°F la température la plus basse enregistrée et obtenu à l'époque à Stockholm (Suède) soit -18°C. Il a été donné ainsi 100 °F pour la température du corps humain (37°C), 32°F pour la température de congélation de l'eau et 212°F pour la température de l'eau bouillante.
- Echelle thermodynamique ou Echelle Kelvin (K) : le zéro absolu pour cette échelle fait référence à la température nulle c-à-d « 0K » correspond à la température la plus basse enregistrée et obtenu : - 273,15 °C et qui correspond à la limite thermique infranchissable universelle et c'est le niveau auquel tous les atomes constituant la matière sont immobiles à l'échelle microscopique c-à-d la température à laquelle les molécules et atomes d'une substance quelconque ne possèdent aucune énergie cinétique.

NB/ Il n'existe pas de températures négatives dans l'Echelle Kelvin (K).

Donc la température (K) = 273,15 + température (°C)

Et la température (°C) = la température (K) - 273,15

Attention de confondre les notions de température et chaleur et qui sont des notions distinctes. La chaleur est une forme d'énergie alors que la température n'est qu'un indicateur de l'état thermique résultant de l'agitation moléculaire.

- Exemple à retenir : la conductibilité thermique d'un sol est d'autant plus forte que son contenu en eau est élevé.

Elle varie linéairement en fonction de l'humidité volumique entre le point de flétrissement permanent et la capacité au champ.

Ce ci est une information capitale en agronomie en raison que le sol demeure toujours source de contamination des bio-agresseurs notamment les Fungi et les insectes qui recherchent des températures favorables à leurs développements avec des taux d'humidité relativement importants.

2-1- Moyenne, normale et amplitude

2-1-1- La température moyenne

L'évolution de la température est relativement régulière et la courbe est proche d'une sinusoïde où on peut obtenir la moyenne en faisant la demi-somme de la valeur maximale et de celle minimale.

Il est également possible d'effectuer la moyenne arithmétique des températures horaires. Les moyennes sont également calculées à l'échelle décadaire, mensuelle et annuelle.

2-1-2-La normale

Les normales sont des valeurs des éléments atmosphériques calculées pour une période suffisamment longue comportant au moins trois décennies consécutives (c-à-d une période minimale de 30 années de données ne comportant pas beaucoup de lacunes).

2-1-3-L'amplitude de la température

L'amplitude est la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale d'une série de données ou d'une grandeur qui fluctue sinusoïdalement.

L'amplitude est l'écart entre des températures extrêmes mesurées en un même point pendant une période donnée.

On s'intéresse aux amplitudes thermiques diurnes, annuelles, moyennes et absolues par ce qu'elles constituent un élément fondamental pour la caractérisation du degré de continentalité d'un climat local.

A l'échelle annuelle, dans l'hémisphère Nord, la température moyenne présente l'allure d'une courbe sinusoïdale avec un maximum situé au mois de Juillet et un minimum situé au mois de Janvier.

2-2- Mesure et détermination de la température

On repère la température par un phénomène physique mesurable qui varie dans le même sens. Les phénomènes utilisés sont :

- La dilatation des corps (gaz, liquide ou solide),
- La résistance électrique,
- La différence du potentiel thermoélectrique,
- Le rayonnement émis.

La dilatation des corps (gaz, liquide ou solide) se base sur des capteurs :

- capteurs liquides :
 - Thermomètre à maximum dont la base capillaire est faite de mercure.
 - Thermomètre à minimum dont la base capillaire est faite d'alcool.
- capteurs à gaz : les capteurs présentent un volume constant de gaz et indique une variation de pression linéaire en fonction de la température.
- capteurs solides : ce sont des bilames dont les déformations élastiques sont amplifiées et repérées ou enregistrées. Ces bilames simples et robustes sont utilisées dans divers thermostats et thermographes enregistreurs.

2-3- Aspects pratiques de l'importance de la température

➤ **L'indice actinométrique** : Il correspond à l'indication d'un thermomètre à minimum installé horizontalement dans un endroit bien dégagé et dont l'organe sensible non abrité est librement exposé au rayonnement au niveau du sommet de la végétation. L'indication donnée est surtout intéressante pendant la nuit où les risques de gel sont dangereux pour la végétation et notamment les cultures de plein champs.

➤ **L'indice géothermique** : Il correspond à un gradient thermique, en absence de phénomènes géologiques particuliers (volcanisme, eau thermales...) où la température du sol croit avec la profondeur à raison de 1°C tous les 33 mètres de profondeur.

➤ **Sols humides et sols secs**

Conséquence de l'humidité d'un sol ayant subi une cartographie thermique :

Surface	Température en surface (°C)
Sol sec	55 à 59
Sol sec labouré 30 min avant la mesure	41
Sol légèrement humide	49 à 53
Sol très humide	34
Eau libre	39
Sur culture de coton :	
➤ Etat de la surface sec	36 à 37
➤ Légèrement irriguée	31
➤ Bien irriguée	29 à 30

En effet l'humidité, le tassement du sol et la couverture du sol présentent des influences sur les minima et les maxima journaliers de température en surface surtout pour le risque de gel, germination ou de levée.

Les sols se réchauffent lentement au printemps s'ils sont humides et tassés : on dit que la terre est froide. Sur les hauts plateaux algériens, le printemps est relativement en retard par au littoral et aux zones des pieds monts de l'Atlas Saharien par ce que la terre demeure froide et ne se réchauffera qu'au fur et à mesure.

La propagation d'une vague de froid dans le sol est atténuée si le sol est couvert de gazon, de mulch ou de couche neigeuse (Sous la neige le sol est à 0°C). Ce phénomène est très important en climat froid, en montagne surtout pour la survie des semis et des parties souterraines qui sont la base du départ de la végétation à multiplication asexuée lorsque les températures deviennent favorables à la production.

➤ **Zéro de végétation**

Pour les plantes il existe un seuil de température appelé " zéro de végétation" dans lequel et au dessous toute division cellulaire s'arrête ce qui signifie pas de multiplication cellulaire donc pas de rendement.

Exemples : Voir Tableau 1 ci-dessous.

- **Tableau 1 : Zéro de végétation de quelques cultures**

Culture	Germination			Croissance des Plants	
	T° mini	T° optimale	Temps de levée	T° idéale de croissance	zéro de végétation
Laitue	5°	15°	5 à 8 jours	20°	3°
Ail	8°	15°	10 jours	20°	1°
Oignon	10°	15°	6 à 10 jours	20°	1°
Fenouil	12°	18°	6 à 8 jours	22°	5°
Fève	8°	18°	8 à 10 jours	19°	5°
Navet	7°	19°	4 à 8 jours	19°	1°
Poireau	12°	19°	8 à 12 jours	20°	2°
Carotte	7°	20°	10 à 15 jours	18°	9°
Pommes de terre	10°	20°	15 jours	20°	7°
Betterave	10°	20°	8 à 10 jours	22°	6°
Artichaut	15°	21°	8 jours	22°	5°
Tournesol	8°	24°	8 à 10 jours	25°	5°
Haricot	16°	25°	6 à 8 jours	24°	11°
Tomate	16°	25°	6 à 8 jours	22°	12°
Pastèque	20°	25°	10 jours	25°	12°
Patate douce	20°	25°	15 jours	25°	15°
Courgette	21°	25°	6 à 8 jours	24°	8°
Poivrons/piments	18°	26°	8 à 10 jours	24°	8°
Courge	21°	26°	4 à 8 jours	24°	16°
Concombre	16°	26°	8 à 10 jours	24°	15°
Maïs	16°	27°	6 à 8 jours	24°	6°
Aubergine	21°	27°	5 à 10 jours	25°	12°
Melon	24°	27°	5 à 8 jours	24°	12°

➤ **Unités thermiques**

Pour qu'une plante puisse se développer c-à-d accomplir son cycle annuel de vie pour les plantes annuelles (de la graine à la graine : Semis – levée – montée – floraison – maturation) et pour les plantes vivaces (pérennes) : du bourgeon à la graine, il faut un

cumul de températures actives supérieures au zéro de végétation et qui sont appelées : Unités thermiques.

Exemples :

Culture	Unités thermiques (°C)
Blé	2350
Lin	1450
Citronnier	4000 à 4500
Palmier dattier	4700 à 5000
Pomme de terre	1500 à 1700
Tomate	1800 à 2000
Orge	1600 à 2000
Haricot	2300 à 4000
Coton	3600 à 4000
Tournesol	2600 à 2800
Betterave à sucre	2400 à 2700

3- Le Bilan hydrique : l'eau

C'est un composé qu'on rencontre dans la biosphère et sous ses trois formes : liquide, solide et gazeuse.

L'eau circule à la surface du globe et présente un cycle bien défini. Au niveau du sol, on constate qu'il y a des apports et des pertes.

- Les apports : précipitations (pluie, neige, grêle, rosée, gel, brouillard) et irrigation.
- Les pertes : Ruissellement- infiltration, drainage et évaporation.

Il est connu que tous les nuages n'apportent pas de précipitations. Le diamètre des gouttelettes de pluie indique des informations importantes :

- Les gouttelettes de nuages avant condensation présentent des diamètres de 10 à 25 μm .
- Les gouttelettes de pluie présentent des diamètres de 500 à 3000 μm .

Donc comment ces gouttelettes grossissent et comment se forment –elles ?

3-1- Mécanisme de formation des précipitations

Le mécanisme de formation des précipitations a lieu dans les nuages où les gouttelettes d'eau liquide (sous forme de vapeur) coexistent avec les cristaux de glace (noyaux glaçogènes). Les cristaux bénéficient d'une condensation plus rapide (principe de la paroi froide) et se nourrissent de la vapeur d'eau contenu dans l'air ambiant.

Les gouttelettes liquides ne grossissent pas et peuvent perdre une partie de leur eau par évaporation.

Quelque soit la quantité d'eau recueillie au sol sous un nuage pluvieux au cours de son évolution et le plus souvent supérieure à la quantité d'eau condensée dans le nuage : il faut admettre que ces nuages régénèrent leur contenu en eau grâce à un emprunt de vapeur d'eau qui ne peut venir que du bas.

Tous les facteurs qui contribuent à l'ascendance de l'air et à son refroidissement sont aussi responsables de la saturation et des précipitations assez importantes.

3-2- Mesure des précipitations

La mesure des précipitations varie selon certains facteurs comme : déplacement de la perturbation, lieu de l'averse, influence de la topographie, vent ... La mesure n'est pas chose facile.

La quantité des précipitations qui tombent durant un laps de temps est exprimée en mm : c'est la hauteur des précipitations.

On définit son intensité comme la hauteur d'eau précipitée par unité de temps (mm/h).

La précision est de l'ordre de 0,1mm. Deux appareils de mesure sont largement utilisés :

- Le pluviomètre :

Il indique la quantité d'eau totale précipitée et recueillie à l'intérieur d'une surface calibrée dans un intervalle de temps séparant deux relevés.

- Le pluviographe :

C'est un instrument captant les précipitations de la même manière que le pluviomètre mais avec un dispositif permettant de connaître, en plus de la hauteur totale des précipitations, leur répartition dans le temps c'est-à-dire leurs intensités.

3-3- Réseau d'observation

Pour tous les paramètres du climat dans une région donnée, les stations "pluviométriques et autres" forment un réseau d'observation. Ces stations fournissent des mesures ponctuelles et sont fonctionnelles de manière continue c'est-à-dire H24 et 7j/7.

Si le réseau d'observation est dense (existence de plusieurs stations opérationnelles) donc les informations recueillies seront meilleures et plus fiables par ce que la représentativité dans l'espace est bonne.

3-4- Données pluviométriques

La publication des données climatiques en général et des données pluviométriques plus précisément est du ressort de l'office national de météorologie (ONM) qui est sous la tutelle du Ministère des transports en Algérie. Les données sont payantes et ne peuvent être communiquées à des tiers.

Ces données climatiques sont sous forme d'annuaire d'informations où on rencontre entre autre les résultats suivants :

- Hauteur pluviométrique journalière,
- Hauteur pluviométrique mensuelle,
- Hauteur pluviométrique annuelle,
- Module pluviométrique annuel moyen (moyenne arithmétique des hauteurs de précipitations annuelles).
- La fraction pluviométrique mensuelle (rapport entre le module annuel et le module mensuel considéré).
- Les moyennes, le nombre moyen de jour de pluie, la variabilité des précipitations et des jours de pluie.
- Les cartes de pluviométrie mensuelle et annuelle : traçage des isohyètes.

Exemple :

- Soit 01mm de pluie (h) recueillie dans un pluviomètre de base ronde (la forme ronde permet d'éviter les coins ce qui diminue les percolations et les adsorptions).
- La surface de la base est celle d'un cercle $S = \pi R^2$
Et déduire ainsi le volume d'eau en mm = Sxh
et le transformé en litre ou en mètre cube.

NB : la surface du pluviomètre est prise en compte si on veut rapporter nos données par are ou par hectare ou à la surface d'une parcelle donnée de culture.