LE RESEAU AGROMETEOROLOGIQUE AU MAROC : ENQUETE EXHAUSTIVE

A. RAMDANI (1), M. BAIJI (2)

RESUME

L'importance des données climatiques pour le développement de l'agriculture, nous a conduit à mener une enquête sur les stations agrométéorologiques, dans le souci de dresser une caractérisation sommaire de la situation actuelle du réseau agrométéorologique dans l'ensemble du territoire national. Ceci devrait aboutir à un inventaire de toutes les stations agrométéorologiques en :

1- précisant le nombre et la répartition des stations agrométéorologiques par organisme,
2- s'informant sur la période d'observation et les types de stations, ainsi que sur les techniques d'entretien, de collecte, de transfert et de diffusion des données, et sur des observateurs et les utilisateurs des données météorologiques.

INTRODUCTION

La production agricole est de plus en plus tributaire de la maîtrise et de l'utilisation rationnelle de l'information sur les phénomènes climatiques à l'échelle des différents milieux de production agricoles.

La connaissance des données climatiques est importante dans la planification et la gestion de la production agricole. De façon empirique, un agriculteur entreprend ou projette ses activités en parfaite considération des conditions climatiques.

Ainsi les données météorologiques adéquates sont indispensables à la préparation de projets d'aménagement agricoles rationnels. Aussi doit on étudier avec beaucoup de soin toutes les phases d'un projet qui se rattachent à la collecte et au traitement de ces données, et principalement apprécier la valeur des données recueillies, en fonction des objectifs poursuivis.

Dans cet article on trouvera au début une description des objectifs de l'enquête, les lieux enquêtés et le dépouillement des fiches d'enquêtes agrométéorologiques (type et nombre de stations), et à la fin une synthèse des résultats de l'enquête et des conclusions.

I. OBJECTIFS

Les objectifs de cette enquête sont :

- Déterminer le nombre, le type, l'organisme de tutelle et la répartition géographique des stations agrométéorologiques,
- S'informer sur l'âge des stations,
- Ressortir dans la mesure du possible, la situation des stations classiques et des stations automatiques.

Cet inventaire est réalisé à l'aide d'une fiche enquête diffusée au niveau de tous les services du MAMVA : 37 DPA, 9 ORMVA, SOGETA, INRA, AGR, DPVCTRF, SODEA, EAUX et FORETS, et la Direction de l'Elevage.

II. RESULTATS DE L'ENQUETE EXHAUSTIVE

II.1 Stations du Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole (MAMVA)

Le Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole compte 769 postes météorologiques. Parmi ces stations, le nombre de postes pluviométriques et thermopluviométriques est de 651 stations ; ce qui présente un taux de 85 %. (Tab. 1).

(1) Dr. MS. - Ing. - Maître de Conférences - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II - BP 6202 RABAT Instituts. MAROC.
(2) Ing. - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II - BP 6202 PARAT Instituts MAROC.

TABLEAU 1: Répartition et type des stations du MAMVA par organisme

DIREC-TION	TYPE DE STATIONS								TOTAL	%
	C_0	C_1	C_2	C_5	C_4	C_5	C_8	C_7		
EAUX ET FORET	345	06	03	00	00	00	00	01	355	46%
ORMVA	92	21	14	15	13	03	00	03	161	21%
DPA	115	11	14	05	04	04	01	00	154	20%
INRA	01	02	00	09	04	05	00	03	24	3%
SODEA	08	08	00	00	00	00	00	00	16	2%
SOGETA	08	31	00	00	00	00	00	00	39	5%
D. ELEVAGE	00	00	00	00	00	00	00	20	20	3%
TOTAL	569	79	31	29	21	12	01	27	769	100%

Co : Poste pluviométrique
C1 : Station thermopluviométrique
C2 : C 1 + humidité relative
C3 : C 2 + évaporation
C4 : C 3 + direction et/ou vitesse du vent
C5 : C 4 + intensité et/ou durée d'insolation
C8 : Station complète
C7 : Station automatique

II.2 STATIONS DE LA DIRECTION DES EAUX ET FORETS ET DE LA CONSERVATION DES SOLS

La première station pluviométrique a été installée à Oued Zem en 1916. Le réseau de la DEFCS a été renforcé dès 1950. Si l'on considère que la superficie forestière est de 9000000 ha, la superficie qui correspond pour chaque station pluviométrique est environ de 25000 ha et pour chaque station climatologique de 896900 ha.

Les besoins forestiers en données météorologiques dépassent de loin les données fournies par le réseau actuel constitué réellement de huit stations climatologiques, les autres sont pluviométriques. L'inventaire accompagnant la fiche enquête reçue est de 355 stations, dont 345 sont pluviométriques. Une analyse préliminaire de la situation du réseau forestier montre que :

- 24 stations ne sont plus fonctionnelles, du fait principalement du vieillissement du matériel de mesure ;
- 19 % des stations sont en mauvais état et nécessitent un entretien régulier, et dans certain cas un renouvellement des instruments de mesures afin de s'assurer de la fiabilité de la mesure collectée ;
- Les stations sont réparties de façon irrégulière sur le territoire, elles représentent 46 % du réseau agrométéorologique. Seulement une station automatique, et 7 stations climatologiques assurent le relevé des précipitations, température, humidité de l'air et la direction du vent. Par contre toutes les autres stations ne mesurent que la pluviométrie.

II.3 STATIONS DES DIRECTIONS PROVINCIALES D'AGRICULTURE

Les stations des DPA sont en nombre de 147. L'information généralement recueillies est la pluviométrie (75% des stations sont des postes pluviométriques). on trouve presque systématiquement un pluviomètre par centre de travaux (CT). (Voir Tableau 2).

TABLEAU 2 : Nombre des postes météorologiques des Directions Provinciales de l'Agriculture

DPA	NOMBRE DES STATIONS	DPA	NOMBRE DE STATIONS
TAOUNATE	14	TETOUAN	03
SETTAT	11	KELAA	03
NADOR	11	BOULMANE	02
SAFI	10	CHECHOUEN	02
KHENIFRA	10	BEN SLIMANE	02
OUJDA	09	RABAT-SALE	02
MEKNES	09	TAN-TAN	01
FES	08	GUELMIME	01
KHEMISSET	08	CASA	01
MARRAKECH	07	TANGER	01
EL JADIDA	06	AGADIR	01
TAZA	06	IFRANE	01
BENIMELLAL	05	FIGUIG	00
SIDI KACEM	04	SMARA	00
TIZNIT	04	TATA	00
KHOURIBGA	04	KHENIFRA	00
EL HOCEIMA	03	LAYOUNE	00
ESSAOUIRA	03	DAKHLA	00
AZILAL	03	BOUJDOUR	00
		OUED DAHAB	00
TOTAL	154.		

Huit DPA ne disposent pas de stations agrométéorologiques : Smara, Figuig, Laayoune, Dakhla, Oued Dahab, Boujdour, Tata et Kénitra. Six autres ont chacune une seule station dans leurs zones d'actions : Tan-Tan, Guelmime, Casa, Tanger, Agadir et Ifrane.

II.4 STATIONS DES OFFICES REGIONAUX DE MISE EN VALEUR AGRICOLE (ORMVA)

Les ORMVA disposent de 161 stations dont 93 postes pluviométriques, 20 postes thermopluviométriques, et 48 postes climatologiques Ces stations sont implantées dans la majorité des cas dans les centres de développement agricole. Le nombre de stations varie d'un ORMVA à un autre . Cette variation est disproportionnée par rapport aux superficies agricoles utiles et les stations sont réparties d'une manière hétérogène dans la zone d'action de chaque ORMVA (Voir Tableau 3).

II.5 STATIONS RELEVANT DE L'ADMINISTRATION DE GENIE RURAL

L'Administration de Génie Rural (AGR) gère en collaboration avec des ORMVA 12 stations climatologiques, situées dans les stations expérimentales d'hydrauliques. La liste de ces stations est donnée dans le Tableau 4.

II.6 STATIONS DE LA SODEA

La SODEA dispose d'un réseau agrométéorologique composé de 16 stations situées au niveau des exploitations agricoles. Ces stations sont équipées de pluviomètres, d'anémomètres et de thermomètres. Les paramètres collectées sont gérés par les techniciens sur place et servent d'usage interne.

TABLEAU 3 : Nombre et type des stations météorologiques des ORMVA.

ORMVA	NOMBRES DE STATIONS	ST. PLUVIO.	ST. THERMO PLUVIO.	ST. CLIMA.
MOULOUYA	21	17	00	04
HAOUZ	17	14	01	02
OURZAZATE	20	15	00	05
TAFILELT	17	09	00	8
SOUSS MASSA	17	06	08	03
DOUKKALA	16	13	00	03
GHARB	15	00	00	15
LOUKKOS	11	03	07	01
TADLA	27	16	04	07
TOTAL	161	93	20	48

TABLEAU 4 : Stations exploitées par l'AGR

STATION	ORMVA	STATION	ORMVA
Asrir	Ouarzazate	Ouled Gnaou	Tadla
Ouarzazate (S.E.M.V.A)	Ouarzazate	Boughriba	Moulouya
Errachidia (CRAFA)	Errachidia	Slimania	Moulouya
Taroudant	Souss-Massa	Zebra	Moulouya
CMV 808	Souss-Massa	Guaret	Moulouya
Khmiss Mettouh	Doukkala	Sidi Kacem	Gharb

II.7 STATIONS DE LA SOGETA

La SOGETA détient 39 stations ou plus précisément postes thermopluviométriques, installés dans les exploitations agricoles. Les données collectées ne sont pas transmises vers d'autres organismes. Elles servent d'usage interne.

II.8 STATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA)

L'INRA détient 24 stations, météorologiques dont 3 stations automatiques et 20 stations climatologiques.

II.9 STATIONS DE LA DIRECTION DE L'ELEVAGE

Dans le cadre d'une étude sur les insectes vecteurs de la peste équine au Maroc, la Direction de l'élevage a acquis 20 mini-stations météorologiques automatiques et mobiles. Elles ont été mises en place au niveau de divers régions à travers le Royaume. Les sites d'implantations de ces stations sont susceptibles d'être modifiés en fonction des rendements de collecte des insectes escomptés.

Les paramètres mesurés sont la température de l'air, l'humidité relative, huméctation et la direction et la vitesse du vent. par ailleurs, ces stations ne sont pas

dotées d'appareils permettant des relevés pluviométriques.

III. REPARTITION DES STATIONS AGROMETEOROLOGIQUES PAR PROVINCE ET PAR ZONE ECONOMIQUE

Ce travail d'enquête exhaustive englobant toutes les stations agrométéorologiques du Maroc a abouti à la réalisation de deux cartes. La première carte montre le nombre et le type de stations agrométéorologiques pour chaque province, l'autre indique le nombre et le type de stations agrométéorologiques pour chaque zone économique du Maroc.

A partir de la figure 1 qui donne le nombre de stations agrométéorologiques par zone économique du Maroc (7 zones), on peut tirer les constatations suivantes :

- Les zones économiques les plus équipées en stations à usage agricole sont les zones de Tanger, de Casablanca et de Meknès. Elles contiennent respectivement 168, 151 et 134 stations agrométéorologiques.
- Les zones économiques qui sont moyennement équipées sont les zones de Nador, de Fès et de Marrakech. Elles détiennent respectivement 99, 79 et 78 stations agrométéorologiques.
- La zone la moins équipée en stations à usage agricole reste la zone Sud du Maroc. Les rares stations existantes se limitent à la mesure de la pluviométrie. On compte 45 stations pluviométriques, 7 stations thermopluviométriques et 8 stations climatologiques.

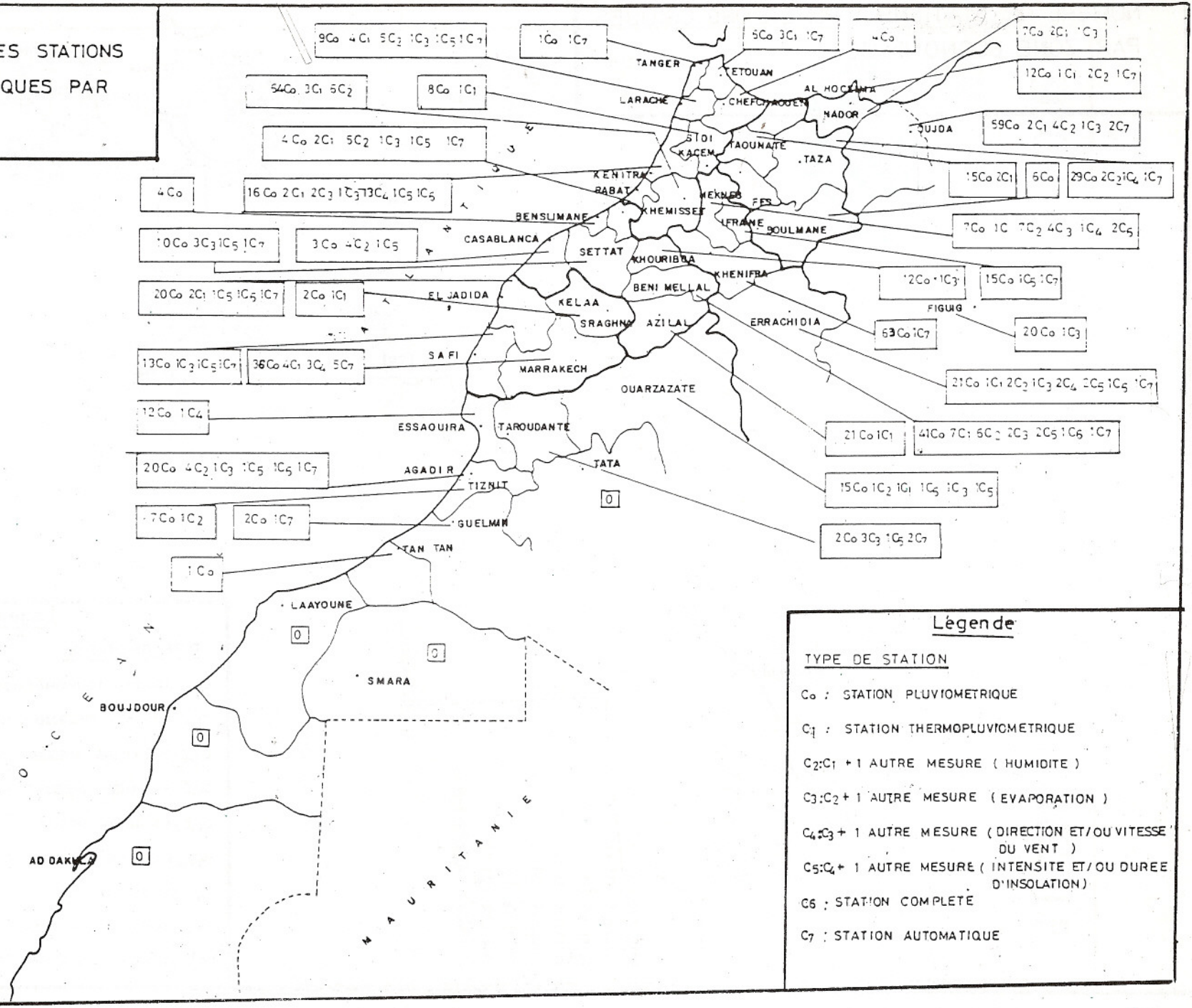
Comme le montre la figure 2 qui indique le nombre et le type des stations agrométéorologiques par province, le Sud et le Sud-Est du Maroc sont caractérisés par leur faible densité des points de mesures. Les stations existantes se limitent à la mesure de la pluviométrie et ne sont pas adaptées aux besoins spécifiques de la région à savoir : la lutte contre la sécheresse, la désertification et la pullulation des accridiens. Les plaines atlantiques (Chaouia, Abda, Doukkala,..) ; le Gharb et le Haouz ont les densités en stations agrométéorologiques les plus élevées par rapport aux autres régions du Maroc. D'autres parts, le nombre de stations varie d'une province à une autre, cette variation est disproportionnée par rapport aux superficies de chaque province.

IV. CONCLUSION

Ce travail de caractérisation du réseau agrométéorologique du Maroc nous a permis de dresser un inventaire détaillé des stations et de dégager ses caractéristiques essentielles :

- Le nombre total de stations météorologiques et agrométéorologiques au Maroc est de 1536 stations réparties dans presque tout le territoire National. 50% de ce chiffre soit 769 stations sont détenues par le MAMVA. Le reste est réparti entre plusieurs autorités. Ces stations sont en grande majorité des stations pluviométriques. On a pu ressortir 200 stations climatologiques et 569 postes pluviométriques.
- Le réseau agrométéorologique est encore jeune, soit 69% des stations ont des périodes d'observations ne dépassant pas 30 ans.
- La gestion de ce réseau est compliquée, elle est faite sous la responsabilité de plusieurs organismes, tant au niveau de l'installation des stations météorologiques qu'au niveau de la gestion de l'information climatologique.

REPARTITION DES STATIONS AGROMETEOROLOGIQUES PAR PROVINCE



Légende

TYPE DE STATION

Co : STATION PLUVIOMETRIQUE

C_1 : STATION THERMOPLUVIOMETRIQUE

C_2 : C_1 + 1 AUTRE MESURE (HUMIDITE)

C_3 : C_2 + 1 AUTRE MESURE (EVAPORATION)

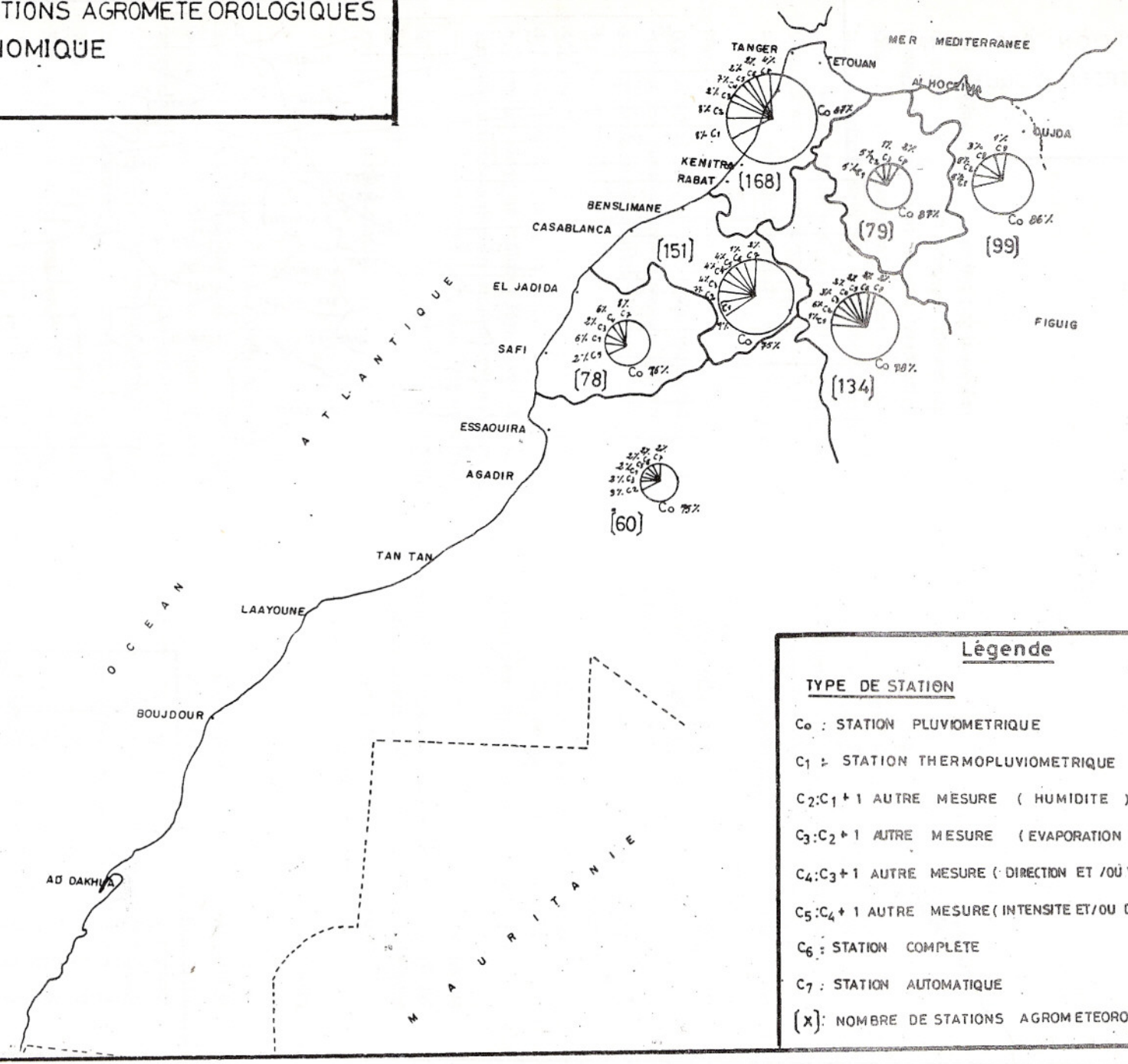
C_4 : C_3 + 1 AUTRE MESURE (DIRECTION ET/OU VITESSE DU VENT)

C_5 : C_4 + 1 AUTRE MESURE (INTENSITE ET/OU DUREE D'INSOLATION)

C_6 : STATION COMPLETE

C_7 : STATION AUTOMATIQUE

NOMBRE DE STATIONS AGROMETEOROLOGIQUES PAR ZONE ECONOMIQUE



Légende

TYPE DE STATION

- C_o : STATION PLUVIOMETRIQUE
- C_1 : STATION THERMOPLUVIOMETRIQUE
- C_2 : C_1 + 1 AUTRE MESURE (HUMIDITE)
- C_3 : C_2 + 1 AUTRE MESURE (EVAPORATION)
- C_4 : C_3 + 1 AUTRE MESURE (DIRECTION ET /OU VITESSE DU VENT)
- C_5 : C_4 + 1 AUTRE MESURE (INTENSITE ET/OU DUREE D'INSOLATION)
- C_6 : STATION COMPLETE
- C_7 : STATION AUTOMATIQUE
- (X) : NOMBRE DE STATIONS AGROMETEOROLOGIQUES

LE RESEAU AGROMETEOROLOGIQUE AU MAROC : CARACTERISATION DE LA SITUATION ACTUELLE

A. RAMDANI[1], M. BAIJI[2]

RESUME

Les études relatives au réseau agrométéorologique du Maroc sont assez rares. Tout projet visant le développement de du réseau actuel nécessite une connaissance préalable de son état actuel. Cette partie de l'étude traitera du diagnostic approfondi de la situation actuelle du réseau agrométéorologique dans la zone de référence des neufs ORMVA et des DPA de Settat, Safi, Meknès, Fès, et Taounate.

INTRODUCTION

Pour chaque zone d'étude, il a fallu juger l'adéquation du réseau météorologique régionale du point de vue du type et des méthodes d'observation, du type et du nombre d'appareils installés, de leur précision et leur situation, de la période sur laquelle portent les relevés, et de la manière dont les données sont manipulées et mémorisées. Après quoi, on peut décider des performances à y apporter : s'il y a lieu d'installer de nouvelles stations ou de nouveaux instruments.

Les objectifs de cette partie sont :

- Ressortir dans la mesure du possible, la situation des stations classiques et des stations automatiques.
- Apprendre plus sur les techniques de maintenance, de prise de mesures, de transfert de données et de sauvegarde de l'information.
- Pour les stations automatiques, l'objectif visé est de voir comment se fait le choix de ces stations, qui les utilisent et quels sont les problèmes d'ordre technique que rencontrent leurs utilisateurs.
- Juger la compétence des observateurs et l'uniformité dans les méthodes d'observations.

I. ANALYSE DES RESULTATS DE L'ENQUETE

I.1 STATIONS CLASSIQUES

Le nombre de stations objet de l'analyse est de 209, appartenant aux 9 ORMVA et 5 DPA.

I.1.1 INSTRUMENTS DE MESURE

On a recensé 837 instruments agrométéorologiques dont 386 en pannes, ce qui représente un taux de défaillance de 46.11% d'une part. D'autre part, il y a 39 instruments en bon état mais non exploités à cause du manque du matériel consommable tels que les diagrammes, l'encre, le papier buvard, la mousseline...etc. ; ce qui porte le taux de matériels non exploitable à 51%. L'état des instruments météorologiques est donné dans le tableau 1.

Cette diversité des types d'instruments, a pour conséquence de poser le problème de réparation, et d'approvisionnement en pièces de rechanges et en matériel consommable tel que : (bandes et stylets;...). On trouve une multitude d'instrument de tout genre et de toutes les marques ; ceci est du au fait que ces stations sont sous la tutelle de différentes administrations et chacune se procure du matériel sans consulter les spécialistes de la DMN ou de l'IAV Hassan II. Ce matériel est soit acheté localement soit acquis dans le cadre de projet financé par des pays étrangers.

(1) Dr. MS. - Ing. - Maître de Conférences - Institut agronomique et Vétérinaire Hassan II - BP 6202 RABAT Instituts. MAROC.
(2) Ing. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II - BP 6202 RABAT Instituts. MAROC.

Tableau 1 : ETAT DES INSTRUMENTS DE MESURES

ORMVA OU DPA	INSTRUMENTS FONCTIONNELS	INSTRUMENTS DEFAILLANTS	% DE DEFAILLANCE
MOULOUYA	38	37	50
DOUKKALA	40	31	44
HAOUZ	37	34	48
SOUSS MASSA	35	29	45
GHARB	50	29	37
LOUKKOS	09	31	77
OURZAZATE	58	29	33
TADLA	67	39	37
TAFILELT	28	34	55
SETTAT	14	15	52
SAFI	16	16	50
FES	11	14	56
TAOUNATE	18	17	49
MEKNES	30	31	72
TOTAL	451	386	47

I.1.2 ABRI METEOROLOGIQUE

67 % des abris recensés présentent des signes de détérioration, dus en partie à leur ancienneté et à la négligence de leur maintenance. La peinture est rarement refaite. Sur les 55 abris visités seulement 27 sont bien exposés. La présence d'obstacles gênant l'observation est fréquemment rencontrée (32 % des cas). La hauteur d'installation de l'abri est généralement respectée.

I.1.3 L'EMPLACEMENT DES STATIONS

L'emplacement des stations ne répond pas généralement aux normes de l'OMM ou de la FAO. (manque d'espace, d'installation, hauteur non respectée etc.). Parmi les 211 stations visitées, 75 stations sont mal exposées, elles sont soit placées sur terrain en pente ou non plane (24 cas).

I.1.4 HAUTEURS D'INSTALLATION DES INSTRUMENTS

La hauteur d'installation des instruments est très variable. Au sein d'un même organisme, on peut trouver différentes hauteurs d'expositions. Les règles d'exposition des appareils de mesures sont généralement négligées. Il n'y a pas d'uniformité des hauteurs de prise des mesures.

I.1.5 ENTRETIEN ET REPARATION

L'entretien du matériel météorologique est généralement négligé. Les instruments sont souvent sales et mal surveillés. Seul 9% des stations recensés effectue un entretien mais qui reste superflu non correspondant aux normes de l'OMM.

Toutes les stations enquêtées ne disposent pas de pièces de rechanges ou de budget d'entretien. En cas de Panne, on fait appel aux fonctionnaires de la DMN, de l'INRA ou de l'administration de Génie Rural. Ceci entraîne un retard pour la reprise des mesures.

I.1.6 ETALONNAGE

La quasi-totalité des utilisateurs des stations agrométéorologiques des DPA et des ORMVA ignorent ou négligent cet aspect. Dès le premier étalonnage effectué lors de l'installation de l'instrument, un réétalonnage est rarement réalisé par

l'observateur malgré les conseils du fournisseur qui recommande un étalonnage suivant un calendrier bien déterminé. Par contre, les stations destinées à la recherche agronomique (stations de l'INRA, de l'AGR, stations pastorales..) effectuent un étalonnage régulier mais qui reste toujours insuffisant à cause du manque des moyens matériels et humains.

En effet, selon les responsables des stations, l'exécution d'une stratégie planifiée de la maintenance et d'étalonnage des équipements est exposée à des contraintes telles que :

- Manque d'une véritable stratégie de gestion des moyens matériels tels que les pièces de rechange ;
- Non respect des délais par les intervenants rattachés à d'autres services (privés, DMN, AGR, INRA,...) ;
- Les moyens humains et matériels disponibles sur place sont insuffisants.

I.1.7 LES OBSERVATEURS ET LA PRATIQUE D'OBSERVATION

Il ressort de l'enquête menée qu'on n'accorde pas d'importance à la formation des observateurs. En effet parmi les observateurs rencontrés, il y a seulement 21,5 % qui ont reçu des formations préalables dans le domaine de la météorologie. Ces stages se sont déroulés à la météorologie nationale ou dans les établissements de formation des techniciens agricoles sur des périodes allant de quelques semaines à quelques mois. Le reste des observateurs, soit 78,5 % n'ont reçu aucune formation ou ayant reçu des éléments de base sur place. Ils leur ont été transmis, soit par les anciens observateurs ou par les techniciens de leur service. L'observation est considérée comme un travail secondaire et on lui prête peu d'importance.

Sans formation ou avec une formation pratique insuffisante, les erreurs au niveau des lectures vont émerger et se multiplier, des omissions et des négligences vont se sentir au niveau de la pratique d'observation. Pour réussir la collecte des mesures, la compétence et la conscience professionnelle de l'observateur sont deux facteurs essentiels.

Le niveau d'instruction des observateurs est très hétérogène. On trouve des techniciens, des employés de bureau, des gardiens, des saisonniers. Ceux qui ont un degré d'instruction relativement plus élevée, n'ont pas de connaissance en pratique d'observation. Une formation pratique dans le domaine est nécessaire afin de garantir des relevées corrects.

Les observateurs exercent d'autres tâches en parallèle de l'observation. Ces taches sont :

- vulgarisations et prestations (47 %) ;
- taches administratives (15 %) ;
- Garde (19 %) ;
- Comptabilité et la gestion de l'administration tutelle (5%).

I.1.8 FIABILITE DES MESURES

L'information météorologique est considérée comme fiable si l'instrument avec lequel il est mesuré répond aux exigences d'installation (hauteur et règles d'expositions), s'il est fonctionnel et bien entretenu et s'il est étalonné régulièrement.

I.1.9 ACHEMINEMENT DE L'INFORMATION

Une fois les données sont collectées, elles sont transmises aux organismes de tutelle. La transmission est généralement faite par courrier, par radio ou par téléphone. Des erreurs peuvent être induites suites à des pertes de courrier, mauvaises adresses ou mélanges des codes des stations météorologiques. Pour remédier à ce problème, des techniques de contrôle de la qualité des données recueillies connues sous le nom d'homogénéisation sont généralement conseillées. Les responsables des stations négligent cet aspect et se contentent des simples corrections manuellement établies par comparaison des données avec celles des stations les plus proches. En plus, les mesures sont conservées à l'état brut et ne subissent aucun traitement statistique, ce qui rend la tache délicate aux utilisateurs.

Les données collectées sont rassemblées et envoyées chaque mois en temps différé vers d'autres

organismes. La transmission des données de l'organisme gestionnaire de la station vers la DMN et les autorités locales (gendarmerie, MI..) est faite par courrier. La collaboration entre la DMN et les DPA ou les ORMVA est de plus en plus limitée et les conventions d'échanges de données établies au préalable est à revoir du faite de la nouvelle politique de payement de toute information météorologique adopté par DMN. Par contre, les ORMVA et les DPA livrent l'information météorologique gratuitement à l'agriculteur.

Le développement des moyens d'acquisition, de concentration et de traitement des informations parvenant des différentes stations et l'utilisation des moyens de diffusion moderne sont des impératifs pour améliorer la qualité des services rendues.

I.1.10 ARCHIVAGES

Un très grand nombre de données climatologiques existe au sein des organismes enquêtés. Cependant, la variété des types de données et des méthodes physiques de stockage, les nombreux lieux d'implantations et les différentes organisations des données, constituent des obstacles par le fait qu'un temps et des efforts considérables doivent être consacrés par les usagers, chercheurs ou ingénieurs, à l'obtention et l'utilisation des données. En outre, même si les données climatologiques sont correctement archivées et dupliquées, des informations de valeurs risquent d'être perdues par vieillissement, agression d'agents naturels, mauvaise manipulation, ou événements catastrophiques.

Une grande partie des données et des observations datant de plusieurs années, et de nature différente n'est pas sauvegardée. Elle existe sous forme de papiers manuscrits ou de diagrammes sur papiers ou sous forme de papiers de cartes perforées ou sur bandes magnétiques. Elles sont saisies selon les besoins exprimés. D'un autre côté, ces données présentent fréquemment des lacunes dues à l'absence de mesure pour certaines périodes (on trouve parfois plusieurs jours de données manquantes pour une année). Le manque de moyens, de méthodes et de logiciels pour la saisie et le traitement des données, entraîne la non disponibilité d'une information fiable et complète en cas de besoin.

I.1.11 UTILISATEURS DES DONNEES

Les utilisateurs des données climatiques, dont le nombre augmente rapidement sont de plus en plus exigeant sur la qualité des données ainsi que sur leur disponibilité. Les demandeurs d'informations auprès des DPA et des ORMVA sont essentiellement :

- Les autorités locales (gendarmerie, MI..).
- La direction de la Météorologie Nationale.
- Le MAMVA - DPV qui vise la création d'une banque de données pour toutes les stations agrométéorologiques du Maroc.
- Les agriculteurs dont le nombre reste très faible sont de plus en plus conscient de l'intérêt de l'information météorologique.
- Les investisseurs dans le secteur agricole sont toujours demandeurs d'informations météorologiques afin d'éviter les investissements superflus.

La constitution d'une banque de données météorologiques et climatologiques s'avère donc indispensable pour rassembler et homogénéiser les données appartenant à différentes stations de mesure, et pour assurer une bonne gestion et une bonne diffusion de produits fiables vers les utilisateurs.

I.2 STATIONS AUTOMATIQUES

La récente introduction des stations automatiques dans le réseau météorologique Marocain va dans le sens de l'amélioration de nos connaissances sur les particularités du climat des différentes régions. C'est en premier lieu le secteur agricole qui a bénéficié de ce type d'appareils.

I.2.1 MARQUES UTILISEES

Une multitude de marques des stations automatiques est rencontrée. L'ensemble de ces marques recensées offrent des possibilités de mesure répondants aux exigences en intervalle de mesure et de précision. Ces stations ont été acquises dans le cadre de projets de recherche financé par des pays étrangers ou acquis dans le but d'essayer leur fiabilité.

Cet état de chose engendre le problème de comptabilité des capteurs lorsqu'on est amené à les installer sur une autre station de marque différente à celle d'origine. Les capteurs montés sur les stations mesurent généralement :

- La température ;
- L'humidité relative de l'air ;
- Le rayonnement global ;
- La vitesse et la direction du vent ;
- La température du sol ;
- La pression atmosphérique ;
- La pluviométrie.

Le choix des marques n'est pas fait sur la base de critères judicieusement établis au préalable. En effet, les enquêtés justifient leur choix par les réponses suivantes :

- C'est le projet qui a imposé la marque à utiliser ;
- Cette marque est reconnu par sa viabilité et destinée essentiellement pour la recherche ;
- C'est la marque la moins chère ;
- La maintenance et le service après vente sont offerts par le fournisseur.

I.2.2 ETALONNAGE

Les utilisateurs des stations automatiques trouvent beaucoup de difficulté pour l'étalonnage des capteurs. Une telle tache nécessite une formation préalable dans ce domaine afin de manipuler les kits et les liquides de calibrations qui sont livrés avec la station.

Un étalonnage continu selon un calendrier bien déterminé est généralement négligé. Les informations sur la maintenance, la calibration et le service après vente ne sont pas toujours données par le fournisseur.

I.2.3 MAINTENANCE

Seul 40% des utilisateurs des stations ont un contrat de maintenance d'une durée variable d'une année à 5 ans. Dans les autres cas, le matériel a été acquis sans garantie, ni contrat de service après vente. Les fournisseurs stipulent qu'il est plus intéressant de changer carrément les capteurs en cas de panne que de les réparer, vues les charges de réparations qui dépassent le prix d'acquisition du capteur tout neuf.

Certaines stations sont munies d'un programme test permettant une localisation des pannes puis leurs réparations afin que les capteurs reprennent leur fonctionnement normal. La communication et le contrôle de la station peut être fait à distance une fois la station est doté d'une liaison téléphonique.

Un programme d'entretien régulier est nécessaire, contrairement à ce que déclare les constructeurs. Cet entretien consistera en un nettoyage et dépoussiérage des différents parties de la station.

I.2.4 TRANSFERT DES DONNEES

Une fois les mesures enregistrées dans la mémoire de l'unité d'acquisition, celles-ci sont transférés dans une mémoire de masse, permettant la création d'une banque de données.

Les données sont soit mémorisées dans une mémoire RAM interne soit dans une disquette magnétique inter-changeable. Dans le premier cas, Le transfert des données se fait à l'aide d'un ordinateur sur une disquette ou une cartouche. L'interface généralement utilisée entre l'unité d'acquisition et les périphériques est du genre RS 232C. Les bandes magnétiques présentent des inconvénients liés à l'exploitation de ces systèmes, en particulier, le manque de fidélité et les problèmes liés à la relecture. Ceci a pour conséquence d'empêcher l'utilisateur d'accéder à de longues périodes de données.

I.2.5 SOURCE D'ENERGIE

Les sites d'implantations des stations sont dans la plupart des cas isolés. Le choix de la source d'alimentation à mettre en oeuvre est rarement un problème simple.

Les pannes d'alimentation en source d'énergie sont fréquemment rencontrées. Elles causent d'énormes pertes en données météorologiques.

Le type d'alimentation est généralement imposé par le fournisseur. Pour assurer une bonne conduite de la station, il faut avoir une source stable, de charger

les piles avant que leurs tensions descendent au dessous du niveau recommandé.

Il ressort de l'enquête que les utilisateurs rencontrent des problèmes fréquents dus aux piles et batteries. Elles s'épuisent de plus en plus rapidement avec le temps. Les batteries ne se chargent plus comme au départ. On peut mettre en cause la qualité des batteries utilisées.

I.2.6 EXPLOITATIONS DES DONNEES COLLECTEES

Les stations recensées sont munies de programmes qui permettent la lecture, de stockage, la collecte, le transfert des données et la lecture des différentes équations et formules d'analyse, telles que l'évapotranspiration, la somme degrès-jours et autres. Une large gamme de programmes sont offertes par les différentes stations. Ces programmes sont spécifiques aux stations mères et limités dans leurs possibilités, la différence entre eux se situe au niveau de leurs performances de gérer un certain nombre de canaux, de calcul de moyennes, des maximums et d'échantillonnage.

On a constaté que les stations acquises sont généralement équipées de 10 à 20 canaux. Le taux moyen d'exploitation de ces canaux ne dépassent pas 54% (voir tableau 23 et figure 16). Il est certain que cela offre la possibilité de monter d'autres capteurs en cas de besoins , cependant, nous pensons que ce n'est pas dans cet objectif que le choix a été fait mais plutôt par méconnaissance du matériel. Il est à noter aussi que le prix d'achat d'une station est fonction, entre autres, du nombre de canaux.

II. CONCLUSION

L'enquête sur les stations classiques du MAMVA nous a permis de dégager les constatations suivantes :

- Dans 85.7 % des cas, le travail d'observation est confié à un personnel qui n'a pas reçu de formation sur la pratique d'observation. Les pratiques de prise de mesure leur ont été prodigués, soit par des anciens observateurs ou par les techniciens de leur service.
- 63 % des observateurs exercent d'autres tâches que l'observation (taches administratives, vulgarisation,...) et 30 % d'entre eux logent loin de la station.
- L'instrumentation très hétérogène cause le problème de réparation, de pièces de rechange, du matériels consommables (bandes, stylets,..).
- Les missions d'inspection par du personnel spécialisé qui peut révéler les anomalies et faire les changements qui s'imposent sont absentes à cause de manque de moyens humains et matériels.
- L'entretien, l'étalonnage, la réparation et le contrôle des instruments de mesures ne sont pas considérés comme une préoccupation essentielle des observateurs.
- Le taux moyen de fiabilité des mesures prises dans les stations classiques est de 38 %.

L'enquête sur les stations agrométéorologiques automatiques nous a permis de dégager les constatations suivantes :

- L'acquisition des stations ne se fait pas sur la base de critères techniques ou économiques évidents. Généralement, c'est l'organisme responsable du projet qui impose la marque à utiliser.
- Une sous-exploitation des performances de ces stations (taux moyen d'exploitation de 58 %).
- Les problèmes des pièces de rechanges peu disponibles sur le marché local, du service après vente non assuré par le fournisseur, des batteries, de transfert et d'exploitation et de compatibilité des équipements sont fréquemment rencontrés.

IMPORTANCE DE LA PLUVIOMETRIE EN MILIEU ARIDE ET SEMI-ARIDE MAROCAIN

YACOUBI M. et HANCHANE M.(1)

L'importance de la pluviométrie dans les régions arides et semi-arides n'est plus à démontrer vu que l'eau y constitue le facteur limitant de premier ordre. Ainsi, une bonne connaissance de la distribution pluviométrique à la fois dans le temps et dans l'espace, est indispensable pour dégager d'une part les périodes critiques de sécheresse auxquelles les cultures sont exposées et d'autre part les zones favorables et les zones défavorables. Les études entreprises concernant la variabilité spatiale des précipitations ont permis de délimiter le Maroc en trois grandes zones :

- Zone humide : la hauteur annuelle précipitée est supérieure à 300 mm, cette zone est localisée dans le Nord et le Nord-Ouest.
- Zone semi-aride : la pluie annuelle est tantôt supérieure à 300 mm et tantôt inférieure à 300 mm.
- Zone aride : le total pluviométrique annuel est toujours inférieur à 300 mm, dans les régions du Haouz, Cheiadma et le Souss.

A côté de la pluie annuelle totale, la distribution des précipitations au cour de l'année est également déterminante pour l'agriculture. Différents travaux de recherche ont montré l'importance des précipitations printanières et leur impact sur le rendement final. Les pluies de début de saison jouent également un rôle très important du point de vue leur hauteur et leur date d'occurrence. Il parait donc qu'il est nécessaire de comprendre le régime pluviométrique de chaque région pour arriver à dégager ses potentialités agricoles et pour définir les stratégies culturales capables de palier aux risques climatiques.

LA PLUIE : UN INPUT AUX MODELES DE SIMULATION

La pluie constitue l'élément fondamental de tous les processus naturels qui intéressent l'agriculture. De ce fait la modélisation mathématique de ces processus a presque toujours comme input la pluviométrie soit mensuelle, journalière ou même horaire. Deux aspects principaux sont à citer à cet égard :

- Les modèles de croissance et de développement dont l'objectif est d'estimer les potentialités agricoles de chaque région. Cette opération passe par une caractérisation climatique notamment du point de pluviométrique. On citera comme exemple le modale SIMTAG pour le blé et le modèle CERES pour le blé et l'orge.
- Les modèles de conservations des ressources naturelles notamment la conservation du sol: ces modèles calculent l'érosion causée par l'agressivité climatique due aux fortes intensités de pluie, et définissent les techniques culturales capables de diminuer cette érosion. Exemple : le modèle CROPSYST.

PROBLEMES RENCONTRES DANS L'EXPLOITATION DES DONNEES

Tous les chercheurs y compris les modélisateurs sont convaincus que quelque soit le degré de sophistication d'un modèle de simulation, ses résultats restent tributaires de la qualité des données

(1) INRA-SETTAT

entrées notamment les données pluviométriques. Les problèmes les plus fréquemment rencontrés sont :

- Hétérogénéité statistique des mesures des pluies causée soit par le changement du type du pluviomètre ou son déplacement, soit par le changement du lecteur, soit par des erreurs de transcription.
- Discontinuité des mesures : on est souvent confronté aux problèmes des arrêts dans d'historique des données pluviométriques, ce qui entrave leur utilisation.
- Les données pluviométriques dont on dispose sont souvent de courte durée ce qui rend difficile les études d'analyse qui portent sur le moyen et le long terme tel que le choix des stratégies culturales appropriées.

ACTIONS A ENTREPRENDRE ET PERSPECTIVES D'AVENIR

Afin de contourner les problèmes liés à l'exploitation des données pluviométriques, il est nécessaire de développer des outils informatiques de contrôle destinés aux ingénieurs agronomes et aux chercheurs qui exercent dans ce secteur. Nous citerons ici les méthodes déjà existantes en la matière, tout en soulignant le fait qu'il reste un effort de recherche à faire dans ce domaine notamment en relation avec les spécificités de l'agriculture marocaine :

- Pour le contrôle des données il s'agit de s'assurer avant toute utilisation, de l'homogénéité statistique des données, de leur stationnarité ainsi que leur indépendance au cas où une analyse fréquentielle est prévue. A ce titre on peut citer la méthode des doubles cumuls qui reste à informatiser.
- En ce qui concerne les manques dans les séries observées, plusieurs méthodes de comblement ont été développées sous d'autres types de climat. Un travail d'adaptation de ces méthodes reste à faire.
- En ce qui concerne l'extension des séries de courtes durées, un effort de recherche reste à faire pour adapter les modèles de génération des pluies développés aux USA. D'un autre coté, l'association des processus de genèse des pluies aux modèles statistiques de générations des pluies synthétiques, constitue un domaine plein de promesses surtout en cas de coopération étroite entre les chercheurs des différents secteurs concernés.

CONCLUSION

Dans la présente communication nous avons essayé, s'il en est besoin, de montrer l'importance des précipitations, comme paramètre mesuré, pour l'agriculture. Nous avons voulu mettre l'accent sur les problèmes rencontrés par les chercheurs et les ingénieurs agronomes dans l'utilisation des données pluviométriques. Les différents problèmes ont été recensés et les solutions respectives qui sont proposées reposent essentiellement sur des travaux de recherche à développer en association entre les climatologistes d'une part et les agronomes et les hydrologues d'autre part.

STRATEGES HYDRO-AGRICOLES ET CRISES CLIMATIQUES

Par Dr. Chati Mohamed Taoufiq(1)

INTRODUCTION

Dans les zones arides et semi-arides les couverts végétaux ne souffrent par uniquement de l'insuffisance des précipitations mais également de leur irrégularité intra et inter-annuelle. Dans ces zones les périodes pluvieuses ont souvent un début et une fin extrêmement aléatoires; elles peuvent, en outre, connaître des phases plus ou moins longues de sécheresse. Ces conditions ont pour conséquence majeure l'établissement au cours d'une longue période de l'année d'un déficit hydrique chronique résultant du déséquilibre entre deux processus physiques et antagonistes du climat: les précipitations, faibles, et l'évaporation, très importante, due à la demande climatique. Le déficit qui s'établit durant la sécheresse affecte essentiellement les processus physiologiques des plantes et entraîne la dégradation des couvertures végétales et par conséquent de l'activité agricole.

Actuellement, toutes les actions de l'homme ont tendance à développer les techniques qui permettent à l'agriculture de s'affranchir des aléas climatiques (gel, inondations, sécheresse, etc.). Le recours à l'extension de l'irrigation, d'ailleurs non sans lourdes conséquences, en raison de l'importance des investissement que nécessitent la constitution des réserves, le transport et la distribution de l'eau, est justement intervenue pour supprimer et combler ce déficit en alimentation hydrique, satisfaire les besoins en eau des cultures et donc permettre l'accroissement et la régularisation de la production agricole et des revenus des agriculteurs.

Le Maroc par son appartenance au climat méditerranéen est souvent soumis à des conditions d'instabilité créées par des fluctuations météorologiques (précipitations) spatio-temporelles. Le développement de son activité agricole ne pouvait être envisagé sans le recours à l'irrigation. Ainsi, au lendemain de son indépendance, le Maroc a opté pour le développement du secteur de l'irrigation et la mise en place d'une structure administrative chargée de son organisation et sa gestion.

Parfois, Le Maroc connaît des périodes, difficiles et plus ou moins longues. Les précipitations se font rares (sécheresse atmosphérique ou climatique) ou se produisent à des moments de l'année où elles n'ont aucune incidence favorable sur les cultures (sécheresse agricole) : on parle alors de sécheresse. Celle-ci se traduit par des répercussions néfastes sur le niveau de la production et des superficies ensemencées, notamment, à cause de la réduction des ressources en eaux et des dotations en eau d'irrigation accordées aux agriculteurs.

Pour atténuer les effets de la sécheresse, les organismes chargés de la gestion du secteur agricole irrigué prennent des mesures, parfois draconiennes, pour rationner la distribution de l'eau et améliorer l'efficacité des volumes engagés par l'irrigation. Ces mesures qui intéressent également l'agriculteur visent en particulier à l'inciter dans ces conditions de sécheresse, à revoir son assolement, à pratiquer des cultures d'hiver moins consommatrices d'eau, à améliorer les techniques qu'il adopte dans sa parcelle pour apporter l'eau d'irrigation et enfin à éviter son gaspillage en irriguant selon les besoins en eau des cultures, etc.

L'objet de cette note est de donner un bref aperçu sur les effets de la sécheresse qu'à connu le Maroc au cours de la période 1991-1993 dans les périmètres irrigués de grande hydraulique et les mesures préventives et de sauvegarde prises par les

(1) Chercheur au laboratoire Eau-Culture - SERVICE DES EXPERIMENTATIONS, DES ESSAIS ET DE LA FORMALISATION - ADMINISTRATION DU GENIE RURALE - MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA MISE EN VALEUR AGRICOLE.

gestionnaires et les responsables de la gestion des ressources hydrauliques pour faire face à cette situation de crise.

PERIMETRES IRRIGUES EN PERIODE DE SECHERESSE :

impacts et mesures adoptées

Impacts de la sécheresse

On parle de sécheresse lorsque les précipitations se font rares et induisent au cours de la période végétative un déficit hydrique sévère qui entraîne des dommages irréversibles aux couverts végétaux, ou encore lorsque les précipitations se produisent à des moments où elles n'ont aucune incidence favorable sur ceux-ci. Du point de vu météorologique, deux types d'analyse permettent de cerner le phénomène. La première, climatologique, se base sur l'analyse de l'évolution de certains paramètres climatiques (pluviométrie, albédo, évapotranspiration, vitesse et direction du vent, etc.) et sur l'élaboration d'indices appelés indices de sécheresse ou d'aridité (moyenne, écart type, déciles, etc.). La seconde, dynamique, prend en compte toute la couche limite atmosphérique: elle permet d'étudier les caractéristiques et les mouvements des masses d'air liés au concept général de la circulation atmosphérique. Cette analyse se base sur l'établissement de modèles mathématiques faisant intervenir de nombreuses données concernant l'albédo, la couverture végétale, le sol et d'autres que la télédétection permet d'acquérir facilement. Par ailleurs, cette approche régionale qui tient compte également des facteurs géographiques et locaux qui influencent le climat pose le problème d'échelle climatique (régional, local, etc.).

L'analyse des mesures de précipitations effectuées depuis le début de ce siècle dans certaines stations, a révélé que la Maroc a connu des périodes sèches, parfois généralisées, plus ou moins longues d'une ou plusieurs années successives. Ceci a d'ailleurs laisser dire à certains chercheurs qui se sont intéressés au phénomène, que la sécheresse constitue pour le Maroc un mal normal. Cette analyse de la série des hauteurs de précipitations enregistrées a également montré que les sécheresses des périodes 1982-83 et 1991-93 ont été les plus sévères.

La dernière période de sécheresse a été justement marquée par un fort déficit pluviométrique dépassant de loin la normale, surtout au cours de la deuxième année. Les déficits avaient atteint des niveaux variant entre 20 et 63 % au cours de la première année; ils se sont aggravés au cours de la seconde année et atteignirent entre 41 et 56 % par rapport à la normale. Cette sécheresse s'est traduite par un fort manque d'apport d'eau qui a affecté sérieusement à la fois les ressources souterraines et superficielles. Ce déficit a engendré une baisse du débit et même le tarissement de certaines sources d'eau, l'assèchement des puits, la baisse de la productivité des forages et une baisse importante des réserves d'eau dans les barrages. Le déficit dans les barrages avait atteint globalement 50% par rapport à la normale au cours de la première année ; il s'aggrava au cours de la seconde année, et atteignit entre 43 et 95%, soit globalement 70 % par rapport à la normale. Ces déficits d'apports d'eau ont eu pour conséquences : un fort ralentissement du fonctionnement des usines hydroélectriques et évidemment une baisse de la production énergétique ; ils ont entraîné également une forte réduction des volumes d'eau fournis à partir des barrages pour l'usage agricole au cours des deux années de sécheresse, soit respectivement de 11 et 31 % ; le déficit a atteint 40 % dans certains périmètres au cours de la seconde année.

Ce déficit pluviométrique enregistré au cours de ces deux années de sécheresse a donc engendré une pénurie d'eau assez sévère pour les périmètres irrigués de grande hydraulique, voire catastrophique pour certains. Les ORMVA qui administrent ces périmètres ont pris une multitude de mesures, certaines à caractère conjoncturel, liées aux conditions de sécheresse et d'autres, à caractère préventif, visant l'économie d'eau, élaborées depuis plusieurs années, compte tenu de la rareté de cette source précieuse qui est l'eau, pour faire face à toute situation de crise incontrôlable.

MESURES PREVENTIVES POUR L'ECONOMIE D'EAU

Dans le cadre de leur stratégie visant l'économie et l'utilisation rationnelle de l'eau d'irrigation, les ORMVA ont été contraints d'élaborer progressivement, depuis les années quatre vingt, pendant lesquels le Maroc avait connu des sécheresses jugées très sévères, des stratégies auxquels ont été associés d'autres partenaires (AGR, IAV II, organismes internationaux, etc.). Ainsi, des programmes de recherche, d'expérimentations et d'essais, de formation et de vulgarisation, ainsi que des projets d'études et de développement ont été mis en oeuvre. Ceux-ci visaient l'amélioration des performances de l'agriculture irriguée par une meilleure gestion des réseaux de distribution et par l'amélioration de l'application de l'eau par les agriculteurs dans leurs exploitations et leurs parcelles.

EXPERIMENTATIONS D'HYDRAULIQUE AGRICOLE

Si certains ORMVA se sont dotés depuis des années de stations expérimentales d'hydraulique agricole (SEHA) où ils ont mené des essais et des expérimentations dans le domaine de l'hydraulique agricole, d'autres ne l'ont fait que récemment. Actuellement, la plupart des ORMVA disposent d'une ou deux stations, ce qui a permis d'avoir une bonne représentativité des régions climatiques du pays. ces stations sont dotées de lysimètres ou évapotranspiromètres pour estimer la consommation maximale des cultures (ETM) qui constitue la référence sûre pour entamer des essais d'irrigation différenciées (essais de réductions hydriques) sur les principales spéculations (blé, betterave à sucre, coton maïs, etc.) pratiquées dans ces périmètres. Ces essais de réductions hydriques ont permis grâce à l'établissement des courbes de réponse à l'eau des cultures de déterminer les volumes et le nombre d'arrosages optimaux nécessaires à la satisfaction de leurs besoins en eau, en fonction des phases et des stades de développement, des conditions pédoclimatiques, des techniques culturales (dates de semis et de récolte, travaux du sol, fertilisation, etc.), des ressources hydrauliques, etc.

L'objectif recherché par ces essais est de mettre à la disposition des gestionnaires des réseaux de distribution des grands périmètres un outil performant pour le pilotage des irrigations dans des conditions réelles et même d'anticiper sur des situations critiques au moment des crises. L'établissement de calendriers d'arrosages basés sur les résultats obtenus dans une station expérimentale, soumise à un microclimat spécifique, nécessitait le recours à l'extrapolation des résultats pour les appliquer à travers un vaste périmètre qui s'étend sur des milliers d'hectares. Pour cette raison, chaque station expérimentale a été dotée d'un site d'observations météorologiques afin de rechercher d'éventuelles corrélations entre ces paramètres climatologiques et les résultats des essais en matière de besoins en eau des cultures. La recherche de ces corrélations devait permettre la détermination des coefficients culturaux (Kc) et l'établissement de modèles empiriques pouvant servir d'outil adapté pour le pilotage des arrosages et la mise en oeuvre d'une méthode simple pour l'avertissement à l'irrigation dans un périmètre irrigué.

Les recherches et les expérimentations sur l'amélioration de l'efficience de l'utilisation de l'eau d'irrigation par les agriculteurs dans leur exploitation et leurs parcelles ne pouvaient pas être envisagées sans une amélioration de la maîtrise des techniques de distribution et d'adduction de cette eau. Ainsi, des essais ont été menés dans les stations expérimentales et chez les agriculteurs pour évaluer les performances techniques et économiques de nombreuses techniques d'arrosage (aspersion, gravitaire et localisée). Ces essais devaient permettre de faire un choix de techniques plus performantes afin d'entamer des actions de leur diffusion auprès des agriculteurs. A ce sujet, des démonstrations chez les agriculteurs ont été réalisées et ont donné des résultats forts intéressants.

Par ailleurs, les ORMVA ont mis en oeuvre depuis 1986 dans le cadre d'un projet très ambitieux (PAGI), un vaste programme pour l'amélioration des performances du secteur irrigué. Ce projet prévoit d'étendre les efforts d'amélioration envisagés jusqu'à la parcelle en menant les actions suivantes :

- réhabilitation et entretien de l'infrastructure d'irrigation ;

- introduction et diffusion de nouvelles techniques d'irrigation plus performantes ;
- organisation des agriculteurs au sein d'associations d'usagers de l'eau agricole (AUEA) pour les associer aux prises de décisions dans la gestion du périmètre irrigué. A ce propos, de nombreux textes définissant le cadre institutionnel de ces associations ont été promulgués.

MESURES LIEES A LA SECHERESSE

Durant la période de sécheresse de 1991-93, le Maroc a connu une pénurie d'eau très sévère. Les départements chargés de la gestion des ressources hydrauliques se sont mobilisés et ont pris des mesures appropriées pour faire face à cette situation de crise. Ces mesures ont concernés la gestion des retenus des barrages et celles des volumes destinés à l'agriculture.

Ainsi, des programmes de gestion restrictive des retenus des barrages et de priorités ont été adoptées. Ainsi, la priorité consistait à assurer dans les meilleures conditions les besoins en eau potables de la population. Ceci a évidemment nécessité le renforcement des actions de mobilisation de l'eau, de réhabilitation des réseaux de distribution et de sensibilisation auprès des usagers de l'eau. Par ailleurs, il a été décidé que les turbinages pour la production d'énergie dans les barrages devaient être astreints aux lâchés d'eau à usage agricole.

Les restrictions imposées à la fourniture d'eau d'irrigation avaient atteint une moyenne de 50 % pour les grands périmètres. Si les mesures prises pour faire face à cette situation ont varié au cours de la première année d'un périmètre à un autre; elles ont été généralisées durant la seconde année en raison de l'aggravation de la pénurie d'eau.

Les mesures qui ont été adoptées par les ORMVA peuvent être résumées comme suit :

- réduction des superficies emblavées de blé. Dans certains ORMVA le niveau de réduction avait atteint jusqu'à 50% de la superficie normalement consacrée à cette culture. Les restrictions ont été encore plus sévères au cours de la deuxième année lorsque la pratique et l'irrigation des cultures de printemps et d'été, très exigeantes en eau, ont été interdites. Ces cultures ont été pratiquées en bour et en irrigué par les agriculteurs qui disposaient de stations de pompages à partir de la nappe ;
- réduction des irrigations. La priorité a été accordée aux cultures pérennes (luzerne, vergers). Cependant, des volumes de sauvegarde ont été appliqués à d'autres spéculations. Certaines ORMVA comme le Tadla ont procédé à des réductions d'irrigations de certaines cultures (betterave à sucre, céréales, luzerne, etc.) conformément aux résultats expérimentaux obtenus à la station des Ouled-Gnaou. Ceci a par exemple permis de respecter le programme d'ensemencement en cultures sucrières, vue leur importance sur l'activité agro-industrielle, d'une part, et de l'importance de la main d'oeuvre qu'elles emploient aussi bien dans le champ que dans les usines, d'autre part ;
- incitation des agriculteurs à intensifier l'exploitation des eaux souterraines pour irriguer certaines cultures d'été et pour assurer des arrosages d'appoint à d'autres cultures ayant subi des réductions. D'ailleurs le rythme de creusement de puits a fortement augmenté dans les zones des ORMVA au cours de la sécheresse ;
- constitution de comités de vigilance dont les tâches devaient permettre de mener des campagnes de sensibilisation des usagers de l'eau d'irrigation à l'économie d'eau, la surveillance de la distribution de l'eau et le bon fonctionnement des réseaux en déclarant toute anomalie, etc ;
- renforeement et multiplication des opérations d'entretien et de réhabilitation des réseaux d'irrigation pour assurer leur bon fonctionnement etc.

CONCLUSION

L'analyse des séries de mesures pluviométriques disponibles dans certaines stations météorologiques du Maroc ont révélé que toutes les décennie ont connu au moins une sécheresse plus ou moins longue et parfois généralisées, liée au concept général de la circulation atmosphérique. Ce qui a d'ailleurs pousse certains chercheurs à dire que la sécheresse constitue pour le Maroc un mal tout à fait normal.

Les mesures que peut prendre l'homme pour faire face aux situations de crises que la sécheresse engendre ne peuvent évidemment prétendre à un contrôle des mouvements des masses d'air et donc intéresser l'atmosphère. Par contre, celui-ci peut préconiser des mesures préventives ou de sauvegarde pour enrayer les effets de la sécheresse.

En outre, la lutte contre les effets de la sécheresse doit passer par le contrôle des outils qui permettent de définir le phénomène . Il faut donc développer et étendre le réseau national de stations météologiques pour permettre l'observation et le suivi du phénomène, développer les méthodes prévisionnelle du climat et mettre en place des réseaux d'information qui pourraient permettre l'utilisation optimale et en temps réel des informations recueillies.

REFERENCES

- Badraoui. H et al - Sécheresse et gestion de l'eau au Maroc, cas des années 1991-1993.- Eau et développement, Rev Maroc de l'Eau, Spécial sécheresse, n° 16, Dec 1993, pp 45-58.
- Benchekroun. T - Gestion du périmètre du Tadla en période de sécheresse.-, Hommes, terres et eaux, Rev Maroc Scien Agron et Vét, spécial sécheresse, ANAFID, IAV Hassan II, ANPA, ANPPA, vol 13, n° 52/53 Sep - Dec 1983, pp 23-26.
- DMN - Le point sur la sécheresse au Maroc - Eau et développement - Rev Maroc de L'eau, spécial sécheresse, n° 16, Dec 1993, pp 31-39.

المغرب

SCET-MAROC

الشركة المركزية لتجهيز البلاد المغرب

SOCIETE CENTRALE POUR L'EQUIPEMENT DU TERRITOIRE _ MAROC

SCET.MAROC

Societe anonyme au capital de 3 800 000 DH

RABAT Tel (07) 320 22 / 320 23 / 304 49 / 33. 20

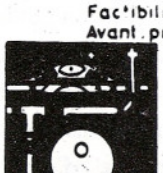
30, Charia Al Alaouyine _RABAT _ Telex n° 3 90 M

Filiale CAISSE DE DEPOT ET DE GESTION (C.D.G)

NIVEAU DES ETUDES

Etude Generales. Plans Directeurs
Faisibilite Avant projet sommaire
Avant projet detaille. Projet d'execution

Dossiers de consultation des entreprises
Controle général des travaux
Ordonnancement, pilotage et coordination



DEPT INFRASTRUCTURES URBAINES

Alimentation en eau potable (Adduction. distribution)
Assainissement. Traitement d'eau potable et usée. Stations de pompages Equipement de lotissements VRD



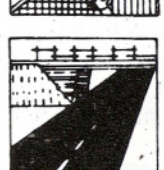
CELLULE URBANISME

Schema. Directeurs d'amenagement et d'urbanisme. Amenagement de quartiers. Etudes de plans masse et de lotissement



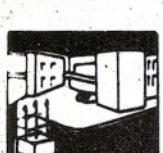
DEPT. DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET RESSOURCES EN EAU

Inventaire des ressources en eau
Pedologie et classement des sols Inventaires culturaux Etudes agroeconomiques. Amenagements hydroagricoles. Barrages collinaires. Ouvrages hydrauliques



CELLULE TRAVAUX PUBLICS ET OUVRAGES D'ART

Etudes routieres routes nouvelles. Confortement et reamenagement routes existantes carrefours ouvrages portuaires et ferroviaires. Ouvrages d'art



DEPT. BATIMENT - BETON ARME

Toutes études batiments tous corps d'etat. Ensembles immobiliers. Complexes. Hotelliers et touristiques. Ensembles Hospitaliers. Ensembles Industriels Programmes. Education Lycees techniques. Facultes E N S



CELLULE INFORMATIQUE

Réalisation et exploitation de logiciels en gestion et calcul scientifique. Mise en place de systemes organisationels et informatiques.

LE CLIMAT ET LES ARBRES FRUITIERS : CONSIDERATIONS THERMIQUES POUR UNE PLANTATION FRUITIERE

Par Dr. EZZAHOUANI Abdelaziz(1)

La température contribue pour une part essentielle à la délimitation des aires de culture des espèces et variétés fruitières. Les caractéristiques thermiques qu'il importe de connaître lors de la création d'un verger sont :

- les valeurs des températures extrêmes les plus basses et les plus élevées et leur répartition dans le temps,
- la durée de la période annuelle favorable à la végétation : moyennes mensuelles et annuelles de température, les écarts annuels et mensuels. Ces renseignements doivent être établis pour une période de longues durées (dix à trente ans)(4).

I. ROLE DES TEMPERATURES EXTREMES INFERIEURES

Dans ce cas, il y a lieu de distinguer deux situations annuelles différentes, le repos de l'arbre et la période de végétation :

I.1 REPOS DE L'ARBRE :

Au cours de la période de croissance active, les plantes sont sensibles au froid. Ainsi, à des températures proches de celles de la congélation, les tissus sont endommagés suite à une cristallisation de l'eau inter-cellulaire voire même intra-cellulaire (8).

Pour échapper aux stress physiologiques et aux conditions climatiques défavorables, les plantes ont adopté des mécanismes d'adaptation. Chez les espèces à feuilles caduques, le mécanisme de repos végétatif en est un. Ce mécanisme permet aux bourgeons de ces espèces de survivre et résister aux conditions climatiques limitantes (8).

La dose de froid qu'exigent les bourgeons pour entamer la période de croissance et développement est connue sous le terme : ''Besoin en froid'' qui est une caractéristique essentielle des espèces ligneuses des régions tempérées. Ce besoin est souvent évalué par une somme de froid, somme de températures inférieures à 7°C (in 5). C'est un élément important pour la compréhension de la répartition géographique des espèces à feuilles caduques. Le besoin en froid varie d'une espèce à une autre (Tab. 1), et d'une variété à l'autre au sein de la même espèce (Tab.2).

Tab 1 : Besoins en froid de quelques espèces fruitières (3)

Espèces	Heures de froid (T° < 7°C) nécessaires pour la levée de la dormance
Pommier	1200 - 1500
Poirier	1200 - 1500
Cerisier	1100 - 1300
Noyer	1200 - 1500
Pêcher	600 - 1200 (200-400)
Abricotier	700 - 1000
Amandier	200 - 500
Figuier	200
Prunier	700 - 1200

Tab 2 : Besoins en froid des différentes variétés de pêcher (in 6)

Besoin en froid	Variétés
faible (moins de 650 heures)	MAYGOLD, SUNGOLD, SPRINGTIME...
moyen (de 650 à 950 heures)	REDHAVEN, CARDINAL, SPRINGGOLD...
élevé (plus de 950 heures)	DIXIRED, MAYFLOWER...

(1) Dépt. Horticulture, I.A.V. Hassan II, Rabat

Ainsi à partir de l'évaluation des besoins en froid et des données climatiques, on peut faire la prévision de la date de levée de dormance et celle de la floraison d'une variété donnée.

Le manque de froid hivernal est rencontré dans les climats à hiver doux. Selon de nombreux auteurs, la non satisfaction des besoins en froid d'un cultivar peut être caractérisée par les symptômes suivants (in 6) :

- une chute des bourgeons floraux et végétatifs,
- une feuillaison faible avec un manque de vigueur des rameaux,
- une floraison tardive,
- des fleurs déformées ayant peu de pollens,
- un calibre et une maturité des fruits très hétérogènes,
- un rendement et une qualité des fruits médiocres.

D'où la nécessité d'établir une carte arboricole nationale déterminant les zones de culture pour différentes espèces et variétés au sein d'une même espèce en relation avec les données climatiques de la région.

I.2. PERIODE DE VEGETATION :

Après la levée de dormance par le froid hivernal, les bourgeons peuvent s'épanouir et fleurir lors d'un réchauffement du temps. Sous un même climat, ce sont donc les variétés à faible besoin en froid qui fleurissent les premières. A partir de ce moment les bourgeons floraux sont susceptibles de subir des dégâts de gel printanier si une nouvelle vague de froid survient causant la destruction plus ou moins complète des fleurs, et des lésions durables sur les jeunes fruits. Les blessures engendrées par l'éclatement des cellules et des tissus consécutif à la formation de glace, constituent aussi une porte d'entrée pour les micro-organismes (1).

Les conditions qui influencent le risque de gel printanier sont multiples (2) :

1- Degré de sensibilité des organes, espèces et variétés : les boutons floraux clos sont plus résistants que les fleurs épanouies; un débourrement retardé réduit notablement le risque de gel ; le cerisier compte parmi les espèces les plus sensibles, le poirier est plus exposé que le pommier car il végète plus tôt.

2- Microclimat : la gélivité d'un lieu est déterminée par sa situation par rapport à une dépression du relief. Il y a drainage de l'air froid vers toute dépression, même faible, ce dernier s'écoule le long des pentes. D'où le danger d'implanter un verger dans un bas-fond.

L'appréciation du risque de gel printanier en se basant sur des micro-climatiques est un impératif catégorique lors de la création d'un verger.

MOYENS DE LUTTE CONTRE LES GELEES :

Certaines méthodes comme la lutte biologique consiste à adapter le matériel végétal aux conditions climatiques locales, d'autres techniques cherchent à modifier le climat ainsi on distingue deux méthodes (7) :

1- Méthodes de lutte passive :

- action sur le sol : le sol est un réservoir calorifique qui s'échauffe grâce au soleil durant la journée. On va donc chercher à améliorer cette accumulation de chaleur et à faciliter sa restitution la nuit. Pour cela on peut améliorer la conductibilité du sol en le maintenant propre et tassé. De même, un sol enherbé est à proscrire car il réduit les transferts de chaleur entre le sol et l'air.
- action sur les cultures : comme l'air froid a tendance à stagner au niveau du sol, on a intérêt à prévoir dans les bas fonds des cultures haute tige qui seront moins exposées à l'action du gel que les cultures naines, ou bien adopter des modes de palissages élevés permettant de disposer le feuillage et les fruits à l'abri de l'air froid.

2- Méthodes actives :

- Protection par chauffage : de nombreux systèmes de chauffage peuvent être utilisés. Ils varient suivant les types de combustibles (propane, fuel, pneus usagers...), et les modèles de chaufferettes (simple bidon, récipient muni de cheminée, système automatisé...). Le nombre de chaufferettes peut varier de 120 à 300 à l'hectare suivant le type, cependant il est plus efficace d'utiliser un nombre important de petits foyers même de rendement médiocre, plutôt qu'une quantité réduite de sources de chaleur de grande puissance.

C'est une technique qui permet de gagner de 4 à 5°. Parmi les inconvénients, il faut citer les quelques brûlures d'organes végétaux observées parfois à proximité des points de chaufferettes, les besoins importants en main d'oeuvre, et enfin la pollution par les fumées.

- Protection par aspersion : elle est basée sur le principe de l'apport de chaleur à partir de la transformation de l'eau en glace, Ainsi, la température des végétaux enrobés de glace se maintiendra au voisinage de 0°C tant que la glace restera humide. Le principal intérêt de ce mode de protection est sa possibilité d'automatisation. Utilisé dans de bonnes conditions, il est possible de gagner 6 à 7 °. Malgré ces avantages, il se produit parfois des chutes importantes de fleurs ou de petits fuits quelque temps après la période de lutte.

II. DANGER DES TEMPERATURES TRES ELEVEES

Ce danger est, en général, assez limité pour les différentes espèces fruitières, sauf lorsque des températures élevées s'additionne souvent d'une sécheresse de l'atmosphère. Ceci provoque des accidents de dessiccation ou grillage surtout des organes verts : feuilles et fruits (4).

Ainsi, on peut conclure que la température peut être considérée comme un facteur limitant le choix de l'agriculteur vis à vis de l'espèce et de la variété à planter. Il est bien évident que la disponibilité des données macro et micro-climatiques (zone, région, plantation), fiables (instrumentation performante et une utilisation conforme aux normes internationales), pour une période de plusieurs années, est d'une importance capitale pour l'orientation du choix de l'agriculteur surtout dans le cas des arbres fruitiers dont la durée de vies en général, dépasse les vingt ans.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1- Bondoux P. 1978. Etude des moyens de lutte contre les gelées. p. 125-151. Journées nationales d'information sur la lutte contre les gelées. Angers - Février. 1978.

2- Boulay H. 1966. Arboriculture et production fruitière. Deuxième édition. Presses Universitaires de France. Paris. 127 p.

3- Childers F.N. 1978. Eight Edition. Modern fruit Science. Horticultural Publications - New Jersey. 969 p.

4- Coutanceau M. 1962 Arboriculture fruitière. Technique et économie des cultures de rosacées fruitières ligneuses. J.B. Ballière et Fils Editeurs. Paris. 575 p.

5- El Moatamid M. 1983. Effet de la défoliation manuelle, de l'acide gibberellique, de la promaline et de la 6-Bensyladenine sur la substitution du besoin en froid et la production du pommier ''Golden Delicious'' dans les conditions du Gharb. Mémoire de fin d'étude de 3ème cycle Agronomie.

6- Lazaar M 1987. Contribution à l'étude du pêcher dans la région de Meknès : Etude du comportement des variétés et porte-greffes. Mémoire de fin d'étude de 3è cycle Agronomie.

7- TABARD P. 1978. Etude des moyens de lutte contre les gelées. p. 125-151. Journées nationales d'information sur la lutte contre les gelées. Angers - Février. 1978.

8- Westwood N. M. 1978. Temperate zone pomology. W.H. Freeman and Company. San Francisco 428 p.

IMPORTANCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES DANS L'APPLICATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Dr K. HOUMY(1)

1. INTRODUCTION

Lors d'un traitement phytosanitaire, un fait dominant caractérise l'organisation du chantier "on ne traite pas quand on veut, mais ... quand on peut" [Flandin, 1983]. En effet, les décisions prises pour réaliser un traitement dans de bonnes conditions, sont très influencées par les conditions climatiques. Contrairement aux réglages du matériel de traitement et la formulation du pesticide utilisée, les conditions climatiques échappent au contrôle humain. L'utilisateur doit subir le temps et s'efforcer de limiter son intervention aux heures pendant lesquelles les conditions climatiques sont favorables.

L'importance des facteurs météorologiques se fait de plus en plus sentir ces dernières années avec les tendances actuelles des traitements phytosanitaires qui s'orientent vers la réduction du volume à l'hectare. Cette réduction s'accompagne d'une utilisation de moyens de pulvérisation permettant d'obtenir des fines gouttelettes très sensibles aux aléas climatiques.

L'objectif de cet article est de montrer l'effet des conditions climatiques sur le déroulement d'un traitement phytosanitaire ainsi que les mesures à prendre pour diminuer cet effet dans le but d'améliorer la précision d'un traitement et de minimiser les pertes des pesticides.

2. EFFET DES FACTEURS METEOROLOGIQUES SUR LA PULVERISATION

Quand on réalise un traitement phytosanitaire, la proportion des quantités de pesticides qui atteind la cible est fortement influencée par les facteurs météorologiques et plus particulièrement le microclimat local. Parmi ces facteurs, on cite principalement la température, le vent, l'humidite relative, la stabilité de l'air, la pluie et la rosée.

2.1. LA TEMPERATURE

La température est parmi les facteurs météorologiques les plus importants qui affecte la pulvérisation. Une température élevée est un facteur d'évaporation des gouttes non négligeable d'autant plus que l'air est sec et la pulvérisation est fine. En effet, les gouttelettes les plus fines sont sensibles à l'évaporation quelle que soit leur nature. Cependant, une bouillie en phase acqueuse sera plus sensible à cette évaporation qu'une bouillie en phase huileuse.

Plusieurs études ont été menées sur les problèmes d'évaporation des gouttelettes en fonction de la température et de l'humidité relative [Amsden, 1962 ; Coutts *et al.*, 1968 ; Johstone, 1971]. Des exemples de résultats donnant la durée de vie et la distance de chute en fonction des dimensions des gouttelettes, la température et l'humidité relative sont donnés au tableau 1. Ainsi, à partir de ce tableau, on constate que, pour certains cas, la gouttelette peut s'évaporer avant même d'arriver au niveau de la cible. Dans le cas où la température est de 30°C et l'humidité relative est de 50%, les gouttelettes de 50 µm de diamètre s'évaporent avant qu'elles n'arrivent à la cible (sachant que la distance de chute est de 0.15 m, inférieure à la distance séparant les buses de la cible dans un pulvérisateur classique).

Il y a lieu de signaler également que les basses températures rendent certaines matières actives inopérantes. En effet, en dessous de 8°C, la végétation vit au ralenti et devient beaucoup moins réceptive aux effets des traitements.

(1) Département de Machinisme Agricole, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Tableau 1 : Durée de vie et distance de chute avant évaporation à des différentes températures et d'humidités [Matthews, 1985]

	Temp. (°C) 20 ΔT (°C) 2.2 RH (%) 80		Temp. (°C) 30 ΔT (°C) 7.7 RH (%) 50	
Diamètre initial de la goutte	Durée de vie (s)	Distance de chute (m)	Durée de vie (s)	Distance de chute (m)
50 µm	14	0.5	4	0.15
100 µm	57	8.5	16	2.4
200 µm	227	136.4	65	39

2.2. LE VENT

La vitesse et la direction du vent sont les paramètres météorologiques les plus évidents. Le vent risque en particulier d'entraîner les fines gouttelettes et de provoquer des dégâts à d'autres plantes, surtout avec des herbicides hormonaux. En général, il est déconseillé de traiter lorsque le vent dépasse des vitesses de 4 à 5 m/s. Si on est obligé de pulvériser par des vitesses légèrement supérieures, il faut travailler avec des gouttelettes plus grosses.

La distance parcourue par une gouttelette sous l'influence du vent est donnée par la formule suivante :

$$S = HU / V$$

H : la hauteur de chute en m
U : la vitesse du vent (m/s)
V : la vitesse de la gouttelette (m/s) qui dépend de ses dimensions

Johstone (1971) a calculé la proportion de dépôts à différentes distances par rapport aux points d'émission pour différents diamètres de gouttelettes et différentes valeurs de UH. A partir de ces calculs, il a été démontré que les gouttelettes dont le diamètre est supérieur à 200 µm sont moins sensibles à l'effet du vent (Johstone, 1971). Par ailleurs, il y a lieu de signaler que la distance parcourue par les gouttelettes est influencée également par le type de végétation ou autres obstacles se trouvant dans leurs trajectoires.

La dérive des gouttelettes, si elle est un inconvénient majeur pour certains traitements, pour les volumes réduits (0.1 à 3 l/ha), elle constitue un des véhicules de transport des dépôts vers leurs objectifs. Ce type de traitement ne permet pas une répartition régulière et c'est pourquoi il est utilisé dans le cas d'une application d'un produit ayant une rémanence suffisante pour que les insectes non touchés au moment de la pulvérisation aient une chance, au cours de leur déplacement, d'entrer en contact avec les gouttelettes de pesticide ou d'en ingérer avec leurs nourritures. Le traitement en dérive est utilisé surtout dans les grandes luttes telle que la lutte anti-acridienne.

2.3. PLUIE ET ROSEE

La pluie et la rosée peuvent être également des facteurs qui empêchent la réussite d'un traitement phytosanitaire. Elles lessivent les feuilles, une partie est redistribuée sur les feuilles inférieures et une autre est éliminée par égouttage. Les pulvérisations BV[1] ou UBV[2] et les bouillies auxquelles on a ajouté un mouillant adhésif résistent mieux au lessivage.

1- Bas volume
2- Ultra bas volume

La quantité de produit retenue sur une plante mouillée est moindre que sur une plante sèche et les dépôts sont plus facilement lessivés par une pluie. Par conséquent il est déconseillé de traiter avant une pluie, à l'exception des herbicides de prélevé vu qu'une faible pluie de l'ordre de 0.5 mm favorise la pénétration du produit dans le sol.

2.4. LA STABILITE DE L'AIR

Si les facteurs cités précédemment sont perceptibles par l'agriculteur, les phénomènes de turbulence de l'air ne le sont pas généralement. L'air au voisinage du sol est normalement plus chaud que les couches supérieures, par suite du refroidissement adiabatique (voir Fig.1) dû à la diminution de la pression lorsque la hauteur augmente et la température diminue de 1°C quand on monte de 100 m ; cet écart est appelé un gradient thermique. On dit alors que les conditions sont stables ou neutres et l'air tend à conserver sa stabilité.

Lorsque l'insolation réchauffe le sol, l'air s'échauffe aussi et se met littéralement à "bouillir" et à s'élever, suscitant un mélange turbulent dans des conditions super-adiabatiques (voir Fig.1). Une pulvérisation émise sous une inversion se concentre en dessous de son point d'émission. Au fur et à mesure que la turbulence augmente dans la journée, un pourcentage de plus en plus important du volume pulvérisé sera affecté par les courants de convection et les dépôts sur la végétation seront de plus en plus faibles et de moins en moins réguliers.

Si la couche d'air à la surface est refroidie par le rayonnement calorique du sol vers le ciel, par l'écoulement d'une masse d'air chaud en altitude ou par l'écoulement d'une masse d'air froid en surface, la couche d'air en surface devient plus froide que les couches supérieures et il y a inversion de température (voir Fig.1). Même avec un vent considérable, la masse d'air peut être extrêmement stable et le mélange vertical sera faible ou nul.

Les divers facteurs descriptifs de conditions météorologiques locales, et qui affectent le comportement d'une pulvérisation, sont rassemblés dans une fonction qui comprend la vitesse du vent et le gradient de température. Cette fonction, appelée rapport de stabilité (RS) [Johstone et al., 1977], a remplacé, en le simplifiant, l'ancien nombre de Richardson :

$$RS = \frac{T2 - T1}{U^2} \times 10^5$$

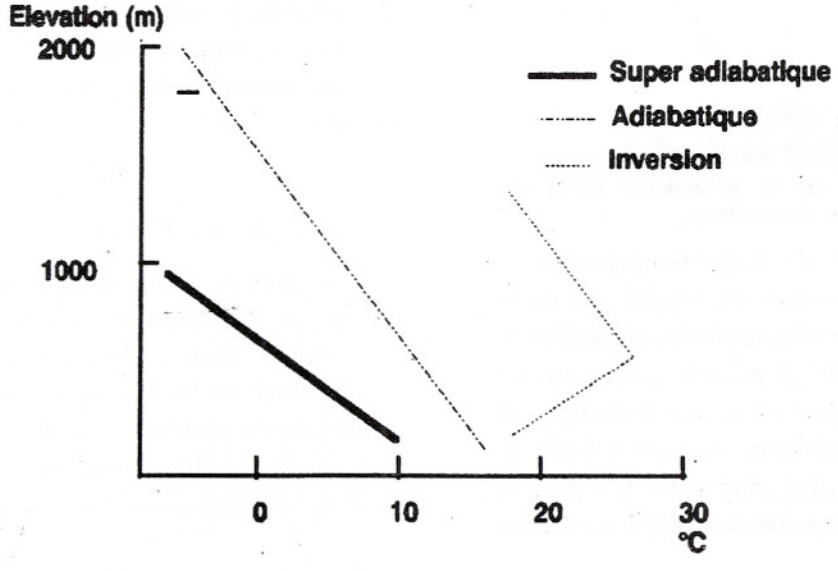


Figure 1. Profil de température [Matthews, 1985]

T1 : température mesurée à 2.5 m ;
T2 : température mesurée à 10 m ;
U : la vitesse du vent mesurée à 5 m.

Un rapport de stabilité RS positif (T2>T1) indique des conditions d'inversion de température se traduisant par une stabilité de l'air. Si RS est négatif, les conditions sont turbulentes et sources de mélange. Lorsque RS est voisin de zéro, les conditions qui règnent sont neutres, c'est à dire que le gradient de température est neutre.

3. POSSIBILITES DE REDUCTION DE L'EFFET DES CONDITIONS CLIMATIQUES SUR L'APPLICATION DES PESTICIDES

Les facteurs météorologiques jouent un rôle très important dans la réussite des traitements phytosanitaires. Parmi les mesures que l'agriculteur peut prendre, on cite l'intervention au moment opportun, le réglage approprié de différents paramètres de pulvérisation et l'utilisation d'un équipement efficace.

3.1. TRAITER AU MOMENT OPPORTUN

Au cours de la journée, on note, en fonction des conditions climatiques, la présence de moments favorables pendant lesquels, l'agriculteur peut intervenir. Ces moments sont représentés dans la figure 2.

Les périodes pendant lesquelles l'agriculteur peut intervenir sont le matin très tôt avant 10 h et le soir à partir de 16 h. Par contre, entre 10 h et 16 h, on note la présence de plus de risque de turbulence de l'air (voir Fig.2). Cependant, il arrive souvent que l'agriculteur se trouve dans l'obligation de traiter pendant des périodes défavorables. Une enquête sur le traitement des agrumes dans la région de Berkane [RAMAH, 1993] a montré que les périodes de traitement dépendent principalement des horaires de travail des ouvriers et de la disponibilité des pulvérisateurs en cas de location.

3.2. PROCEDER A UN REGLAGE APPROPRIE

Au niveau de l'utilisation du matériel de traitement des mesures peuvent être prises pour

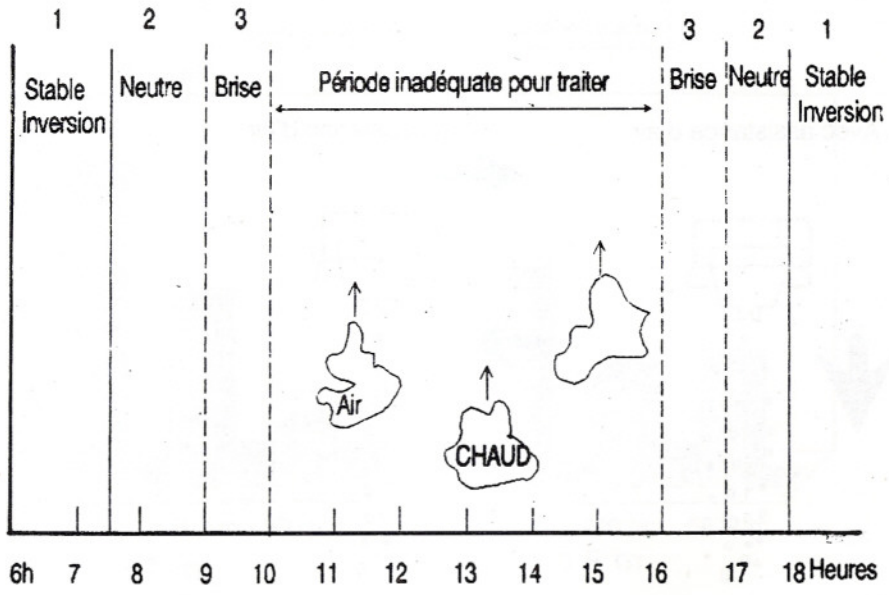
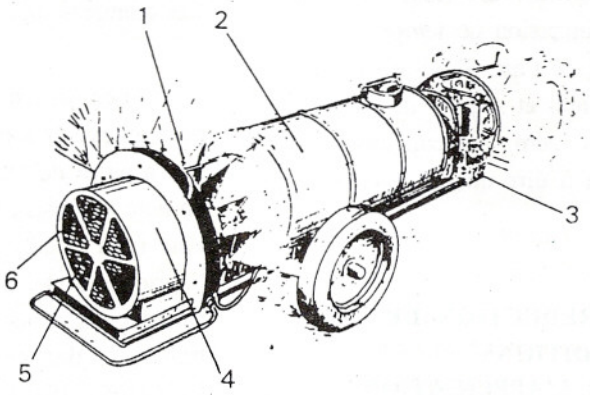


Figure 2. Moments favorables de traitement phytosanitaire au cours de la journée [Castel, 1982]



1. Buses sur rampe fruitière
2. Cuve
3. Pompe
4. Virole
5. Ventilateur hélicoïdal
6. Pavillon d'aspiration

Figure 3. Pulvérisateur à pression liquide à jet porté [C.E.M.A.G.R.E.F., 1982]

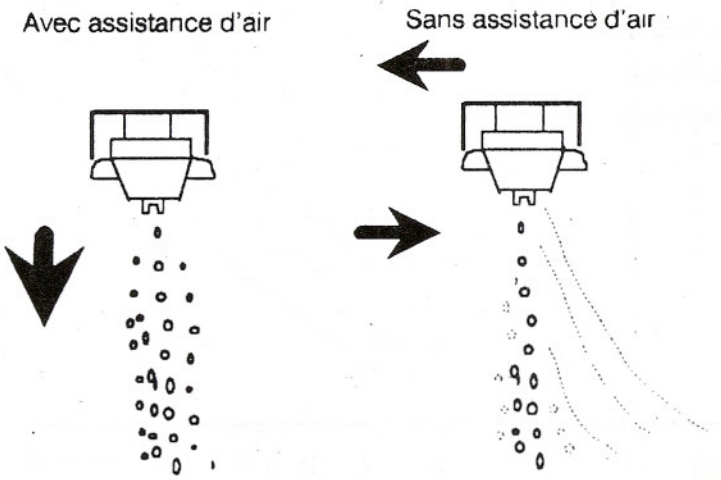


Figure 4. Assistance des gouttelettes par l'air dans une rampe céréalière

diminuer l'effet des conditions climatiques en procédant à des réglages appropriés. Ceci peut se faire par le réglage de la finesse des gouttelettes qui doit se faire en fonction de la température, l'humidité relative et la vitesse du vent. Le réglage de la distance entre le point d'émission des gouttelettes et la cible est aussi une opération efficace. Il y a lieu de signaler également que la formulation du pesticide joue un rôle important. L'utilisation des formulations huileuses contenant un adhésif permet de diminuer d'une manière notoire l'effet des facteurs météorologiques.

3.3. UTILISER UN MATERIEL EFFICACE

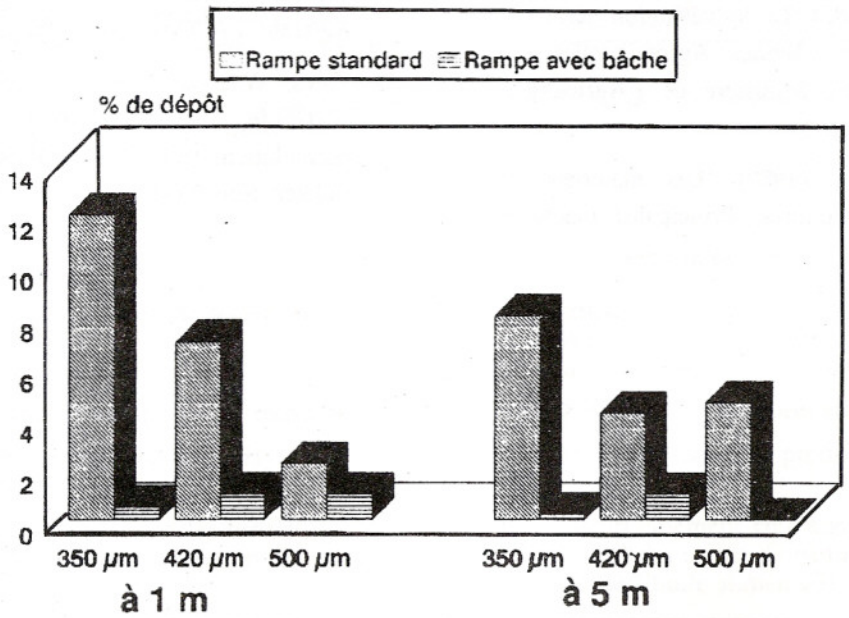
Beaucoup d'efforts ont été déployés ces dernières années pour mettre au point un matériel efficace dont l'utilisation est moins sensible aux facteurs météorologiques. Parmi les techniques utilisées, on cite l'emploi du courant d'air. En effet, ce dernier permet d'améliorer le transport des gouttelettes et de diminuer la dérive.

Cette technique est largement utilisée pour le traitement en arboriculture où la porté du jet est importante et la nécessité d'avoir de fines gouttelettes est primordiale. En effet, les pulvérisateurs à pression liquide à jet porté, appelé aussi atomiseurs, sont les plus adaptés dans le traitement des arbres fruitiers. Ces appareils sont doté d'un ventilateur épousant la rampe de l'appareil (voir Fig.3).

Cette technique de courant d'air a été également introduite dans le traitement des cultures basses (voir Fig.4). A partir des résultats publiés par HARDI, ce système semble améliorer la pénétration des gouttelettes et minimiser la dérive [Hardi, 1988].

Une autre technique qui consiste à couvrir la rampe avec une bâche a été adoptée dans le cadre d'une étude menée par Bouchana et Haddad (1989). D'après les résultats de cette étude, il s'avère que la bâche a réduit d'une manière substantielle la dérive aussi bien à 1 m qu'à 5 m de la zone traitée (voir Fig.5).

Figure 5. Effet d'une bâche sur la réduction de la dérive à 1 m et à 5 m



4. CONCLUSION

Si les données climatiques sont utilisées généralement pour le développement des cultures, leurs importances dans la réussite des pratiques culturales sont aussi non négligeables. Particulièrement pour l'application des pesticides, les facteurs météorologiques jouent un rôle déterminant dans la réussite d'un traitement phytosanitaire. Ces facteurs peuvent également causer des risques de pollution, de phytotoxicité et de toxicité pour l'opérateur. Ainsi, afin de remédier à ces problèmes, des mesures doivent être prises pour sensibiliser les agriculteurs sur l'importance des paramètres climatiques dans le déroulement des traitements phytosanitaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Amsden, R.C. (1962) 'Reducing the evaporation of sprays'. Agric. Aviat 4, 88-93.
2. Bouchana A. Haddad, H. (1989) 'Etude des possibilités d'amélioration des techniques d'application des produits phytosanitaires dans une rampe céréalière', Travail de fin d'étude, Département de Machinisme Agricole, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 90 pp.
3. Castel J.M., (1982) 'La pulvérisation aérienne' Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes, Ministère de l'Agriculture, Montpellier, 41 pp.
4. C.E.M.A.G.R.E.F. (1982) 'Les matériels de protection des cultures, Principales machines agricoles de culture et de récolte', Livre du Maître (Tome II), 500 pp.
5. Coutts, H. H. (1968) 'Analysis of spray droplet distribution from agricultural aircraft', Trans. Am. Soc. agric. Engrs, 11,25-7.
6. Flandin, P., (1983) 'Matériel et techniques de traitement. Bilan des moyens actuels . Evolution en vue', Motorisation et techniques agricole, 50, 273 pp.
7. Hardi (1988), Hardi Twin System. Copenhagen, 10 pp.
8. Johstone D.R. (1971) 'Droplet size for low and ultra low volume spraying', Cott Gr. Rev. 48, 218-33.
9. Johstone, D.R. and Johstone K. A. (1977)' Arial spraying of cotton in Swaziland', PANS, 23,13-26.
10. Matthews; G. A. (1985), Pesticide Application Methods, Logaman, London and New York. 335 pp.
11. RAMAH M. (1993) 'Etude des possibilités d'amélioration des techniques de traitements phytosanitaires des agrumes au Maroc', Travail de fin d'étude. Département de Machinisme Agricole. I.A.V. Hassan II. 96 pp.
12. Yates, W.E. et Akson N.B.(1973) 'Reducing pesticide Chemical Drift'. In Pesticide Formulations (Ed. W. Van Valkenburg). Marcel Dekker, New York.

MODELE DE PREDICTION DE L'ENVIRONNEMENT DANS UNE SERRE

Pr. A. BEKKAOUI(1)

INTRODUCTION

L'environnement des plantes dans une serre est défini par un ensemble de variables qui dépendent de plusieurs processus physico-chimiques, et il est de grand intérêt d'atteindre une meilleure compréhension de cette dépendance dans le but de lier les conditions intérieures de la serre, à celles qui existent à l'extérieur.

D'un point de vue économique, il est préférable de modifier l'environnement de la serre face aux changements des conditions climatiques extérieures. Par conséquent, il est essentiel d'étudier l'influence des facteurs de l'environnement extérieur sur les conditions de celui de l'intérieur. Dans cet objectif et afin de prédire les conditions de croissance de la plante comme étant une fonction des variables climatiques externes, le développement d'un modèle dynamique s'avère nécessaire et indispensable. Ainsi, le but de la présente étude est de développer un tel modèle pour acquérir une meilleure optimisation de la réponse de croissance, quantifier les différents échanges de chaleur et de masse, prédire temporellement et spatialement le microclimat d'une serre avec végétation.

Les application de ce modèle sont nombreuses. Il peut bien introduire les calculs des besoins de chaleur et de ventilation, les besoins en eau de la plante, l'évolution des différents mécanismes de contrôle et le test de nombreux algorithmes de contrôle.

1. ETUDE THEORIQUE DU MODELE

1.1 LES OBJECTIFS DU MODELE

Le présent modèle a donc pour objectifs :

1° la description interne d'une serre en caractérisant :

- d'une part les paramètres physiques dont dépendent la vie et la croissance des plantes (température, hygrométrie, rayonnement solaire intérieur à la serre),
- d'autre part les effets thermiques ou hydriques introduits par les équipements destinés à créer ce climat (chauffage, ombrage, ventilation).

2° la simulation du climat intérieur d'une serre, pour :

- vérifier s'il permet une bonne croissance de la plante,
- quantifier les déficits hydriques de la plante et évaluer ses besoins en eau,
- calculer et optimiser les dépenses liées à la création de ce climat artificiel.

1.2 CONSTRUCTION DU MODELE

Le modèle devrait évaluer les pertes et gains thermiques de la plante et des différents constituants de la serre. Celle-ci est séparée du milieu extérieur par sa couverture qui constitue ainsi la limite entre la zone extérieure et la zone intérieure du "système serre". Le milieu extérieur est caractérisé par les conditions

(1) Professeur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II - Rabat.

climatiques extérieures (température, humidité relative, rayonnements solaire et thermique, vitesse du vent...), ainsi que par la température des couches profondes du sol.

Le système serre est un système multi-couches, lesquelles sont considérés comme homogènes dans tout le plan horizontal. Cette hypothèse conduit à l'élaboration d'un modèle quasi uni- dimensionnel.

Le système serre est caractérisé par la géométrie et les caractéristiques physiques (optiques, thermiques,...) de ses différents constituants.

La méthode des bilans thermiques est utilisée pour construire le modèle. Pour chaque composant, il faudrait évaluer ses gains ses pertes et écrire l'égalité suivante :

Gains - Pertes + variation de Stock = 0

Le modèle à développer est présenté à la figure [I-1]. L'étude portera plus particulièrement sur le modèle simplifié.

Figure 1-2

1.3 NATURE ET ANALYSE DES PHENOMENES D'ECHANGES ENERGETIQUES

INTRODUCTION

Chacun sait que la chaleur peut se propager selon trois mécanismes différents : la conduction, la convention et la radiation. Ces trois modes d'échange thermique se rencontrent dans une serre entre les différents milieu qui la constituent.

Nous sommes donc conduit à analyser les transferts thermiques et hydriques de la serre avec les phénomènes suivants :

1.3.1 LE PHENOMENE DE CONDUCTION

La conduction est un transfert de chaleur à travers un milieu matériel sans mouvement interne et sans intervention du rayonnement.

Le transfert de chaleur dans le sol (vers la profondeur) est supposé être seulement dans la

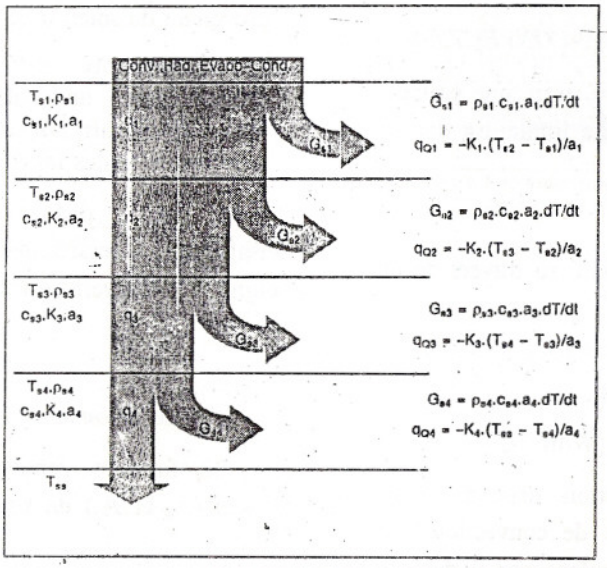


Figure I-2 Représentation des flux conductifs dans le sol et de leur sens conventionnellement positif.

direction verticale. Le flux de chaleur au travers d'une tranche d'épaisseur infinitésimale dz située à la profondeur z est proportionnel au gradient vertical de température :

$q_Q(z) = - Kz.dT/dz$

$q_Q(z)$ = la densité de flux conductif dans le sol au travers d'une surface située à la profondeur z [W/m²].

dT = l'écart de température entre les profondeurs (z+dz) et z. [°C].

Kz = le coefficient de conductivité thermique du sol [W/m/°C]

dz = l'épaisseur infinitésimale de la tranche [m]

Par ailleurs, ce flux de chaleur migrant d'une profondeur de sol à l'autre, peut être l'objet d'un stockage ou d'une restitution sous forme de chaleur sensible dans la masse de sol comprise entre les deux profondeurs :

$G_s(Z) = \rho_s.c_s.\Delta_z.dT/dt$

$G_s(z)$= le flux conductif stocké (+) ou restitué

(-) par le sol à la profondeur z.; [W/m²]

ρ_s = masse volumique du sol [kg/m³]

c_s = chaleur spécifique massique du sol [J/kg/°C]

1.3.2 LE PHENOMENE DE CONVECTION

Le flux de chaleur convectif entre une surface et un fluide au travers d'une couche limite, est donné par :

$q_k = h_k (Tsurf - Tair)$

q_K = la densité de flux convectif au travers de la surface S [W/m2]

Tsurf = température de la surface [°C]

Tair = température de l'air [°C]

h_k = coefficient de convection [W/m²/°C]

Le coefficient de convection dépend de la nature de la surface et du type de convection. Sa détermination est en général complexe car il dépend sensiblement du mouvement de l'air, en particulier de la vitesse de l'air au niveau de la surface considérée.

Nous envisagerons successivement les phénomènes convectifs dans la serre, entre :

- la couverture(c) et l'air extérieur(e); qKce
- l'air intérieur(i) et la couverture(c); qKci
- la végétation (v) et l'air intérieur(i); qKvi
- le sol(s) et l'air intérieur(i); qKsi

1.3.3 LE PHENOMENE DE RAYONNEMENT

Bien que rayonnement solaire et rayonnement thermique soient fondamentalement de même nature, (ondes électromagnétique), leurs interactions avec l'environnement obéissent à des lois différentes et nécessitent des traitements séparés.

a- Le rayonnement solaire

De jour, le flux solaire est le seul terme constamment positif dans le bilan énergétique.

Pour traiter le problème du rayonnement solaire, on peut séparer le rayonnement global Sg, en deux composantes (diffuse et directe) :

- la composante directe SD, qui provient directement du soleil (donc de la direction du soleil); elle est donnée par :

$S_D(i) = S_D.\cos i$

i étant l'angle d'incidence i d'un rayon lumineux provenant du soleil avec la normale à la paroi,

la composante diffuse Sd, qui provient indirectement du soleil après diffusion par l'atmosphère (air, nuage). Cette composante diffuse provient de toutes les directions.

A partir des ces considérations, nous envisagerons successivement la densité de flux solaire atteignant: la couverture (c), la végétation (v) et le sol 1 (s1).

b- Le rayonnement thermique

La formule générale d'échange entre deux surfaces (A_1 et A_2) de superficies différentes, est du type

$qR = \sigma.f(\varepsilon 1, \varepsilon 2, A1/A2).(T_1^4 - T_2^4)$

qR = densité du flux radiatif entre les deux surfaces(A1 et A2), [W/m²] .

σ = la constante de Stefan-Boltzmann = $5.67\ 10^{-8}$ [W/m²/°K-4]

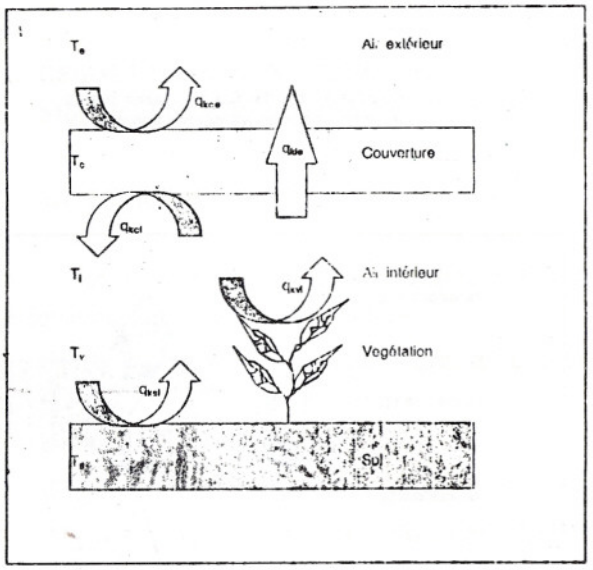


Figure I–3: Représentation des flux convectifs et de leur sens conventionnellement positif.

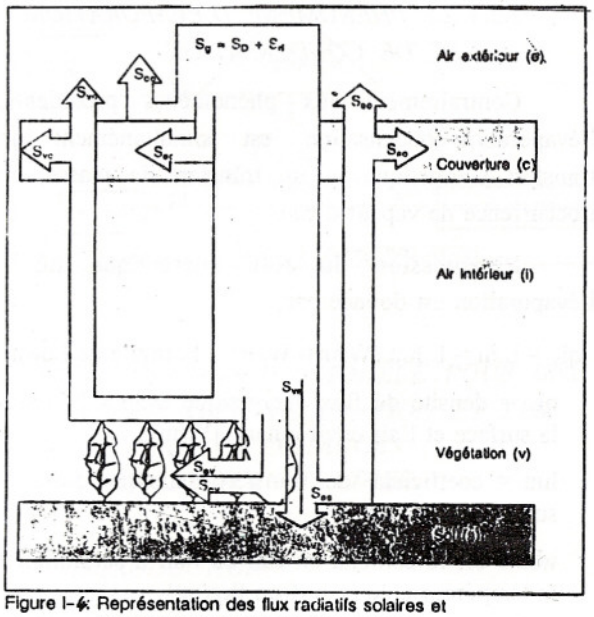


Figure I–4: Représentation des flux radiatifs solaires et de leur sens conventionnellement positif.

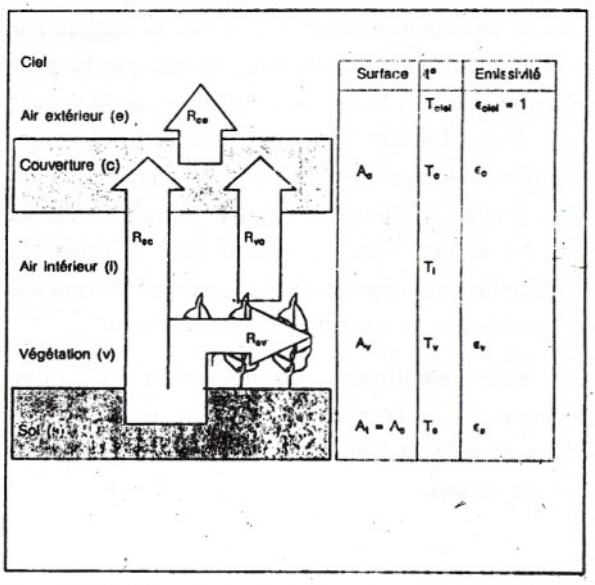


Figure I–5: Représentation des flux radiatifs thermiques et de leur sens conventionnellement positif.

ε1 = émissivité du corps 1

ε2 = émissivité du corps 2

f(1, 2, Al/A2) = le coefficient qui tient compte des émissivités et des aires des deux surfaces.

T1 et T2 = températures absolues des surfaces [°K]

Les échanges thermiques par rayonnement s'effectuent entre :

- le ciel et la couverture,
- le sol et la couverture,
- le sol et la végétation,
- la végétation et la couverture.

1.3.4 LE PHENOMENE D'EVAPORATION ET DE CONDENSATION

Contrairement aux phénomènes précédents, l'évaporation-condensation est simultanément un transfert énergétique et un transfert de masse, en l'occurrence de vapeur d'eau.

L'expression du flux énergétique dû à l'évaporation est donnée par :

qL = L.m = L.hm.(Wsurf- Wair) Formule de Lewis

qL = densité du flux énergétique évaporatif entre la surface et l'air environnant, [W/m²]

hm = coefficient de transfert massique entre la surface et l'air

wsurf est le contenu en eau de l'air à saturation à la température de la surface [kg/m³)

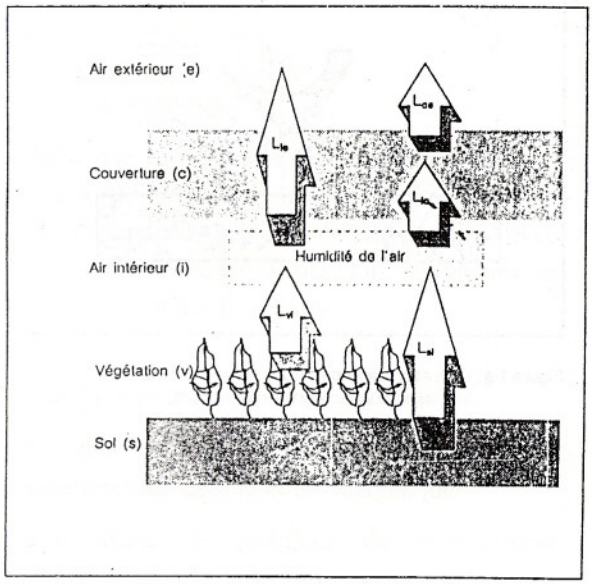
wair est le contenu en eau de l'air [kg/m³]

L = chaleur latente de vaporisation (ou de condensation) de l'eau.

A partir des ces considérations, nous envisagerons successivement les échanges de chaleur latente entre :

- la couverture et l'air extérieur ; qLce
- la végétation et l'air intérieur ; qLvi
- l'air intérieur et la couverture ; qLic
- le sol et l'air intérieur ; qLsi
- l'air intérieur et l'air extérieur ; qLie

Figure 1-6 : Représentation des flux de chaleur latente et de leur sens conventionnellement positif



1.4 BILAN ÉNERGETIQUE DES CONSTITUANTS DE LA SERRE

Les 7 couches constituant le modèle serre, échangent entre elles et le milieu extérieur, à la fois de l'énergie par conduction, convention, rayonnement solaire et rayonnement thermique, et de la matière par évaporation-condensation De plus, chaque couche peut stocker ou libérer à la fois de l'énergie et de la vapeur d'eau. Sous l'action de ces échanges, émission, absorption, stockage ou libération, la température de chaque couche et l'humidité relative de l'air varient au cours du temps. Ceci se traduit par 8 équations différentielles qui explicitent les échanges thermiques des 7 couches et de l'échange de masse d'eau.

Nous établirons successivement le bilan thermique de la couverture, de l'air intérieur, des couches de sol (1-2-3 et 4), de la végétation et le bilan massique en eau.

2. RESOLUTION NUMERIQUE ET SIMULATION DU MODELE

2.1 INTRODUCTION

Le problème consiste à résoudre le système d'équations différentielles suivant :

$dT_c/dt = f1\ (qKic, qKce, qLic, qLce, qRsc, qRvc, qSc)$

$dT_i/dt = f2\ (qKsi, qKvi, qKic, qKie)$

$dT_V/dt = f3\ (qKvi, qLvi, qRvc, qRve, qRsv, qSv)$

$dT_{S1}/dt = f4\ (qKsi, qLsi, qRsc, qRsv, qSs, qQs1s2)$

$dT_{S2}/dt = f5\ (qQs1s2, qQs2s3)$

$dT_{S3}/dt = f6\ (qQs2s3, qQs3s4)$

$dT_{S4}/dt = f7\ (qQs3s4, qQs4sp)$

$dw_i/dt = f8\ (qLvi, qLsi, qLie, qLic)$

Dans ce système des équations différentielles, les conditions initiales correspondent aux mesures des températures et des contenus en eau du système serre à l'instant t = 0. Les conditions aux limites sont fixées par les caractéristiques du milieu extérieur et par celles du système serre.

Le système à résoudre est un système d'équations différentielles du premier ordre du type :

$$dYi / dt = Yi' = fi[t, Y1(t), Y2(t), ..., Y8(t)]$$

Nous cherchons à déterminer les valeurs $Yi(t0 + \Delta t)$ pour i variant de 1 à 8, où Δt est un accroissement de la variable indépendante t qui, dans notre cas, sera le temps.

L'algorithme adopté étant celui de Runge-Kutta qui est basé sur un développement en série de Taylor des fonctions Yi permettant de calculer, à partir du point initial (to,Yo), les coordonnées du point (t1,Y1) avec $t1 = t0 + \Delta t$, puis de ($t2 = t1 + \Delta t$, Y2) et ainsi de suite.

L'organigramme général de la simulation sur ordinateur est donné par la figure [II-l].

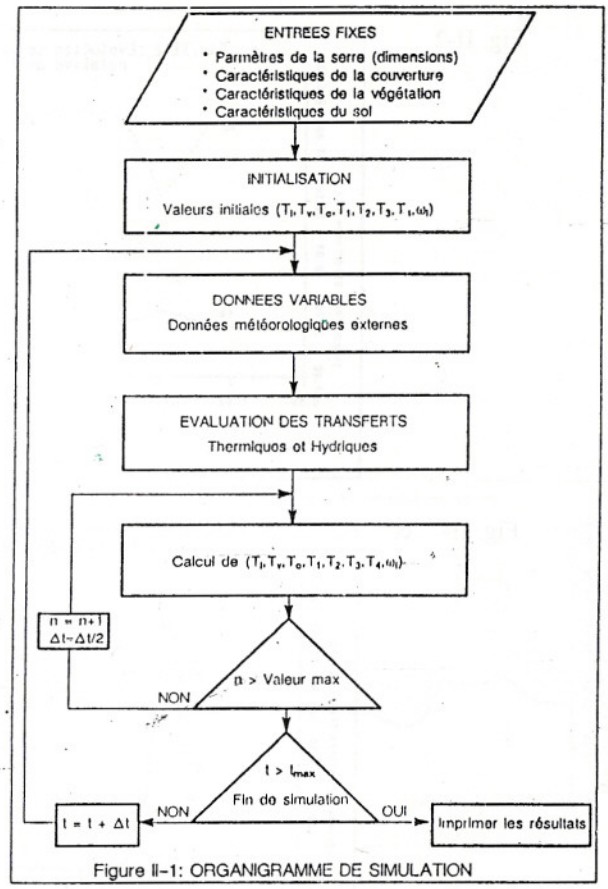


Figure II-1: ORGANIGRAMME DE SIMULATION

2.2 SIMULATION DU MODELE POUR UNE SERRE AVEC VEGETATION ET LES DIFFERENTS ECHANGES ENERGETIQUES ETUDIES

INTRODUCTION

L'étude porte sur l'évolution des températures du ''système serre'' dont les composants sont : la couverture (en plastique), l'air intérieur, la végétation et les quatre couches de sol sous-jacentes.

Les différents phénomènes, conductifs, convectifs, évaporatifs et radiatifs (thermiques et solaires) sont tous pris en considération.

Les figure [II-2] et [II-3] reprennent les données climatiques extérieures.

Fig. II-2

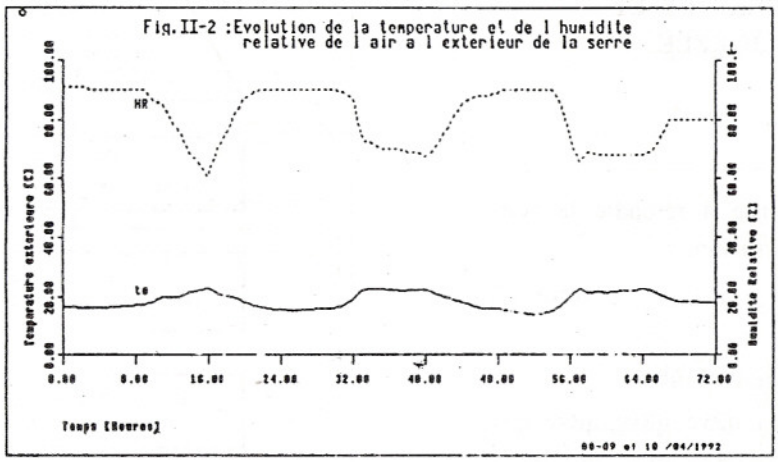
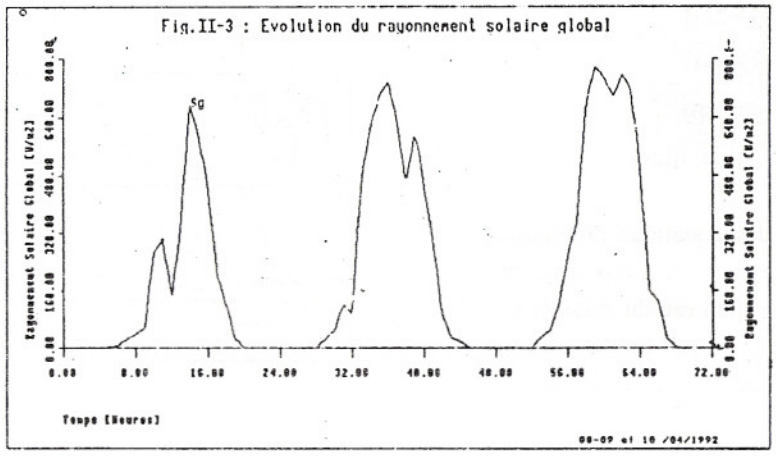


Fig. II- et



2.2.1 EVOLUTION DES TEMPERATURES

La figure [II-4] reprend l'évolution de la température du sol. Celle-ci est caractérisée par des maxima, correspondant aux périodes d'ensoleillement les plus intenses et sont séparés par de légères baisses correspondant à des passages nuageux. Les températures des couches sous-jacentes subissent un nivellement décroissant et un déphasage croissant avec la profondeur.

La figure [II-5] montre l'évolution des températures de la couverture de l'air intérieur, de la végétation et de la surface du sol. Ces courbes sont significatives de l'évolution des différentes températures qui réagissent de façon similaire aux conditions climatiques.

De par son inertie, l'évolution de la température de la première couche de sol a une amplitude moindre et légèrement déphasée par rapport aux autres températures.

2.2.2 L'EVOLUTION DES FLUX DE CHALEUR

Les figures [II-6], [II-7], montrent respectivement l'évolution des flux se rapportant à la première couche de sol et à la végétation.

La figure [II-6], se rapportant à la première couche de sol, montre l'importance des flux solaire absorbé (Ss) et conductif (q1) prédominants.

Pour ce qui est de la végétation, figure [II-7], on peut y noter l'importance du flux solaire absorbé (Sv) ainsi que celle du flux évaporatif (qLvi).

CONCLUSION

Les équations différentielles ont été établies et résolues pour le cas d'une serre, en présence de la végétation et les différents échanges de masse.

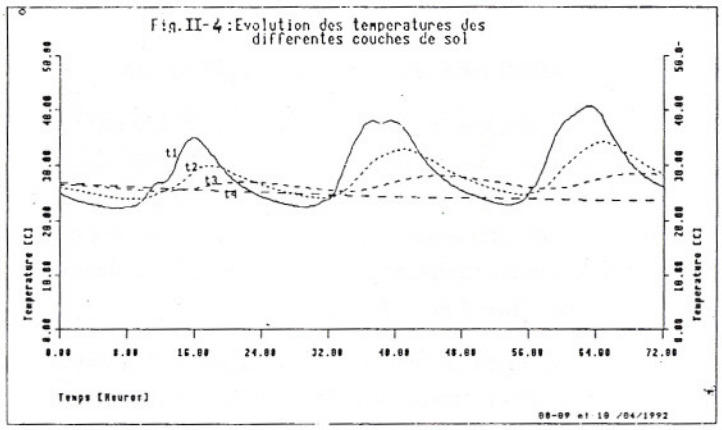


Fig.II-4 :Evolution des temperatures des differentes couches de sol

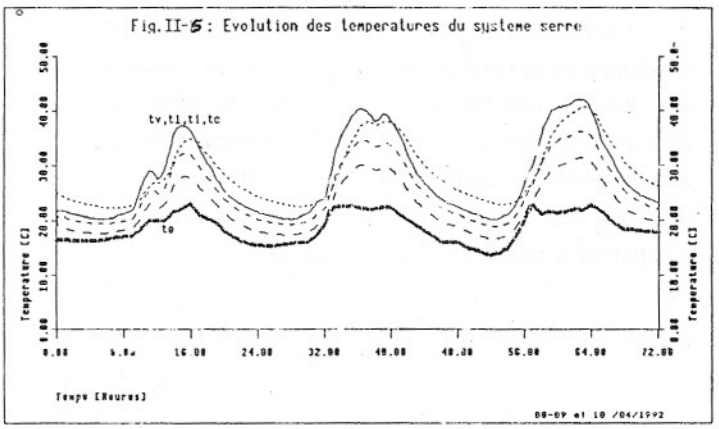


Fig.II-5 : Evolution des temperatures du systeme serre

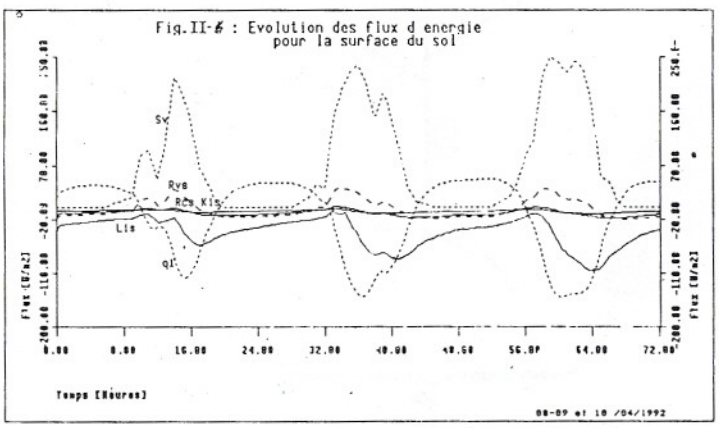


Fig.II-6 : Evolution des flux d energie pour la surface du sol

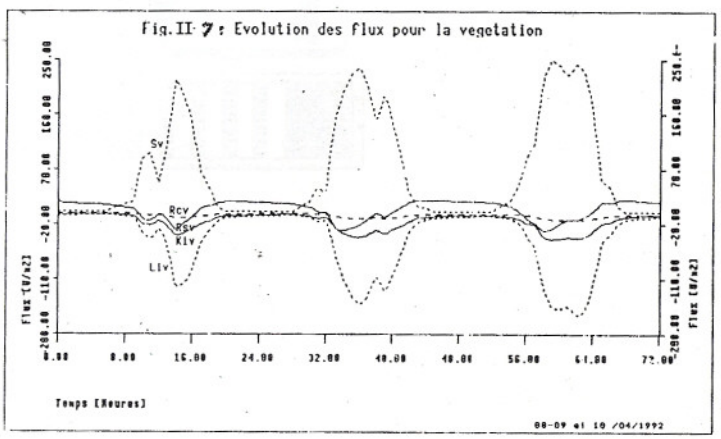


Fig.II-7 : Evolution des flux pour la vegetation

Le modèle est très sensible aux variations du climat extérieur.

Les résultats des simulations montrent que l'évolution des températures calculées, ainsi que celle de l'humidité relative de l'air intérieur, sont semblables à la réaction théorique.

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

3.1 INTRODUCTION

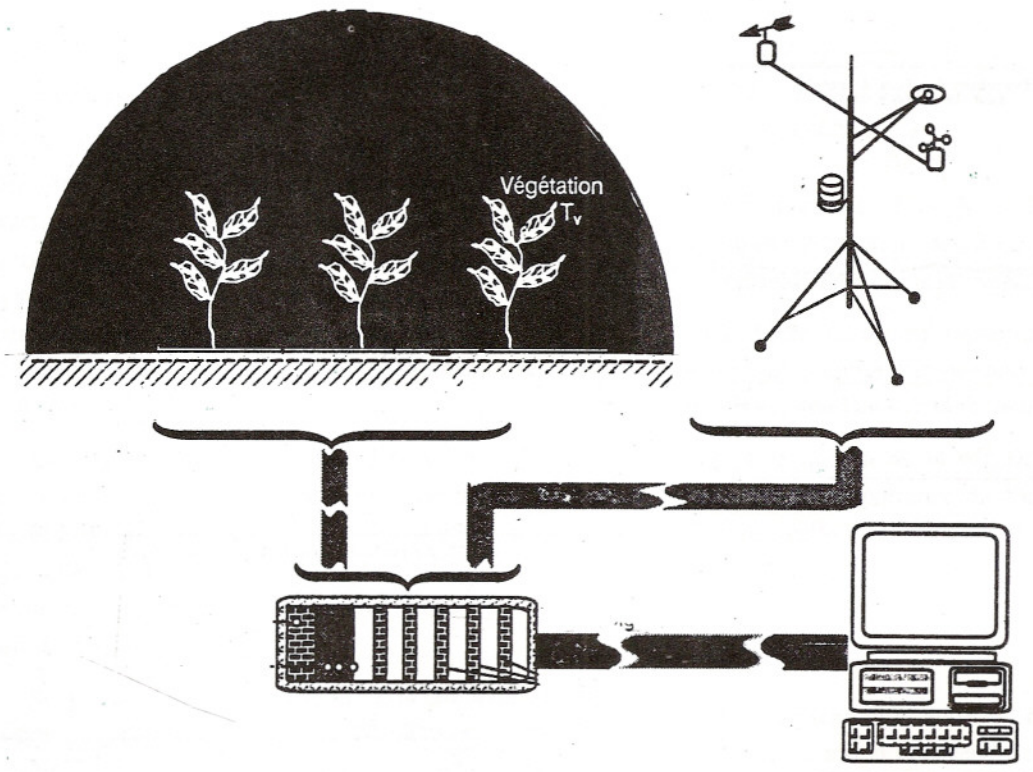
L'évaluation des performances du modèle développé et la vérification de ses prédictions, exigent des mesures précises de la température et l'humidité de l'air intérieur, la température de la couverture, les températures des surfaces de la feuille de la plante et du sol. Les valeurs de ces mesures seront ainsi comparées à celles obtenues par calcul.

3.2 MESURES ET INSTRUMENTATION

L'équipement expérimental destiné à effectuer les mesures pour tester le modèle est composé d'une serre en plastique équipée des différents dispositifs de mesure de précision, d'une station météorologique pour le climat extérieur et d'une chaîne d'acquisition de données liée à un ordinateur.

Les données sont traitées, recueillies et stockées sur ordinateur toutes les 15 minutes. Nous avons constaté que quatre mesures par heure reflètent bien l'évolution de chaque variable dans le temps. Pour la direction et la vitesse du vent les mesures sont instantanées.

Les mesures des variables de l'environnement à l'intérieur de le serre ainsi que celles des conditions climatiques extérieures ont été effectuées suivant le schéma de la figure [III-1].



3.3 RESULTATS POUR UNE SERRE SIMPLE PAROI (EN POLYETHYLENE)

La confrontation graphique de l'évolution des variables mesurées et simulées dans le temps, nous permet ainsi de juger la qualité du modèle, les écarts qu'il présente et les limites de son utilisation.

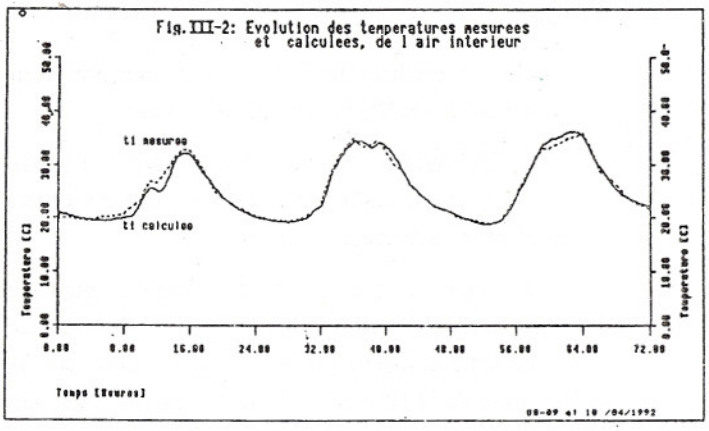
Nous considérons les résultats des paramètres mesurés et simulés durant la période du 08 au 10 avril 1992, pour mener le test du modèle sur une serre simple paroi et sans apport de chauffage.

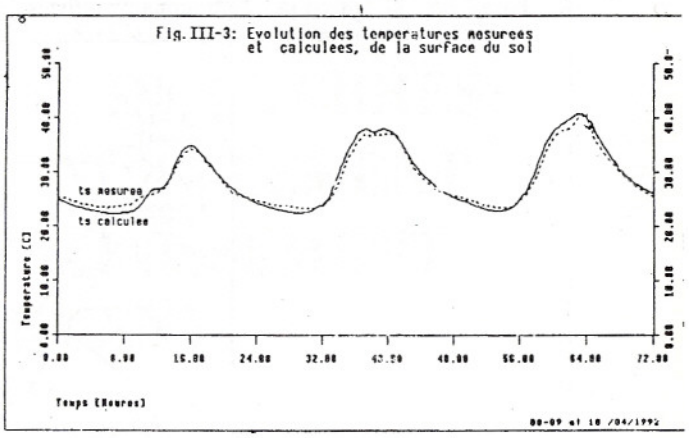
Les données climatiques extérieures sont déjà présentées par les figures [II-2] et [II-3].

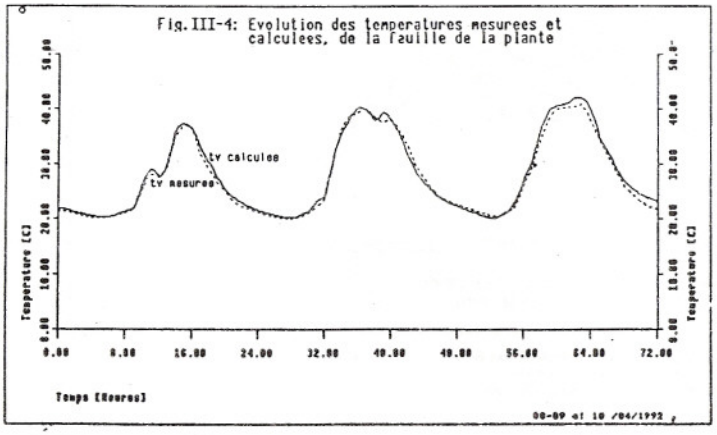
L'ajustement du modèle est réalisé en plusieures étapes et les résultats présentés avec des écarts relativement très faibles, sont obtenus après plusieures simulations répétées pour chaque paramètre étudié.

Les comparaisons des résultats sont reprises respectivement, à la figure [III-2] pour l'air intérieur de la serre, à la figure [III-3] pour la première couche du sol et à la figure [III-4] pour la feuille de la végétation.

On peut constater que, les différences moyennes et maximales entre les températures mesurées et calculées sont respectivement de 0.7 et







1.5°C pour l'air intérieur, 0.8 et 1.6°C pour le sol et 0.9 et 1.8°C pour la feuille de la plante.

3.4 CONCLUSION

Le modèle mathématique de prédiction développé est vérifié par comparaison des valeurs des variables mesurées et simulées. Les écarts maximums des erreurs de prédiction du modèle, par rapport à la mesure, restent toujours très faibles.

Le modèle est programmé pour calculer les valeurs des variables climatiques intérieures à tout intervalle de temps et permet aussi d'évaluer les différents échanges de chaleur (thermiques et hydriques) dans la serre. Ces paramètres sont indiqués schématiquement sur la figure [III-5] avec leurs grandeurs au temps spécifique qui permet le concept d'importance de chaque facteur.

4. CONCLUSION

Le modèle développé est basé sur les principes de base de la physique, largement utilisés en climatologie et en météorologie. Sa simulation sur ordinateur nous a permis de mettre en évidence l'impact et l'importante influence du microclimat sur le microclimat de la serre. Il permet d'évaluer quantitativement les processus de transfert d'énergie et de masse de la plante, les processus d'échange entre l'air et les éléments de la plante et d'autres surfaces et la réponse de la plante face aux facteurs de l'environnement.

Le modèle prédit, les différents échanges thermiques dans la serre, des températures temporelles des différentes couches du sol, de la couverture, l'air intérieur, la surface de la plante et l'humidité relative de l'air.

Il peut prédire aussi, l'évapotranspiration pour mieux quantifier le besoin en eau de la plante.

L'extension du modèle peut prédire convenablement le besoin de la serre en énergie quand la température intérieure est spécifiée.

Le modèle peut bien être utilisé pour le développement d'un système de contrôle de l'environnement thermique de la serre, basé sur la température de la feuille de la plante, qui est beaucoup plus significative que la température de l'air.

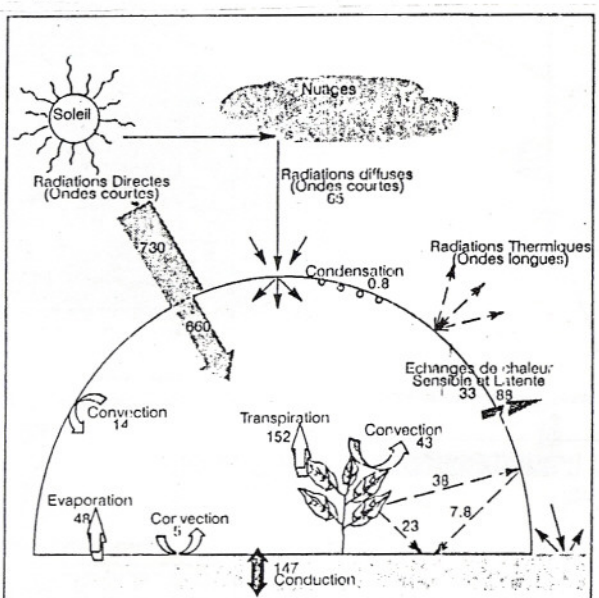


Figure III-5 : Représentation schématique du modèle de l'environnement thermique de la serre

Les valeurs des flux énergétiques sont calculées (en W/m²) à 12 heures de la journée du 09.04.1992.
La condensation est calculée à 7 heures du matin.

LE ZONAGE AGRO-ECOLOGIQUE

A. EL OUALI[1]

1- UN DEFI AUX CONTRAINTES CLIMATIQUES

Un handicap majeur à une gestion de développement agricole conséquent, dans les zones arides et semi-arides, est l'absence d'une connaissance fiable des risques et des niveaux des ressources naturelles existantes dans ces zones. Ceci est dû d'abord au fait que ces zones sont sous la dépendance des variations annuelles de la pluviométrie d'une part, et de l'imprévisibilité des conditions thermiques et radiatives extrêmes d'autres part; pour ne citer que ces éléments climatiques, leurs systèmes d'information et de mesure reposent sur une couverture spatiale exhaustive qui est souvent coûteuse en temps et en moyens techniques et humains.

Dans un tel environnement, l'objectif recherché, qui consiste à minimiser les risques tout en maximisant la production agricole et donc les revenus des agriculteurs, est complexe, en ce sens que la formulation des conseils et des décision est difficile. Il est donc nécessaire d'approfondir la recherche dans le domaine de la modélisation et de la simulation ; nécessaire aussi, à l'aide d'outils efficaces, de caractériser quantitativement l'environnement et sa variabilité; le climat étant évidemment l'aléa le plus variable dans le temps et dans l'espace.

C'est dans ce sens que la caractérisation agro-écologique et sa modélisation intéressent le planificateur et le chercheur.

Qu'il s'agisse des cultures, d'élevage ou de développement forestier de ces zones, la maîtrise du climat est incontournable en vue de déterminer :

1- les potentialités agricoles des terres,

2- les alternatives pour leur meilleure utilisation,

3- les zones cibles pour de nouvelles technologies.

L'enjeu se situe donc dans la problématique de la maîtrise des contraintes climatiques d'abord et environnementales tels que les types de sols, le matériel génétique et la technologie ensuite. Cet effort tend à l'élaboration d'un système d'information et d'outils d'analyse qui permettent de :

1- déterminer des zones à potentiel physique similaire pour la production agricole et les transferts de technologies,

2- générer des informations utiles pour le développement de nouvelles technologies agricoles et pour la planification de la recherche,

3- donner une représentation adéquate qui rend compte de façon synthétique des ressources naturelles disponibles,

4- élaborer des données de diagnostic relatives à la protection de l'environnement (désertification, érosion...).

2- LE ZONAGE AGRO-ECOLOGIQUE

C'est ce qui justifie entres autres approches la mise en place du Projet Caractérisation Agro-Ecologique (PAC). Les résultats couvrent plusieurs aspects dont :

1- Un Atlas des paramètres agrométéorologiques : pluviométrie, températures, rayonnement, humidité, vent..., fréquences des stresses climatiques, etc...

2- Aptitudes agro-climatiques pour différentes cultures (zonage phyto-climatique)...

(1) Directeur de la Météorologie Nationale (MTPFPFC).

3- Affinement des recommandations de la recherche par le choix de variétés adaptées...

4- Etablissement de calendriers agricoles (dates de semis, d'irrigation d'appoint et de traitement contre les maladies...)

5- Développement et consolidation des outils développés à travers la formation d'utilisateurs potentiels et leur généralisation.

3- METHODOLOGIE

Les principaux outils informatiques mis en oeuvre dans le cadre de ce projet sont :

* SWG (W. Göbel), modèle de génération spatiale de données climatiques à l'échelle journalière (séries de pluie, de températures maxi et mini, et de rayonnement global), en chaque maille d'une grille prédéfinie. Ce modèle a été développé par l'ICARDA/ FRMP avec la collaboration de la DMN, testé et validé par la DMN en coopération avec l'INRA.

Résultats : les séries de données ont été utilisées pour produire des cartes de fréquences d'événements climatiques et pour le pilotage des modèles de cultures SIMTAG et CERES et autres applications environnementales.

* SIMTAG (M.Stapper/H.Harris), modèle qui simule la croissance et le développement du blé tendre. Il est basé sur des principes physiologiques et génétiques (coefficients génétiques, facteurs de sensibilité...), qui dépendent des conditions climatiques à l'échelle journalière : précipitations, températures maxi et mini, et radiation solaire, ainsi que des conditions du milieu (profil hydrique du sol) et de la conduite de la culture... Ce modèle a été testé et validé par l'INRA.

Résultats : paramètres de croissance et de développement des cultures, paramètres de la surface foliaire, rendements grains, paille, bilan hydrique, ETR, ETP...

* MULTISIM (U. Marz/T. Nordblom), modèle générateur de rendements de cultures par la méthode de l'analyse multivariée ; ses coefficients dérivent des enquêtes menées auprès des agriculteurs de la région d'étude et des données historiques de rendements réalisées. Ce modèle développé par l'ICARDA/Socio-Economie, a été testé et validé par l'INRA.

Résultats : recommandations sur le potentiel des régions concernées et évaluation du manque à gagner en termes de rendement.

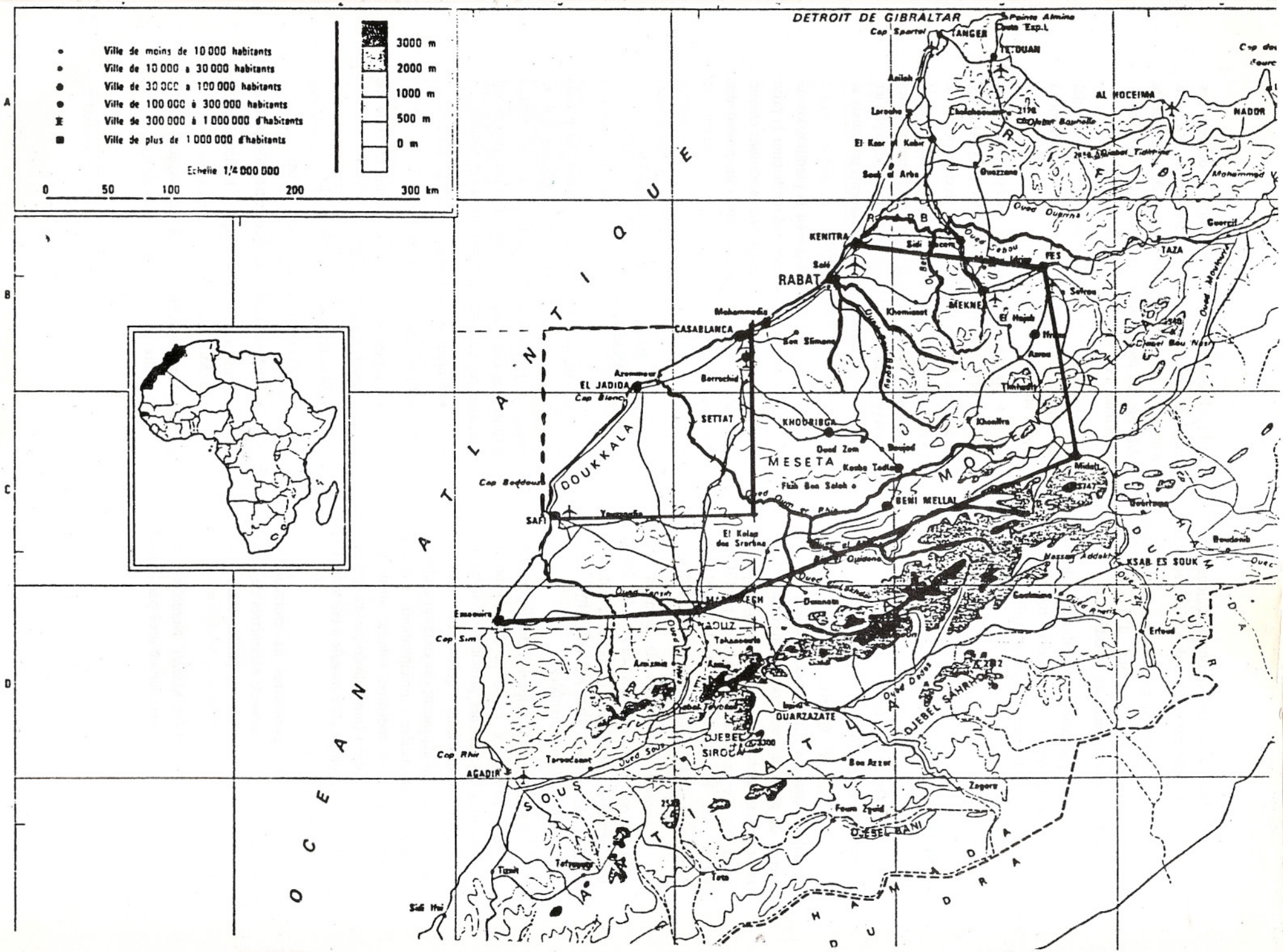
* METHODES POUR LA DETERMINATION DES CONTRAINTES ET DES POTENTIALITES, modèle qui intègre tous les outils développés par le projet. L'objectif visé par cette démarche est de déterminer l'impact des contraintes environnementales (climat-sol-variété-technologie) et tenter d'expliquer les écarts entre les niveaux de rendements potentiels et ceux obtenus par les agriculteurs.

Résultats : informations pour la planification de la recherche et le développement d'outils pour la prise de décision et de conseil, des recommandations en vue d'atteindre le potentiel de production au niveau des régions concernées.

4- ETUDES DE CAS ET RESULTATS PRELIMINAIRES

Les travaux menés jusqu'à présent ont permis d'aborder un certain nombre de problèmes qui se posent à l'agriculture nationale et ce en termes d'Etudes de Cas réalisées au niveau d'une région test dont nous reproduisons quelques thèmes et résultats :

- Atlas Agro-climatique
- Cartes synthétiques des Sols
- Risques de sécheresse durant le cycle de développement du blé
- Date optimale de Semis du blé
- Choix optimum de variétés de blé
- Stratégies optimales d'irrigation d'appoint
- Cartographie des risques d'incendies de forêts
- Périodes optimales de croissance du blé tendre


Ville de moins de 10 000 habitants
Ville de 10 000 à 30 000 habitants
Ville de 30 000 à 100 000 habitants
Ville de 100 000 à 300 000 habitants
Ville de 300 000 à 1 000 000 d'habitants
Ville de plus de 1 000 000 d'habitants
Echelle 1/4 000 000
0 50 100 200 300 km
3000 m
2000 m
1000 m
500 m
0 m
DETROIT DE GIBRALTAR
TANGER
TETOUAN
AL HOCEIMA
NADOR
KENITRA
RABAT
FES
TAZA
MEKNES
CASABLANCA
EL JADIDA
SETTAT
KHOURIBGA
MESETA
DOUKKALA
BENI MELLAL
SAFI
MARRAKECH
ESSAOUIRA
KSAR ES SOUK
OUARZAZATE
DJEBEL SIROUA
AGADIR
SOUSS
ANTI ATLAS
HAMADA
OCEAN ATLANTIQUE
Cap Spartel
Cap Blanco
Cap Beddouza
Cap Sim
Cap Rhir
Sidi Ifni

- Analyses des écarts entre rendements réalisés et rendements potentiels du blé tendre
- Les coûts de la fertilisation et la production.

Les logiciels développés dans le cadre de ce projet de recherche permettent ainsi la mise à la disposition des agents du développement des agriculteurs et des chercheurs, des données agro-climatiques pertinentes pour chaque site de la zone étudiée.

La régionalisation des données aboutit à la délimitation de zones homogènes à potentiel physique similaire pour la production agricole. Cette zonation agricole est essentielle dans la première étape de planification qui vise à déterminer la vocation et le potentiel de production de ces zones ainsi que le transfert de technologie.

Les références produites relatives à ces Etudes de Cas sont en cours d'édition (cf Proceedings Actes, Aleppo, Syria 19-24/4/1994, W. Göbel // ICARDA-IDRC Editeurs).

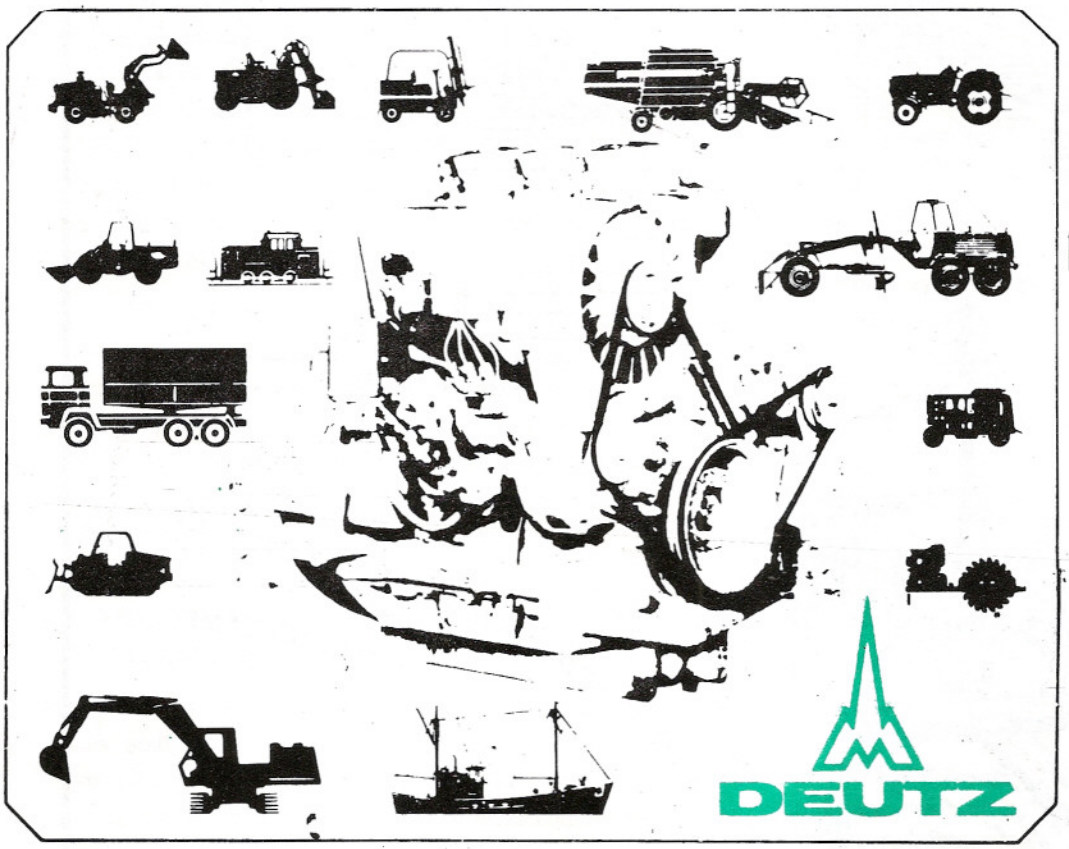
5- ORGANISMES IMPLIQUES

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA / Aleppo, Syria) ;

International Development Research Center (IDRC / Cairo, Egypt) ;

MAROC Météo, Direction de la Météorologie Nationale (DMN / Casablanca, Morocco) ;

Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, Morocco).



Moteurs diesel Deutz pour tous les domaines d'application

MAGIDEUTZ S. A.
4 à 8, rue Layris-Verger
CASABLANCA/Maroc

Le refroidissement par air est la solution universelle à de nombreux problèmes d'entraînement. Un seul et même moteur peut ainsi travailler sans problèmes dans des conditions aussi différentes que la chaleur désertique et le froid arctique.

Et ceci, grâce à la mise au point du refroidissement par air. Nous l'avons maintenant perfectionné au point que la plupart des moteurs diesel refroidis par air du monde sont de marque Deutz. Et leur nombre augmente journellement. Dans votre pays aussi, de plus en plus d'utilisateurs donnent la préférence aux moteurs Deutz refroidis par air pour équiper leurs engins.

EFFET DU CLIMAT CHAUD SUR LA PRODUCTIVITE DES RUMINANTS

A. Guerouali[1]

INTRODUCTION

Le stress thermique occasionné par les hautes températures et des degrés d'humidité élevés est souvent un frein à la production surtout pour les animaux à haut niveau de production. Il est associé souvent à des conditions climatiques anormales pendant les mois chauds de l'année.

L'impact du stress thermique chez les ruminants est largement lié à une dépression de la prise alimentaire et par conséquent une diminution de la productivité. Dans une étude effectuée dans les régions chaudes des Etats Unis d'Amérique, il a été rapporté que le stress thermique est derrière la réduction de la production laitière de 15 à 20% et la réduction du taux de conception d'environ 20 à 30% chez les bovins. Au Maroc, pendant les mois les plus chauds de l'année, des chutes de production laitière ont été rapportées dans plusieurs élevages laitiers et des difficultés de retour en chaleur après vêlage ont été observées.

Dans la présente communication, nous allons faire un rappel sur les moyens de lutte contre le stress thermique dont l'animal dispose, expliquer les raisons physiologiques de la chute de la prise alimentaire sous l'effet du stress thermique et nous rapporterons quelques solutions et recommandations pour réduire et même prévoir ce stress.

2. MECANISMES DE LA THERMOREGULATION

L'animal gagne de la chaleur en général de trois sources : la chaleur métabolique à partir de l'oxydation des aliments, la chaleur des rayons solaires et des objets qui entourent l'animal et la chaleur par conduction et convention à partir du sol. La déperdition de la chaleur se fait par conduction, convention et évaporation à partir de la surface corporelle. Les deux premiers moyens sont contrôlés par les phénomènes vasomoteurs cutanés et leur efficacité pour maintenir l'équilibre thermique est limitée. La perte de chaleur par évaporation est le moyen le plus efficace dans la lutte contre la chaleur. En effet, dans un environnement chaud, l'organisme évite que sa température ne dépasse les limites physiologiques en éliminant la chaleur d'abord par son transfert vers la surface corporelle, ensuite par son excrétion par évaporation cutanée et pulmonaire. Cependant, l'efficacité de ce mécanisme est limitée avec une humidité ambiante très élevée.

Les différents mécanismes de production et de perte de chaleur agissent de façon harmonieuse pour maintenir la température centrale dans les limites physiologiques. Ce qui suppose l'existence de centres nerveux supérieurs capables d'intégrer les informations thermiques des différentes régions de l'organisme et de provoquer les réponses physiologiques appropriées.

3. ZONE DE THERMONEUTRALITE ET STRESS THERMIQUE

La chaleur est échangée entre l'animal et son environnement par les mêmes processus physiques du transfert de chaleur pour un système non biologique. Le segment des températures ambiantes qui n'entraîne pas d'augmentation ou de réduction de chaleur pour assurer la régulation thermique constitue la zone de neutralité thermique. Cette zone est variable en fonction des espèces, race, âge et le stage physiologique de l'animal. Les limites de la zone de neutralité thermique peuvent changer avec le

(1) Professeur au Département de Physiologie Animale - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II - Rabat, Maroc.

phénomène de l'adaptation. Au-delà de la température critique inférieure, l'animal lutte contre le froid par l'augmentation de la chaleur métabolique. Au dessus de la température critique supérieure, l'animal devient très stressé et la température centrale augmente. Bien que les mécanismes de la perte de chaleur sont fonctionnels, ils ne sont pas suffisants pour faire face à l'hyperthermie qui est fatale, surtout pour le cerveau (perturbation de la perméabilité des cellules nerveuses). Par conséquent, l'animal réagit par la réduction de son métabolisme de base (réduction de la chaleur métabolique) qui est derrière la dépression de la prise alimentaire. Avec cette réduction de la production de chaleur et de l'appétit chez l'animal, sous le stress thermique, le danger de l'hyperthermie est écarté. Cependant, la productivité de l'animal (lait, viande) est diminuée.

4. REPERCUSSION SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

Plusieurs études, chez les ruminants exposés à une température de 38°C dans une chambre climatique, ont montré une diminution du niveau d'ingestion des aliments grossiers d'environ 30%, une diminution de la durée d'ingestion de 50%, une augmentation de la vitesse d'ingestion de 26% et une diminution de la durée de rumination de 20% en comparaison avec une exposition des mêmes animaux à une température ambiante de 18°C. Ce changement volontaire du comportement alimentaire de l'animal vise la réduction de la production de la chaleur métabolique. Pour le métabolisme d'eau, le maintien de la température corporelle dans les limites étroites entraîne des pertes en eau importantes par évaporation, il en résulte des réajustements importants de la prise d'eau, des pertes hydriques urinaires et fécales, de la distribution, et du turnover d'eau.

5. MOYENS DE LUTTE CONTRE LE STRESS THERMIQUE

Certaines actions visent les locaux d'élevage, d'autres actions sont orientées vers l'animal et la ration alimentaire.

5.1 ACTIONS SUR LES LOCAUX D'ELEVAGE

- Réduire la densité des animaux dans un local pour diminuer le gain de chaleur par conduction et radiation entre les animaux.
- Augmenter l'aération et la circulation de l'air dans les locaux pour favoriser la perte de chaleur par convention.
- Augmenter la fréquence d'élimination des déchets des animaux (fécés et urines) dans les locaux, pour réduire le taux d'humidité, car une humidité élevée dans un local gêne les mécanismes de perte de chaleur par sudation.
- Avoir des locaux avec plafonds pour se protéger contre les rayons solaires (réduire la charge thermique sur l'animal).

5.2 ACTIONS SUR L'ANIMAL

1- Utiliser des races d'animaux adaptées au climat chaud. Les animaux adaptés au climat chaud sont caractérisés par :

- Un pouvoir de thermolyse évaporatif très efficace (les mécanismes de sudation et d'évaporation pulmonaire sont bien développés).
- Le maintien de la température centrale dans les limites physiologiques (tolérance à la chaleur).
- Une couche très fine de la graisse sous cutanée pour favoriser la perte de la chaleur à travers la peau par les mécanismes de vasodilatation, radiation et sudation. En général, les animaux adaptés au climat chaud sont caractérisés par l'absence de tissu adipeux sous cutanée et toute la réserve de graisse de l'animal est concentrée dans une région bien limitée du corps (exemples : la bosse du chameau, la queue chez le mouton, les organes internes chez d'autres espèces).

2- Utilisation de douche froide pour favoriser la perte de chaleur par conduction et évaporation à travers la peau (technique pratiquée en Israël, cependant la disponibilité d'eau est à considérer surtout que la quantité d'eau réservée à la douche froide doit s'ajouter à l'eau d'abreuvement qui doit tripler sous l'effet du stress thermique).

5.3 ACTIONS SUR LA RATION ALIMENTAIRE

- Réduire la part des fourrages (grossier) dans la ration alimentaire pour réduire le temps d'ingestion, de mastication et de rumination qui sont des dépenses énergétiques supplémentaires augmentant la chaleur métabolique de l'animal.
- Réduire la taille des particules alimentaires par un hachage ou broyage des aliments grossiers (réduction de la production de chaleur totale de l'animal).
- Distribuer des rations équilibrées de point de vue protéine, énergie, minéraux et vitamines. En effet, le manque d'un nutriment dans une ration alimentaire oblige l'animal d'augmenter sa chaleur métabolique pour le synthétiser.
- Introduire dans la ration alimentaire des nutriments qui ont un effet calorifique faible (contribuent faiblement à la production de chaleur totale de l'animal) comme les lipides et les sucres solubles.

6. CONCLUSION

Le stress thermique est derrière la réduction de la productivité, surtout chez les animaux à haut niveau de production (vaches laitières importées). Les solutions proposées ont été appliquées et les résultats sont satisfaisants. Cependant, les travaux de recherche dans ce domaine sont limités et doivent être encouragés.

SOCIETE D'ETUDES ET TRAVAUX

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE 550.000 DH

ENTREPRISE GENERALE DE TRAVAUX PUBLICS
BETON ARME - GENIE CIVIL

290, bd. Mohammed V - RABAT Tél. : 7336-40

ASSURANCE AGRICOLE ET METEOROLOGIE

Dr. A. RAMDANI*

En tant que pays à vocation agricole, nous devons tenir compte de plusieurs éléments pour atteindre une performance satisfaisante. Actuellement, nous devons choisir des intrants de qualité, nous raffinons nos méthodes culturales, nous sélectionnons une main-d'oeuvre qualifiée etc. Toutefois, si nous avons la possibilité de contrôler ces facteurs, il n'en va pas de même avec les risques agro-climatiques qui peuvent menacer nos productions ainsi que l'équilibre de notre situation financière.

Ainsi, l'objectif de ce travail est de décrire l'assurance agricole et de montrer l'intérêt des données agrométéorologiques pour l'assurance agricole afin de permettre à l'agriculteur de pallier aux aléas du climat.

Parmi les aléas climatiques qui nécessitent une assurance agricole on peut citer :

La grêle : Elle constitue l'un des fléaux naturels les plus ravageurs. Au Maroc, les dégâts annuels sont estimés par le MAMVA à 600 millions de DH soit 17 % de la production. Il est précisé que ce chiffre ne compte pas toutes les superficies cultivées, en outre l'infrastructure, équipement, etc.). La grêle concerne les provinces de Fès, Sefrou, El Hajeb, et Meknès.

Mais la prévision de la grêle, nécessite en plus d'un réseau de base fiable, d'utiliser un radar Doppler pour mieux localiser la zone qui va être touchée et de la quantifier.

Les vagues de chaleur : Au Maroc, à un moment ou tout le monde s'attendait à une saison agricole particulièrement favorable, et après deux années de sécheresse ; une vague de chaleur intervenait dans la région de Sous Massa endommageant 3267 ha (pendant la période du 3 au 10 Juillet 1994) entraînant des pertes considérables. Cette situation a incité les pouvoirs publics à réagir par la mise sur pied d'une série de mesures d'urgence destinées à aider les agriculteurs à faire face financièrement aux exigences de la prochaine campagne et sauvegarder le cheptel.

Les régions concernées par les aléas climatiques nécessitent la constitution d'une base de données climatologiques spécifiques, et la mise en place d'un système de veille et d'alerte, et inclure aussi l'assistance météorologique utile pour le développement agricole de la zone.

La connaissance des données météorologiques est déterminante dans la prévision des risques, la planification et la gestion de la production agricole. La méconnaissance ou la négligence des conditions climatiques sévissant pendant la réalisation des opérations culturales peut entraîner des dégradations de l'environnement et une chute de rendement, ainsi que l'exode rural.

La bonne connaissance du climat, peut encourager les agriculteurs à ne pas planter dans les zones et périodes à haut risques.

En pratique les données météorologiques débouchent sur la prévision des intempéries, gel, grêle, chergui, inondations, et l'avertissement phytosanitaire, le pilotage de l'irrigation, la climatisation des serres, le mode de conduite des cultures, l'humectation etc.

Les mesures agrométéorologiques fiables permettront aux **assureurs** de prévoir les risques d'intempéries et de délimiter les zones touchées par les dégâts, ainsi que l'évaluation des pertes et rendement en temps réel.

* Enseignant Chercheur - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Dans ce cadre, la mise en place d'un **système d'assurance pour l'Agriculture** doit être considéré comme une action nécessaire au développement de l'Agriculture. Cette assurance qui couvrira tous les aléas climatiques naturels permettra sans doute d'aider les agriculteurs à s'investir plus et à se stabiliser.

L'assurance agricole a pour mandat d'assurer l'élaboration et la mise en oeuvre des programmes d'assurance individuels et collectifs couvrant les pertes de rendements des agriculteurs ou des entreprises agricoles ; suite aux effets négatifs du climat, des maladies incontrôlables des plantes et des animaux, et des problèmes des équipements agricoles.

L'assurance-récolte doit offrir une protection contre la perte évaluée pour l'ensemble des producteurs d'une même zone géographique, délimitée à partir de certains critères objectifs comme la nature du sol, la topographie et les conditions climatiques tout en considérant des éléments de géographie humaine.

Normalement par leur flexibilité, les assureurs agricoles permettent à chaque entreprise d'obtenir une protection selon ses besoins. On peut assurer les récoltes, l'équipement, et le cheptel.

A titre d'illustration, les modalités pratiques de l'assurance agricole appliquées en Amérique du Nord sont données dans ce qui suit.

1. QUELLES SONT LES CULTURES ASSUREES PAR L'ASSURANCE-RECOLTE COLLECTIVE ?

Les cultures assurées peuvent être très variées, ci-après une liste indicative mais non limitative :

- céréales (avoine, blé, orge)
- foin
- maïs fourrager
- maïs-grain
- miel.

L'assureur couvre aussi le cheptel (volaille, ovin, bovin, caprin, etc) et l'équipement et infrastructure (serre, silos, bâtiment d'animaux, tracteurs, machines agricoles, routes, poids etc.).

Quels sont les risques couverts ?

- Animaux sauvages y compris les oiseaux
- Crue des eaux
- Excès de pluie
- Excès de vent, d'humidité ou de chaleur (pour le miel et le maïs grain)
- Gel
- Grêle
- Insectes, maladies incontrôlables des plantes
- Maladies incontrôlables des abeilles
- Neige
- Sécheresse

2. EN QUOI CONSISTE LA PROTECTION ?

L'assurance-récolte collective ou individuelle propose une protection basée sur un rendement commun, déterminé pour l'ensemble des producteurs et des productrices d'une zone, selon la production assurée.

Au Canada, le pourcentage de couverture assuré par l'assureur est fixé à 80%. Les assurés d'une même zone sont donc indemnisés lorsque les pertes expertisées dépassent 20% du rendement prévu.

3. COMMENT ÉVALUE T-ON LES DOMMAGES CAUSÉS AUX RÉCOLTES ?

Pour les programmes d'assurance-récolte collective, une évaluation de la récolte est effectuée chaque année quelles que soient les conditions climatiques. L'agriculteur, n'est donc pas tenu d'aviser la direction régionale de la Régie chaque fois qu'un dommage survient sur son exploitation.

Cependant, certaines causes de dommages spécifiques à chacun des programmes doivent être signifiées par l'assuré lorsqu'elles surviennent (protections en risques circonscrits).

L'évaluation nécessite une expertise chez un nombre représentatif de producteurs bien répartis à l'intérieur de la zone afin d'obtenir un portrait fidèle de la récolte. Cette expertise sert à établir le rendement et à évaluer la perte lorsque des dommages surviennent.

4. QUELS SONT LES TYPES D'INDEMNISATION PRÉVUS EN CAS DE DOMMAGES AUX RÉCOLTES ?

Aux Etats Unis, quand il y a un froid, gel, ou autres, et une fois une zone est déclarée à problème, aussi tôt les représentants des agriculteurs, les experts (en général de l'université), les assureurs se réunissent pour évaluer les risques, pour délimiter la zone du risque, et de définir les modalité de paiement. Les agriculteur reçoivent 90% de la moyenne annuelle des cinq dernières années sur la quelle ils ont payé les impôts. Pour ceux qui n'ont pas déclaré leur production au paravent, ils ne recevront que 65% de ce qu'ils ont perdu. On distingue les agriculteurs qui sont assurés de ceux qui ne le sont pas. Différents taux de remboursement sont appliqués.

BAISSE DE RENDEMENT

Une indemnité est versée lorsque l'expertise effectuée révèle des pertes supérieures à 20% du rendement de la zone. La Régie verse alors à tous les assurés une indemnité proportionnelle à la valeur de l'assurance telle qu'inscrite au contrat.

RISQUES CIRCONSCRITS

Ce type d'indemnisation s'applique seulement lorsque des causes spécifiques affectent une partie de la zone. Les indemnités sont alors versées uniquement aux assurés dont les productions sont affectées.

5. QUELLES SONT LES MODALITÉS D'INDEMNISATION ?

A la fin de la saison de récolte de chaque production, l'assureur compile les données des expertises effectuées et autorise le versement d'indemnités s'il y a lieu.

DROIT DE RÉVISION

Toute décision rendue par l'assureur peut faire l'objet d'une demande de révision par les assurés dans les 30 jours suivants l'émission de cette décision. Une nouvelle analyse du dossier est effectuée par un comité formé de deux producteurs agricoles désignés par l'Union des producteurs agricoles et d'un régisseur de la Régie des assurances agricoles du Québec. Ce comité effectue par la suite sa recommandation au conseil d'administration qui rend sa décision.

6. A QUI S'ADRESSENT LES PROGRAMMES D'ASSURANCE-RÉCOLTE COLLECTIVE ?

Aux producteurs agricoles qui répondent aux critères d'admissibilité et qui :

- détiennent les unités de production minimales requises (hectares, ruches, unités animales).
- s'inscrire avant les dates limites d'adhésion.

7. COMMENT DÉTERMINE -T-ON LA COTISATION ?

Tous dépend, si on adhère pour la première fois, le montant de cotisation est établi à partir d'un taux de base spécifique à la production assurée. Par la suite, la cotisation est établie annuellement en fonction d'un taux basé sur l'expérience en tant qu'assuré.

EXPÉRIENCE DU MAROC.

Il est à signaler qu'un projet d'aide financière de l'Etat pour le recours aux systèmes de garantie de la production agricole contre les risques climatiques est en cours d'étude.

Cette aide se limitera à la couverture des risques climatiques au profit des cultures céréalières (blé tendre, Blé dur et Orge) et elle est orientée à la réalisation d'un programme test dans les communes rurales suivantes :

Zones	Communes Rurales
SEFROU	Aghbalou-Agorar, Sidi Youssef Ben Ahmed, Ain Cheggag, Ras Tabouda..
EL HAJEB	Ait Bourzouine, Laqsir, Ait Boubidmane, Ait Yazem, Jahjouj.
KHEMISSET	Brachoua, Ain Sbit.
SAISS	Ain Kansara, Sebaa Rouadi, Laajajra, Oued jdida, Majjate, Sidi Slimane Moul Al Kifane, Nzalat Bni Amir, Charqaoua, Ait Oullal, Ain jemaa, Ain Orma.
ABDA	El Goraani, Labkhati

Source : DPV/MAMVA

En conclusion, l'installation d'un système d'assurance agricole exige l'analyse de la situation en tenant compte des points suivants :

- Est ce que l'assurance va être introduite simultanément dans toutes les régions du Maroc ?
- Est ce qu'elle couvre toutes les cultures, ou simplement quelques unes ; tous les risques ou non ; tous les agriculteurs ou seulement limitée à des situation spécifiques ?
- Sur quoi va-t-elle se baser pour rembourser les agriculteurs ?

LA PREVOYANCE... C'EST BON A SEMER



MAMDA, la bonne graine d'assurance

NOS BUREAUX REGIONAUX

MAROC NORD ASSURANCES
16, Rue Abou Inane. Rabat

MAROC SUD ASSURANCES
40, Rue Mansour Eddahbi. Marrakech

MAROC CENTRAL ASSURANCES
08, Zenkat Tetoan. Meknes.

ASSURANCES MUTUELLES DU SOUSS
Av. Général El Kettani. Agadir

MUTUELLE AGRICOLE MNE. D'ASS
Av. Bir Inzarane. Sidi Slimane

BUREAU DE TANGER
25, Bd: Med V. Tanger

BUREAU DE LARACHE
2. AV. Zerktouni. Larache

BUREAU DE BERKANE
183, Bd. Hassan II. Berkane

BUREAU DE TAOURIRT
Bd. Med V. Taourirt

MAROC SUD ASSURANCES
80, Bd. La Résistance. Casablanca

MAROC SUD ASSURANCES
Quartier Industriel. Béni Mellal

FES TAZA ASSURANCES
Place Florence. Fes

MAROC ORIENTAL ASSURANCES
11 Brs. Zerktouni. Oujda

BUREAU DE KHEMISSET
38. AV. M.C.D V. Khemisset

BUREAU DE TETOUAN
11, Place El Jalaal. Tetouan

BUREAU DE NADOR
BP. 555. P. Amgala Rued / n° 19/21. Nador

BUREAU DE SAFI
26, P. de l'Indépendance B.P. 466 Safi

HOMMES, TERRE ET EAUX

Revue Marocaine des Sciences et Techniques du Développement Rural

Dépôt légal 21 - 1971

N° 97 - DECEMBRE 1994

Comité de Rédaction :
Mohamed AIT KADI
El Houcine BARTALI
Abdellah BEKKALI
Mohamed BESRI
Fouad GUESSOUS
Driss JELLOULI
Ben Mohamed NAJEM

Responsable de la Revue :
Mohamed DAOUDI

SOMMAIRE

	Page
LE RESEAU AGROMETEOROLOGIQUE AU MAROC : ENQUETE EXHAUSTIVE A. RAMDANI, M. BAIJI	4
LE RESEAU AGROMETEOROLOGIQUE AU MAROC : CARACTERISATIONS DE LA SITUATION ACTUELLE A. RAMDANI, M. BAIJI	13
IMPORTANCE DE LA PLUVIOMETRIE EN MILIEU ARIDE ET SEMI-ARIDE MAROCAIN M. YACOUBI, M. HANCHANE	21
STRATEGIES HYDRO-AGRICOLES ET CRISES CLIMATIQUES M.T. CHATI	24
LE CLIMAT ET LES ARBRES FRUITIERS : CONSIDERATIONS THERMIQUES POUR UNE PLANTATION FRUITIERE A. EZZAHOUANI	30
IMPORTANCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES DANS L'APPLICATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES K. HOUMY	34
MODELE DE PREDICTION DE L'ENVIRONNEMENT DANS UNE SERRE A. BEKKAOUI	42
LE ZONAGE AGRO-ECOLOGIQUE A. EL OUALI	52
EFFET DU CLIMAT CHAUD SUR LA PRODUCTIVITE DES RUMINANTS A. GUEROUALI	59
ASSURANCE AGRICOLE ET METEOROLOGIE A. RAMDANI	64

ADRESSE ANAFID : 2, RUE HAROUN ERRACHID, AGDAL - RABAT
☎ 67.03.20 / FAX 67.03.03